

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE
PRODUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA
PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE
UNA PLANTA PROCESADORA DE ASFALTO,
TRUJILLO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Mario Daniel Salinas Villanueva

Jhorsh Alexander Vasquez Salavarría

Asesor:

Ing. Enrique Martín Avendaño Delgado

<https://orcid.org/0000-0003-4403-0044>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez	18066188
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez	17864776
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Mario Alberto Alfaro Cabello	07752467
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primero lugar a Dios, por ser mi fuerza y fortaleza para seguir adelante, por guiarme por el buen camino y estar presente en todo lo que realizo.

A mis padres, por mostrarme su apoyo incondicional en todo este periodo de estudios, y formarme con los mejores valores.

A mis grandes amigos, compañeros de estudio y de trabajo, en especial a Alexander, Luis y Milagros, que me han brindado su apoyo en todo este periodo, siempre estar ahí para escucharme y considerarme en todo momento.

Y también agradezco a la Universidad Privada del Norte, a mis docentes por la enseñanza inculcada durante toda mi vida universitaria.

Mario Daniel Salinas Villanueva

A mi familia por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este, a mi mejor amigo quien siempre estuvo ahí conmigo con su apoyo incondicional. Me formaron con reglas, pero al final me motivaron para alcanzar mis anhelos.

Jhorsh Alexander Vásquez Salavarría

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
Realidad problemática	10
Formulación del problema	46
Objetivos	46
Hipótesis	47
Variables	47
Aspectos éticos	47
Operacionalización de variables	48
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	49
2.1. Tipo de investigación	49
2.2. Población y Muestra	49
2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	49
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	51
2.5. Procedimiento	52
2.6. Solución propuesta	61
CAPÍTULO III. RESULTADOS	86
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	90
4.1. Discusión	90
4.2. Conclusiones	91
REFERENCIAS	92
ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de análisis de defectos en un calzado	20
Tabla 2. Operacionalización de variables	48
Tabla 3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	49
Tabla 4. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos.....	51
Tabla 5. Priorización por criterios	59
Tabla 6. Matriz de indicadores	60
Tabla 7. Recorrido para transportar asfalto con la planta en Chachapoyas	62
Tabla 8. Recorrido de abastecimiento y despachos en la planta en Chachapoyas	62
Tabla 9. Indicadores de mantenimiento de la mezcladora de asfalto.....	63
Tabla 10. Indicadores de mantenimiento del caldero	64
Tabla 11. Resumen de indicadores de mantenimiento	65
Tabla 12. Monetización del transporte según distancias recorridas	66
Tabla 13. Compras reactivas	67
Tabla 14. Propuesta de reubicación de la planta con método de Weber	68
Tabla 15. Total, recorridos con la propuesta.....	70
Tabla 16. Costo del transporte con la propuesta de reubicación en Lamas	70
Tabla 17. Costo del transporte con la propuesta de reubicación en Lamas	70
Tabla 18. Criterio de asignación puntaje a la gravedad de la falla	71
Tabla 19. Criterio de asignación puntaje a la frecuencia de la falla	71
Tabla 20. Criterio de asignación puntaje a la detectabilidad de la falla	72
Tabla 21. Matriz de criticidad de la maquinaria de la planta de asfalto	73
Tabla 22. Cronograma de mantenimiento preventivo de la planta de asfalto	76
Tabla 23. Balance de línea	77
Tabla 24. Criticidad y ABC de repuestos	78
Tabla 25. Cotización de la cisterna.....	80
Tabla 26. Cotización de caldero.....	81
Tabla 27. Costo de mover la planta de Chachapoyas a Lamas	84
Tabla 28. Flujo de caja	85
Tabla 29. Estado de resultados	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Destilación del petróleo	10
Figura 2. Diagrama de Pareto	19
Figura 3. Selección de causas más relevantes	21
Figura 4. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa	22
Figura 5. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa	22
Figura 6. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto.....	23
Figura 7. Fases de la metodología AMFE	39
Figura 8. Matriz de decisión	41
Figura 9. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad	43
Figura 10. Procedimiento de investigación.....	52
Figura 11. Organigrama.....	53
Figura 12. Layout actual	54
Figura 13. Mapa de procesos	55
Figura 14. Cadena de valor	56
Figura 15. Diagrama de actividades actual	57
Figura 16. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa	58
Figura 17. Pareto de causas raíz de la problemática	59
Figura 18. Ubicación actual de la empresa y sus actores logísticos	61
Figura 19. Ubicación propuesta de la empresa y sus actores logísticos	69
Figura 20. Cisterna para transportar pen	80
Figura 21. Caldero	81
Figura 22. Software SimpliRoute.....	82
Figura 23. Aplicaciones Odoos	83
Figura 24. Reducción del costo de fletes por mejor ubicación de la planta.....	86
Figura 25. Incremento de la Disponibilidad mecánica	86
Figura 26. Eficiencia del balance de línea	87
Figura 27. Lucro cesante de la disponibilidad de máquinas.....	87
Figura 28. Reducción de sobre costo de compras reactivas	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costo imprimante asfáltico.....	95
Anexo 2. Costo Petroperú	96
Anexo 3. Costo del Asfalto	97
Anexo 4. Planillas	98
Anexo 5. Costo Transporte en volquete	99
Anexo 6. Costo del transporte en cisterna	100
Anexo 7. Cronograma de capacitación colaboradores actividades de mejor.....	101

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general aplicar la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística de una planta procesadora de asfalto mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para el incremento de la rentabilidad, ya sea por deficiente ubicación de la procesadora de asfalto, deficiente plan de mantenimiento, deficiente balance de línea y deficiente gestión de repuestos. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de la gestión de producción, mantenimiento y logística, en el cual se aplicaron herramientas como método de weber, capacitación, plan de mantenimiento preventivo, AMFE, criticidad, balance de línea, lead time y ABC, dichas propuestas de mejora se aplicaron a cada una de las causas raíz que presentaba la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen mayor impacto en la rentabilidad de la empresa con un total de 4. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial lo que permitió eliminar o disminuir actividades que no generaban valor alguno para la empresa ocasionando insatisfacción en el cliente. La pérdida antes de la propuesta de mejora fue S/7,757.555. Implementando dichas mejoras, se obtendría una ganancia total de S/3,025,596. El VAN fue S/507,270. El TIR, 71.42%; El Beneficio-Costo 1.66 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta.

Palabras clave: producción, mantenimiento, logística, rentabilidad, asfalto.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

El Asfalto es una mezcla de hidrocarburos de alto peso molecular, producto de la destilación del petróleo crudo en las refinerías, aunque también se puede encontrar en yacimientos naturales.

Su consistencia varía con facilidad de sólido a semisólido e incluso a líquido viscoso, según la temperatura y presenta excelente adherencia, óptima ductilidad, plasticidad y elasticidad que le otorgan gran manejabilidad y adecuación a cada condición de clima.

Es muy resistente al agua y a la mayoría de los ácidos y álcalis (Petroperú, 2022)

Resulta la forma más efectiva para construir y pavimentar carreteras. Su costo inicial es menor que usando concreto y su culminación será más rápida.

Su uso, en su versión natural, encontrado en yacimientos que formaban lagos de asfalto, así como en rocas asfálticas, se remonta hace miles de años. Los antiguos pobladores de Mesopotamia lo emplearon como sellante en los tanques y embalses de agua; los Fenicios en la construcción de sus barcos mercantes y los egipcios para prevenir la erosión del suelo, cercano al Nilo.

A partir del 1907, la producción de asfalto por refinamiento del petróleo superó el uso de asfalto natural. Con el crecimiento en la popularidad del automóvil, la demanda de más y mejores carreteras llevaron al surgimiento de innovaciones tanto en la producción de asfalto, como también en la mecanización del proceso de aplicación del asfalto, enfatizándose luego de la segunda guerra mundial (Briceño, 2022)

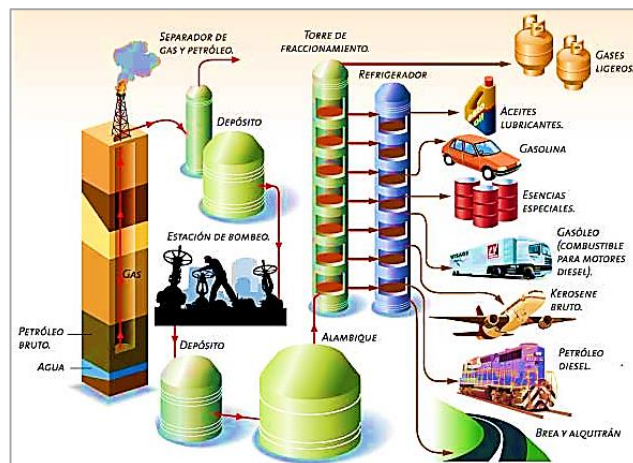


Figura 1. Destilación del petróleo

Los fabricantes de maquinaria para mezcla de asfalto se concentran en China, América del Norte, Europa y Japón. Los principales son Marini, *Ammann*, *Lintec*, *Wirtgen* y *Astec*, etc.

El mercado global de asfalto, con datos del 2018, asciende a casi 100 millones de toneladas por año, lo cual representa un consumo de 14 Kg/habitante. La proyección de crecimiento para el año 2025 es del 5%. El principal mercado resulta el de USA con casi 32 millones de toneladas/año.

El mercado de asfaltos modificados con el polímero estireno-butadieno-estireno, que es un caucho duro, empleado para suelas para zapatos, cubiertas de neumáticos, y otros donde la durabilidad sea un factor importante. alcanza en promedio, el 10% de ese total (Roberto, 2021)

Los cementos asfálticos Petroperú, denominados asfalto sólido PEN, son diversos, tipificados según su resistencia a la penetración. En la presente tesis, se tratará del uso del Pen 60/70, que se emplean en la construcción de carreteras, pistas de aeropuertos, impermeabilizaciones y revestimientos. Son de fácil aplicación en caliente y no se requiere de maquinaria especializada.

Alrededor del 85% de las carreteras en el mundo están hechas con los diversos tipos de asfalto (Maldonado, 2021)

El año de estudio, 2021, el precio del cemento asfáltico observó un crecimiento de 11,3%; el asfalto 10,4%; el petróleo diésel 6,0% y la gasolina 5,6%, explicado por el alza del crudo en el mercado internacional (INEI, 2021)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2021), el tercer trimestre del 2020, luego del confinamiento por la pandemia de COVID 19, se pavimentaron 264 kilómetros de carreteras, con lo que se acumula un total de 22,436 kilómetros de vías pavimentadas. El 84% de la Red Vial Nacional.

El objetivo para el 2021, es llegar al 86% (El Comercio, 2021)

La densidad del asfalto es 2,322 Kg/m³. El cálculo de su requerimiento se limita a la geometría de las dimensiones de largo, ancho y espesor del pavimento, donde se prevé su uso.

La planta procesadora de asfalto, donde se realiza la presente tesis, está ubicada en Chachapoyas.

La materia prima principal es el pen 60/70, que proviene de la refinería de Conchán en el departamento de Lima, desde donde se transporta en camiones cisterna de 28 m³, equipados con tubos de vapor en su interior, que, en la procesadora, se conectan al caldero, para calentarlo, disminuyendo su viscosidad, permitiendo sea succionado por una bomba hasta la mezcladora.

La empresa emplea tres cisternas de su propiedad, que están en continua circulación. Tan pronto se vacían, se dirigen de inmediato a la refinería, para cargar y regresar a la procesadora y continuar con el proceso. Este ciclo de ida, carguío y retorno, toma 90 horas. No tienen margen de parada. Cualquier atraso, implicará una paralización del proceso, por rotura de stock.

El caldero tiene dos salidas de vapor, que pueden calentar en simultaneo, a igual número de cisternas. Esta operación toma 36 horas por cada cisterna.

Los agregados rocosos, son abastecidos desde una cantera de las cercanías, desde donde se transportan en volquetes de terceros, de 15 m³.

El pen es procesado junto con los agregados, en una mezcladora continua, donde se dosifica electrónicamente, 6% de pen y 94% de agregados rocosos, haciendo una masa bituminosa y gruesa, que seguidamente es cargada en volquetes de 15 m³, pertenecientes a terceros.

Esta operación toma 25.2 minutos por volquete.

El flujo del proceso esta deficientemente balanceado. Por momentos, la mezcladora es desabastecida por falta de pen, debido a que las cisternas no tienen margen de demora. El viaje desde Conchán hasta Chachapoyas, dura más de 18 horas y el carguío, eventualmente puede ser más lento de los usual.

El control de las unidades durante su desplazamiento, se hace a través del teléfono celular, que se dificulta por la falta de señal en algunas zonas alejadas.

Esto determina que la eficiencia de la línea, medida como horas útiles, entre horas programadas, sea 88%. Se observa desaprovechamiento de mano de obra.

En estas condiciones, el costo anual de mano de obra fue, S/228,410.

Los volquetes cargados, seguidamente, se enrumban a clientes en el oriente y sierra nor-oriental del país.

El año pasado, se procesaron y distribuyeron, 35,249 m³ de asfalto - equivalentes a 81,848 toneladas - en 2,350 viajes, haciendo un acumulado de 954,662 Km, desde Chachapoyas, hasta el destino solicitado

Los proveedores, tanto propios como de terceros, hicieron un recorrido acumulado de 117,864 Km, desde su punto de recojo hasta la procesadora en Chachapoyas.

La planta es susceptible de reubicarse, pues está sobre plataformas con ruedas. Se prevé que una ubicación, más cercana a proveedores y clientes, podría reducir el costo de fletes, determinado por la empresa en S/7.26 por kilómetro, para las cisternas propias, en viaje de ida y vuelta.

En el caso de los volquetes que transportan el asfalto, el costo previsto es S/4.68 por kilómetro, para viajes con carga y S/2.58, para el retorno, vacíos.

El retorno de los volquetes con agregados rocosos, no tiene costo.

De esta manera, la empresa tuvo un costo anual en logística de transporte, de S/7'723,358

La maquinaria es sometida a un trabajo intenso y rudo y el mantenimiento preventivo no es observado rigurosamente.

No obstante, ello, la disponibilidad combinada de los equipos, basada en el tiempo medio entre fallas, MTBF y el tiempo medio de sus reparaciones, MTTR, es bastante alta, 98%. Pero debido a la falta de holgura en las actividades, esta, se refleja en demoras en las entregas, que se traducen en pago de penalidades por incumplimiento en las fechas pactadas.

El año pasado, estas ascendieron a S/35,000.

El inventario de repuestos, no se maneja técnicamente. Con frecuencia, recurren a compras en proveedores de la región, que tienen precios sensiblemente más caros, que sus proveedores habituales de Trujillo o, también, demoran más en suministrarlo.

El año de estudio, se incurrió en un sobre costo de S/3,790, en la compra reactiva de repuestos, para la mezcladora, caldero, ascendentes al 12% del costo anual de estos.

Un problema, que aún no se busca solución, es el de la escasa movilidad a la procesadora de asfalto, en la carretera de Chachapoyas a Bagua, que causa que algunos operarios se reporten a trabajar, tarde, afectando la hora de inicio de las operaciones. Por este concepto, se perdieron 620 horas hombre, con un costo de S/4,340.

1.1.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Gómez (2019) en su tesis “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el taller de metalmecánica de la empresa ensamblajes S.A.”, producida por la Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, propone una solución para minimizar las paradas en los procesos y prolongar la vida útil en las máquinas del taller de metalmecánica de la empresa Ensamblajes S.A, consiguiendo con ello reducir los costos que se generan por paradas y por mantenimientos correctivos. Mediante la observación directa de las condiciones actuales de las máquinas, se determinó que existe pérdidas por paradas en las máquinas y tiempos improductivos, dichas pérdidas son de \$114,048 anuales, debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. Con la propuesta de implementar este plan basado en un conjunto de tareas de mantenimientos a cada parte de las máquinas se reducirán las paras y por ende las pérdidas, con una inversión de \$6,685 anuales, en materiales y repuestos la empresa mantendrá en buen estado las máquinas, llevará un mejor control en los costos por mantenimientos correctivos, mejorará el rendimiento de los procesos operativos y podrá entregar a tiempo los pedidos de los clientes lo que le generará utilidades.

Cárdenas, Bocanegra y Moreno (2019) en su tesis “Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público”, producida por la Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, propone una mejora al plan de mantenimiento de una flota de buses del Servicio Integrado de Transporte Masivo, basados en un procedimiento de RCM, donde a través de un AMEF se evidenciaron las fallas más críticas de los elementos y sistemas de los buses del segmento Clase I en la ciudad de Bogotá, específicamente los buses Clase I con capacidad de 20 a 30 pasajeros con radio de acción urbano, que actualmente presentan fallas funcionales que generan retornos a los talleres por varadas y mantenimientos correctivos que generan incremento en los costos de mantenimiento y a los índices de insatisfacción en los clientes.

Según Yuqui (2017), en su investigación “Estudio de procesos, tiempos y movimientos para mejorar la productividad en la planta de ensamble del modelo Golden en Carrocerías Megabuss”, producida por la Universidad Nacional de

Chimborazo, Riobamba, Ecuador, propuso elaborar un estudio de procesos, tiempos y movimientos debido a que no podía normalizar y organizar la producción del proceso productivo. El uso 18 excesivo de recursos, estaba influyendo en su productividad de manera inapropiada. Luego de analizar el proceso de producción, elaborar el diagrama de operaciones correspondiente, realizó las observaciones requeridas, para luego realizar los cálculos pertinentes y obtener el tiempo estándar de cada actividad. Finalmente, se concluyó que se estaban realizando actividades improductivas que consumían tiempo, retrasando la producción y afectando la productividad. El estudio de tiempo permitió establecer en 15 h 39 min y 40 s, el tiempo necesario para el ensamble y no el promedio de aproximadamente 23 h que se manejaba.

Antecedentes nacionales

Cueva y Medina (2019) en su tesis “Diseño de un sistema de gestión de almacén e inventarios para reducir los costos operativos en el área del almacén de CCA-PERÚ SAC Cajamarca 2018”, producida por la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, cuya investigación es del tipo descriptiva, formada por una población y muestra equivalente al número de todos los elementos que conforman el proceso del almacén e inventario de la empresa CCA-Perú S.A.C., menciona que dicha empresa en la cual se realiza la investigación muestra el mal manejo en operaciones como lo es la gestión de inventarios, dando como resultado muchos costos en stock, los cuales no se utilizan, así que se decide se utilizará la clasificación ABC por costos, según su rotación y según su tiempo de espera. Como resultado de esta propuesta de mejora se puede afirmar que es técnica y económicamente factible, tomando en cuenta el valor actual neto (VAN) que es de S/. 515 ,474.99, el cual es mayor a cero (0) demuestra que esto generará beneficios económicos mayores al retorno del capital invertido y a su vez la tasa interna de retorno (TIR) con un 55% demuestra que esta inversión es aconsejable puesto que esta supera al valor de la tasa base (COK), siendo esta 10%.

Arévalo y Ramírez (2018) en su tesis “Mejora de la disposición del área de envasado de la empresa Messer Gases del Perú Sede Callao”, producida por la Universidad de Lima, Lima, Perú, se centra en la necesidad de redistribuir la planta Messer Gases del Perú S.A. sede Callao porque actualmente evidencia espacios

reducidos para el traslado normal y seguro de los envases e impedimento para la existencia de amplias zonas de evacuación. Esto ha sido consecuencia del incremento en el número de tanques de almacenamiento y de operaciones de recarga de estos. Se determina que, acorde a la evaluación presupuestada que asciende a unos S/. 902,625 debiera ser considerada en el Capex. Con la mejora de la disposición de planta, el espacio para el envasado de productos industriales incrementa en un 24.5%, la zona medicinal en casi un 4%, y el área de prueba hidrostática en un 31%.

Antecedentes locales

Villanueva (2020) en su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo”, producida por la Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, tuvo como objetivo determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística, para incrementar la rentabilidad de una empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo. Se analizó la situación actual de la empresa y se diagnosticaron deficiencias en la gestión de mantenimiento y logística. Se identificaron las causas raíz que influyen en la rentabilidad de la empresa: Falta mantenimiento preventivo, chacras muy dispersas, falta cálculo económico de compras, deficiente gestión de stock, falta de compromiso de proveedores, falta buenas condiciones laborales. Por esta problemática, la empresa tuvo una pérdida de S/25,015 el año pasado. Se propone la implementación de herramientas y métodos de la ingeniería industrial para hacer frente a esta problemática. Se desarrollan herramientas de gestión de mantenimiento cuyo producto es un plan de mantenimiento preventivo; ingeniería de métodos, con el fin de lograr un mejor abastecimiento a través del método de Weber; simulación a través de Solver; investigación de operaciones con la clasificación ABC de los repuestos para actividades de mantenimiento; y la gestión de recursos humanos, con el fin de mejorar el clima organizacional. La inversión total para la implementación de esta propuesta es de S/27,000. Tras el análisis económico y financiero, se determina que es una propuesta viable, considerando un VAN de S/ 6,150, una Tasa Interna de Retorno de 40.09%, un PRI de 8 meses y una B/C de 1.96.

Orihuela, Angulo y Jimenez (2020) en su tesis “Aplicación del balance de línea para incrementar la productividad de la línea de producción de espárrago verde en La Asociación Agrícola Compositan Alto – La Libertad 2020”, Producida por la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, Trujillo, Perú, tuvo como objetivo incrementar la productividad de la línea de producción de espárrago verde, la cual cuenta con siete áreas de trabajo y con cuarenta trabajadores. Se llevó a cabo un diagnóstico de todo el proceso productivo, con la intención de encontrar y determinar la producción, tomando en cuenta la situación actual, teniendo así un promedio de cuatrocientos veinte cajas por turno. Luego, al subir la campaña se necesitó incrementar la producción a seiscientos cajas por turno, así que el problema surgió en calcular cuántos trabajadores se necesitarían para llegar a cubrir dicha demanda; para ello, se tuvo que balancear la línea de producción y poder equilibrar la carga laboral y aumentar la productividad. Es así, que el diagnóstico empezó con el diagrama de flujo, diagrama de operaciones y análisis del proceso para conocer el recorrido de cada estación y con el estudio de tiempos obtener los registros de cada actividad del personal, encontrando que en el área de empaque se debe hacer una mejora para disminuir tiempos muertos; con la nueva producción se vuelve a realizar el balancear la línea, determinando cuántos trabajadores y en que estaciones deberían ingresar. El diseño de la investigación fue de un pre y post prueba realizada en campo, basado en una investigación de tipo aplicada con una población objeto de estudio de 40 trabajadores y una muestra de 15 trabajadores. Entre los resultados se destaca que hubo un aumento de producción a 601 cajas/turno, con una productividad de la línea de producción de 11 a 13 cajas/persona, disminuyendo el tiempo muerto de 66.07 % a 33.93% y llegando a balancear la línea de producción con el aumento de trabajadores de 40 a 48 con una eficiencia del 95%.

1.1.2. Bases Teóricas

Metodología de Pareto

Richard (2008) en su libro “*Real-World Project Management: Beyond Conventional Wisdom, Best Practices, and Project Methodologies*”, menciona que la metodología de Pareto está basada en un método gráfico que ayuda a definir las causas más importantes de una situación en particular y por tanto las prioridades de acción a seguir. El diagrama de Pareto es una comparación

ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores, su interpretación se lleva de la siguiente manera: "existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos. La figura 6, representa un Diagrama de Pareto en el que se observa que el 20 % de la línea de productos ofrecidos son los que generan la facturación del 80% de las ventas.

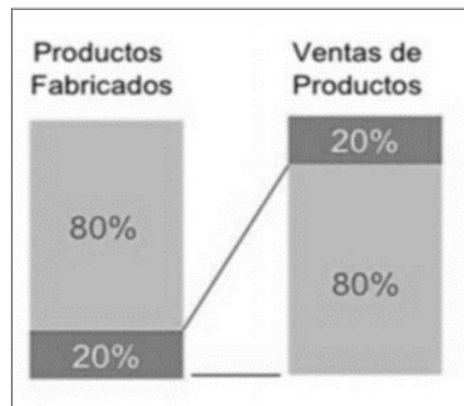


Figura 2. Diagrama de Pareto

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

El análisis de Pareto es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos. Básicamente es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías:

1. Las “Pocas Vitales”: Elementos muy importantes en su contribución.
2. Los Muchos Triviales: Elementos de contribución poco importante.

- Características de la Metodología de Pareto

Entre las características de la Metodología de Pareto podemos mencionar:

1. Priorización: Identifica los procesos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
2. Unificación de Criterios: Enfoca o dirige el esfuerzo del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
3. Carácter Objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

Construcción del Diagrama de Pareto

Para la construcción del Diagrama de Pareto son necesarios los siguientes elementos:

1. Un efecto cuantificado y medible: Sobre el que se quiere priorizar (Costos, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.)

2. Una lista completa de elementos o factores que contribuyan a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas productivos, servicios, etc.)

3. La Magnitud de la contribución de cada elemento factor al efecto total.

Todos estos datos bien existan o bien haya que recolectarlos deberán ser:

- **Objetivos:** Es decir basados en hechos, no en opiniones
 - **Consistentes:** Debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyente y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el análisis de Pareto es un análisis de comparación.
 - **Representativos:** Deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
 - **Verosímiles:** Evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que se busca un soporte para toma de decisiones, si no se crean los datos, no apoyarán las decisiones.

Como ejemplos de la metodología de análisis se muestra una Tabla de Conteo para el caso de análisis de defectos en una empresa de fabricación de calzado.

Tabla 1.
Ejemplo de análisis de defectos en un calzado

Tipo de defecto	Número de defectos	Porcentaje Total de Defectos	Total acumulado de defectos	Porcentaje acumulado
Costuras torcidas	110	40.74%	110	40.74%
Corte descentrado	82	30.37%	192	71.11%
Talones desiguales	48	17.78%	240	88.89%
Tonalidad desigual	12	4.44%	252	93.33%
Plantillas manchadas	8	2.96%	260	96.30%
Forros manchados	6	2.22%	266	98.52%
Piquetes o cicatrices en la capellada	4	1.48%	270	100.00%
TOTAL	270			

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

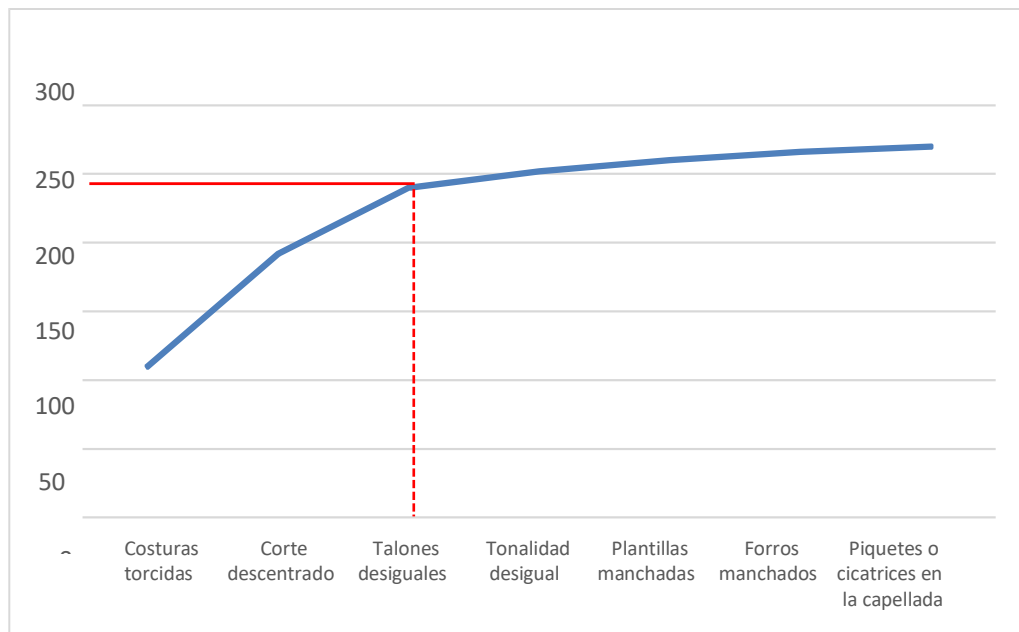


Figura 3. Selección de causas más relevantes

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

En la figura, se presenta el gráfico de selección de causas más relevantes para el ejemplo presentado. Se puede apreciar que los tres tipos de defecto que se pueden considerar como “Pocas Vitales”, generan el 89% de defectos en la fabricación de un calzado.

Metodología Ishikawa

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

- Elementos del diagrama de Ishikawa

Los elementos que estructuran un Diagrama de Causa – Efecto son:

1. El Problema
2. Causas Mayores: Considerados como Variables Críticas
3. Causas Menores: Causas que inciden sobre las variables críticas
4. Sub Causas: Las que inciden sobre las causas menores.

- Construcción del Diagrama de Ishikawa

Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la

causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.
2. Trazar una flecha y escribir el "efecto" del lado derecho.



Figura 4. Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.

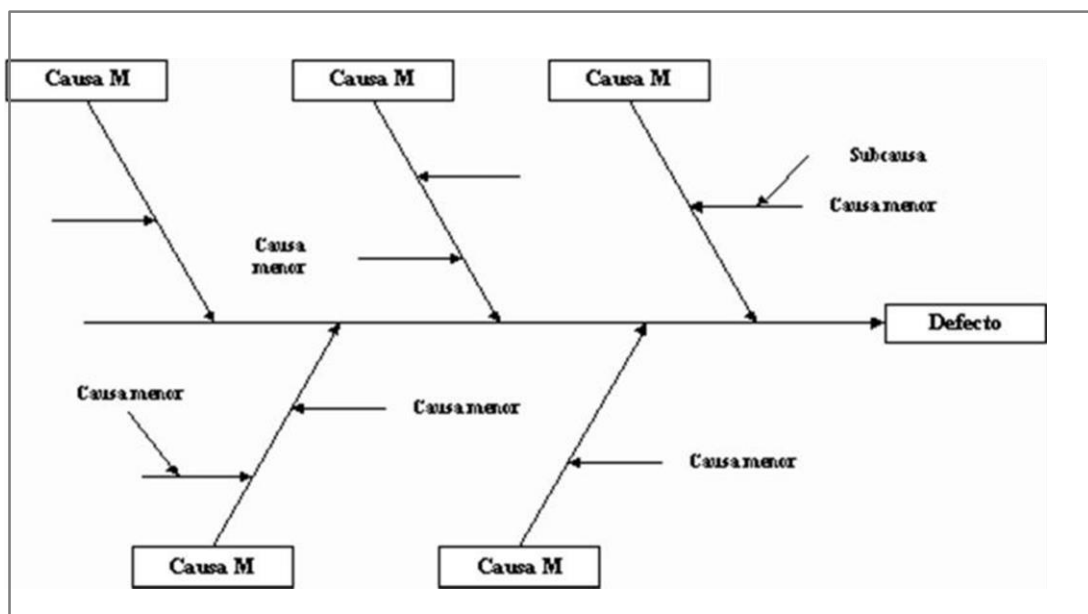


Figura 5. Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

4. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias.
5. Asignar la importancia de cada factor.
6. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M's).

7. Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema.

8. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.

La Figura 7 nos muestra un ejemplo de Diagrama Causa – Efecto para el caso de análisis del problema de deficiencias en la gestión de mantenimiento de equipos críticos de una Planta Piloto de Concentración de Mineral.

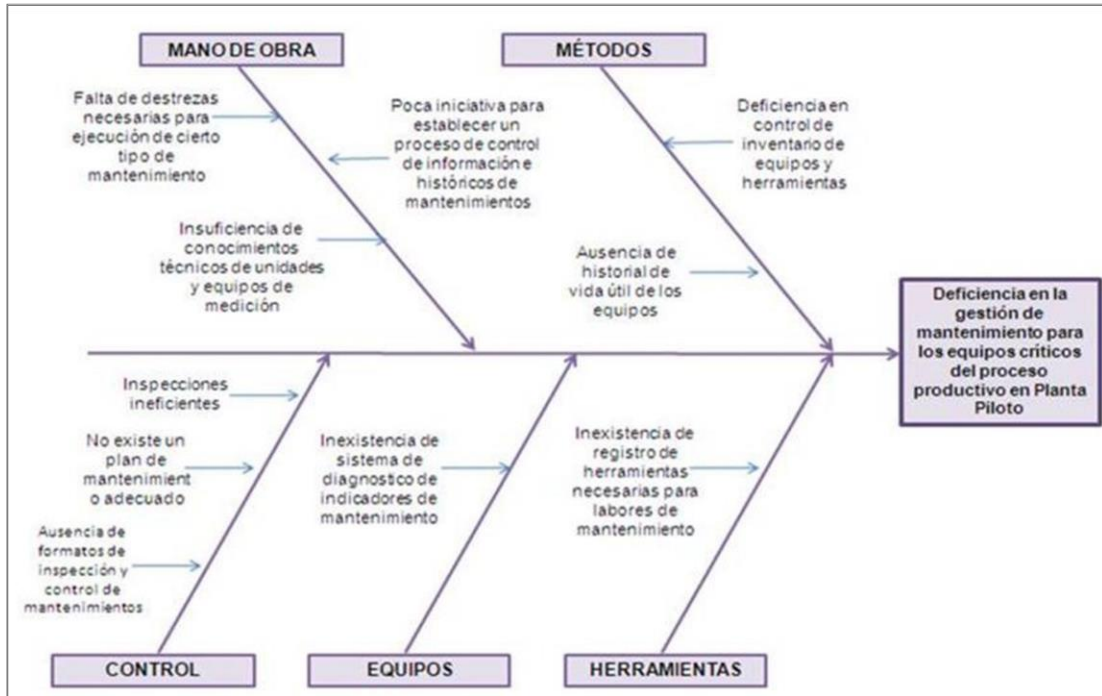


Figura 6. Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto

Fuente. Diseño modelo de gestión de mantenimiento equipos críticos, Ing. Iván Turmero Astros (2013)

Relación entre los Métodos de Pareto e Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa en primer lugar permite clasificar los defectos y priorizarlos. Una vez priorizados los defectos se procede a realizar un Diagrama de Pareto de causas, el cual nos ayuda a procesar la causa o causas que representan u originan el 80% de los problemas o incidencias.

- **Técnica de estudio de tiempo**

Según Niebel (2010), en su libro Ingeniería industrial, estudio de tiempos y movimientos, manifiesta que el estudio de tiempos es un arte y una ciencia. A fin de asegurarse el éxito en este terreno, el analista debe desarrollar el arte de inspirar confianza, ejercitar su juicio y crear un trato caballeroso hacia todos los que se ponen en contacto con él. Además, es esencial que su experiencia y entrenamiento hayan

sido tales, que pueda comprender en todo su alcance y llevar a cabo diversas funciones relacionadas con cada etapa del estudio. Estos elementos incluyen la selección del operario, el análisis del trabajo y la división del mismo, en elementos, anotación de los Valores de los elementos transcurridos, calificación de la actuación del operario, asignación de las tolerancias que se ponen en contacto con él.

Según Caso (2006) “es una técnica de medida del trabajo empleada para registrar los tiempos y los ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, realizada en condiciones determinadas, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar una tarea de acuerdo con una norma de ejecución preestablecida”.

Su objetivo es registrar los tiempos empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronómetro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas (Baca, 2013).

El estudio de tiempo con cronómetro suele constar de los siguientes pasos:

- Obtener y registrar toda la información que se disponga acerca de la tarea a medir, del operario y de las condiciones de trabajo que puedan influir en el desempeño de la misma.
 - Dividir la operación en elementos, describiendo y registrando el método de ejecución.
 - Determinar el tamaño de la muestra, asegurándose que se está utilizando el mejor posible para su ejecución por el operario.
 - Medir el tiempo que tarda el trabajador en completar cada elemento.
 - Al mismo tiempo que lo anterior, valorar el ritmo o la actividad con que el operario realiza la operación.
 - Calcular el tiempo básico
 - Determinar los suplementos que hay que aplicar
 - Calcular el tiempo tipo de la operación
- **Balance de línea**

Según Niebel (2010), el problema de determinar el número ideal de trabajadores que deben asignarse a una producción en línea es análogo al problema del número de trabajadores que deben asignarse a una máquina, en donde se recomendó el uso del

diagrama de proceso en grupo. Tal vez, la situación más elemental de balance de línea, la que se encuentra por todas partes, es en donde varios operarios, cada uno llevando operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad. En tal situación es obvio que la velocidad de producción, a través de la línea, depende del operador más lento.

Según Rau (2012) el balance de línea es un método que se asienta en la sincronización de un grupo de puestos y estaciones de trabajo con el fin de nivelar sus cargas. Este método consiste en disminuir tiempos de esperas e inventarios en procesos, recortar las esperas por recibir trabajo de un puesto precedente, reducir los inventarios en el proceso (acumulación entre puestos) y eliminar cuellos de botella.

Objetivos del Balanceo de líneas:

- El principal objetivo es asignar una carga de trabajo entre diferentes estaciones o centros de trabajo que busca una línea de producción balanceada (carga de trabajo similar para cada estación de trabajo, satisfaciendo requerimientos de producción).
- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
- Sistema de pago por productividad.
- Para poder llevar a cabo la aplicación de balance de línea en primer lugar se debe de conocer los siguientes indicadores:

- **Distribución de planta**

Núñez (2014) plantea que “la distribución en planta (o layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información.”

Domínguez (1995) define a la distribución de planta como “el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que

constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible”. El mismo autor plantea cuatro objetivos básicos que debe conseguir una buena distribución de planta, los cuales son:

- Alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que funcione como una comunidad de objetivos.
- Procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sean óptimos, lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio, etc.
- Garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.
- Adaptar la distribución de planta a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo que aconsejable la adopción de distribuciones flexibles. Las decisiones sobre distribución de planta son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia de las operaciones a largo plazo.

Heizer (2007), manifiesta que el layout de las operaciones tiene muchas implicaciones estratégicas, ya que “establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costos, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen”. Además, el autor dice que el objetivo principal de la estrategia de la distribución de planta es “desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa”.

Chase (2009), plantea que “las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva”. Además, plantea que el objetivo principal “es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una organización de servicios)”. “El objetivo principal de la distribución eficaz de una planta consiste en desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con la calidad que se requiere ya bajo costo.”

Niebel (2010) plantea que la distribución física constituye un elemento importante de todo sistema de producción que incluye tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, enrutamiento y despacho. Todos estos elementos deben estar cuidadosamente integrados para cumplir con el objetivo establecido. “El diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta casi siempre a la productividad y a la rentabilidad de una compañía, más que cualquiera otra decisión corporativa importante. La calidad y el costo del producto y, por tanto, la proporción de suministro/demanda se ve afectada directamente por el diseño de la instalación.”

Meyers (2006) plantea que el diseño de instalaciones de manufactura se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía. El diseño de instalaciones incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. Los autores anteriormente expuestos llegan a las mismas conclusiones sobre la distribución de planta, la cual se debe realizar de una forma que: disminuya la circulación del material o del producto o de las personas según sea enfoque, utilizar de forma óptima el espacio de las instalaciones y se pueda cambiar ante cualquier eventualidad. Además, mencionan que una correcta distribución de la planta se traduce en un lugar seguro y grato para el trabajador, y, además, una reducción de costos operacionales.

Logística

Actualmente, la gran preocupación de las organizaciones radica en tener inventarios exactos en sus almacenes. Esta intranquilidad hace que muchos profesionales se enfoquen únicamente en lo que tienen almacenado y dejen de lado el control sobre el flujo de entrada de mercadería (Vargas, M., 2015)

Ante esta problemática existen diversas técnicas que una empresa puede emplear para adquirir la cantidad de inventario necesario que a su vez le permita alcanzar y/o superar el target de ventas trazado. Aquí, resulta importante señalar que estas técnicas se pueden realizar independientemente del giro de negocio, el tamaño de facturación, la naturaleza de la empresa o su localización (si es local o internacional). (Vargas, M., 2015)

Dentro de las opciones que tiene una empresa para controlar su inventario, la reposición en base a mínimos y máximos se constituye como una buena alternativa. La razón de su éxito se debe a que este método es efectivo cuando nos referimos a productos como repuestos, materiales, partes y componentes del sector industrial, donde los parámetros de consumo están claramente establecidos, y normalmente el pedido máximo responde al consumo promedio semanal o mensual de determinado producto (Vargas, M., 2015)

Otra forma de controlar los inventarios responde a lo estipulado en el presupuesto. Así, se compra y se consume en base a lo presupuestado. Sin embargo, esto puede generar pérdidas en las ventas por la aparición de pedidos no considerados o coyunturas comerciales donde el pico de ventas llega a su máxima expresión (Vargas, M., 2015)

Una tercera alternativa, y acaso la técnica más empleada y que presenta mejores resultados, es el trabajo con Pronósticos de Demanda, que es básicamente un sistema de previsión de un hecho futuro que por su naturaleza es incierto y aleatorio (Vargas, M., 2015)

Dentro de las variables representativas a considerar para la generación de pronósticos se contempla a los siguientes aspectos:

- **Histórico de Consumo o de Ventas:** Permite considerar una tendencia de movimiento de los productos, la misma que puede ser lineal, potencial, logarítmica o sin tendencia. Esta información es muy importante cuando se utilizan modelos de pronósticos que dan prioridad o un determinado peso a esta información. No obstante, se tiene que tener presente que la información del histórico es no siempre marca la tendencia futura de consumo y/o venta (Vargas, M., 2015)
- **Inventario Actual (On Hand):** Es información trascendental, de primera mano, debido a que se debe de pronosticar considerando aquello que tienen las empresas en stock, ya que el objetivo es emplear el mismo (Vargas, M., 2015)
- **Pedidos Pendientes por Llegar (On Order):** Son aquellos productos que aún no llegan pero que una vez en almacén, o están destinados para atender un pedido o simplemente han sido adquiridos como reposición de stock. Si la

premisa es reducir el inventario, esta información tiene que ser considerada finalmente (Vargas, M., 2015)

- **Stock de Seguridad (SS):** Es necesario considerarlo ya que no en toda empresa existen productos críticos, que no necesariamente los vas a conseguir por medio de una Orden de Compra Abierta dado el monto y volumen de la misma o porque el fabricante no cuenta con representación nacional en el territorio. Se tiene que tener en cuenta que el Stock de Seguridad (SS) está en función al consumo y/o venta $SS=f(\text{Venta o Consumo})$. No es un porcentaje o cantidad fija inamovible en los almacenes (Vargas, M., 2015)
- **Cobertura de Inventario:** Se encuentra condicionada por la política de la empresa (niveles de ventas o presupuesto o disponibilidad de efectivo, etc). Es una variable considerada en muchos pronósticos ya que es el determinante entre comprar o no (Vargas, M., 2015)
- **Back Order y Back Log:** Son variables que de por sí guardan similitud ya que la primera representa los pedidos no atendidos a punto de vencer y la segunda los ya vencidos. Son determinantes al momento de realizar los pedidos debido a que una vez que contemos con inventario, el mismo puede desaparecer debido a que no se ha considerado ningún Back (Vargas, M., 2015)
- **Lead Time (LT) de los proveedores:** Marcan la pauta al momento de la reposición. Si el mismo es de 60 días, más 20 días de tránsito debido a que es una importación, tiene que considerarse esta información al momento de calcular el pronóstico. La idea es contar con la mercadería a tiempo sin incurrir en pérdida de consumo y/o ventas (Vargas, M., 2015)
- **Previsión de ventas del área Comercial:** Es un input muy importante al momento de generar los pronósticos debido a que es el target que el área comercial estima que puede alcanzar. No podemos dejar de lado esta información debido a que es la fuerza de ventas la que tiene contacto directo con los clientes, siendo información fresca, de primera línea (Vargas, M., 2015)

Respecto a la Gestión de Logística, es la gobernanza de las funciones de la cadena de suministro. Las actividades de gestión de logística típicamente incluyen la gestión de transporte interno y externo, la gestión de flotas, el almacenamiento, la manipulación de materiales, el cumplimiento de órdenes, el diseño de redes

logísticas, la gestión de inventario, la planificación de oferta/demanda y la gestión de proveedores de logística externos (García, 2016). Contempla subprocesos logísticos como:

- **Gestión de inventarios**, es la administración adecuada del registro, compra y salida de inventario dentro de la empresa. La correcta gestión de inventarios permite ofrecer una alta disponibilidad de productos al cliente manteniendo bajos los costos de inventarios (Carreño, 2011)
- **Gestión de almacenamiento**: función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados. El mantenimiento de inventarios supone costos, pero también puede generar beneficios y ahorros (Carreño, 2011)
- **Gestión de compras**: Su fin es asegurarse de contar con los mejores proveedores para abastecer los mejores productos y servicios, al mejor valor total. Compras es el área funcional de la empresa encargada de adquirir los materiales necesarios para las operaciones de la empresa, en la cantidad necesaria, en el momento y lugar precisos, de la calidad adecuada y al precio más conveniente. (Carreño, 2011)
- **Gestión de transportes**: es la gestión logística que se encarga de la elección del medio o los medios de transporte a utilizar y la programación de los movimientos a emplear (García, 2016).
- **Punto de reposición**: El punto de reorden es la cantidad mínima de existencia de un artículo, de modo que cuando el stock llegue a esa cantidad, el artículo debe reordenarse. Este término se refiere al nivel de inventario que activa una acción para reponer ese inventario en particular (Sánchez, 2016). Su fórmula es la siguiente:

$$ROP = dL$$

Ecuación 1. Punto de reposición

Donde:

d: Demanda diaria

L: Lead time

- **Rotación de inventarios:** La rotación de Inventarios es el indicador financiero que permite conocer el número de veces en que el inventario es realizado en un periodo determinado. La rotación de inventarios permite identificar cuántas veces se convierte el inventario en dinero o en cuentas por cobrar (se ha vendido). Con ello determinamos la eficiencia en el uso del capital de trabajo de la empresa. Entre más se rote el inventario, más rápido se realiza el dinero invertido en ellos, lo que permite un mayor retorno o rentabilidad en la inversión (Gerencie, 2020)

Clasificación ABC

Zuluaga, Gallego y Urrego (2011) argumentan que esta clasificación sugiere que los ítems sean ordenados dependiendo del criterio de rotación, utilización anual o según sus costos. Asimismo, otros criterios para su clasificación pueden ser: por valor total, por precio unitario y por aporte de utilidades en la empresa.

El modelo de clasificación ABC cuenta con una gran utilidad con relación al estudio de la cadena de valor agregado, puesto que no muestra las actividades que cuentan con valor y las que no, y a su vez también está relacionado con el incremento de los costos. (Morillo, 2005).

Diversas organizaciones por necesidad de la optimización de proceso se ven forzadas a la implementación de este modelo por medio de una buena gestión estratégica, la cual ayuda a organizar y utilizar correctamente los recursos para ocasionar adecuadas decisiones, dando así facilidad de adecuarse al modelo (Cherres, 2010).

El método ABC muestra una regla de 80/20, conocida a su vez como ley del menos significativo, la cual representa una relación entre el valor menor, 20% de valor artículos de un 80% del inventario y el 80% de artículos con valor del 20%, siendo útil para la operación del inventario y la respectiva toma de decisiones. Se establecen tres categorías para el desarrollo del método ABC, estos se encargan de clasificar los productos de acuerdo a la prioridad que cada uno represente, dándose así que los de mayor importancia, Artículos A; importancia secundaria, Artículos B y de menor importancia, Artículos C. La identificación de artículos con mayor y menor importancia, con cada uno a los extremos de las categorías viene a ser de

gran importancia por lo cual, las clases según su número o cantidad es variable, como también el porcentaje de cada una de estas. Vilfredo Pareto se lo planteo la idea anterior con el fin de darle la mayor atención a través de acciones por parte de la organización, a lo que tiene mayor importancia según la rotación del inventario. (Fucci, 1999).

Mantenimiento

Gestión

Se denomina gestión al correcto manejo de los recursos de los que dispone una determinada organización, aplicada a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad (García Garrido, 2003)

¿Qué es el mantenimiento?

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo (García Garrido, 2003)

Normas respecto al mantenimiento

- **Seguridad**

Para cualquier responsabilidad de mantenimiento es básico conocer la ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, que establece una clara preponderancia de los aspectos preventivos en materia de seguridad e higiene frente a una actuación asistencial (García Garrido, 2003).

- **Medio Ambiente**

El mantenimiento es el proceso mediante el cual se asegura la fiabilidad de los equipos y donde se ejecutan el mayor número de actividades que pueden ocasionar daños al medio ambiente, por lo tanto, la protección del medio ambiente se debe ser integrada a los procesos donde se originan los impactos. El efecto ecológico del mantenimiento se garantiza mediante la gestión eficaz y eficiente de este y su mejoramiento continuo dentro de un sistema de gestión ambiental (SGA).

Tipos de Niveles de Mantenimiento

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es de prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación. (García Garrido, 2003). El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento. (Duffuaa, Raouf, y Campbell, 2000).

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Disminuir el número de paradas realizando varias reparaciones en un solo paro de la máquina.
- Aprovechar el momento más oportuno sin interferir en el proceso de producción para realizar mantenimiento.
- Evitar averías mayores producidas por pequeños fallos provocados con el paso del tiempo. (Rey, 2001)

Mantenimiento Correctivo y de Emergencia

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos o máquinas mecánicas y que son reparadas cuando se presente ante una falla o avería (Paéz, 2011)

Mantenimiento Predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Para este tipo de mantenimiento es más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos. (García, 2003)

Costos de Mantenimiento

El costo de las reparaciones es una parte más del precio final del producto. Independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que debemos asumir. El costo de mantenimiento debe ser lo más bajo posible. A estos costos de mantenimiento lo podemos dividir en:

- Costos fijos: son independiente del volumen de producción y ventas, asegurando el buen estado del equipo a medio plazo.
- Costos Variables: son proporcionales a la producción realizada, consiste en la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento.
- Costos financieros: son dependientes del valor de los repuestos y las amortizaciones duplicadas de aquellas empresas que posean una máquina que trabaja en paralelo.
- Costos de Fallo: producido por malas reparaciones provocando pérdidas en materia prima, producción y energética. (Rey, 2001).

Objetivos del Mantenimiento

Es abarcar, asegurar la disponibilidad planeada al menor costo posible dentro de las recomendaciones de garantía, uso, instalaciones y normas de seguridad establecidas por los fabricantes. Para ello se actúa sobre:

- La continuidad de la operación
- El tiempo de paradas, cuando éstas se producen.
- El tiempo efectivo de reparación que es función del diseño, herramientas disponibles y destreza y capacitación del personal.
- El tiempo de espera del Soporte, que es función de la organización, sistemas y rutinas, herramientas y talleres disponibles, documentación técnica, capacitación, entrenamiento y suministro de piezas y/o repuestos

El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan dentro del contexto de la Excelencia Gerencial y Empresarial. Al respecto, debe destacarse que:

- El mantenimiento no es un costo.

- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o de computación.
- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional.
- Implica tenerlo presente desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica y/o reacondiciona total o parcialmente, etc.
- Requiere información e insumos y produce resultados e información.

Gestión de Mantenimiento

La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones.

Gestión del Mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos.

La Gestión del Mantenimiento es importante porque permite rebajar costes optimizando el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada empresa; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que la mayor parte de los recursos se utilicen en aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

En una gestión de mantenimiento, la planificación y programación representan el punto de partida. Ella lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar las actividades probables que habrán de cumplirse para lograr los objetivos y

resultados esperados. A continuación, se describen cada una de las etapas de la gestión de mantenimiento:

- **Planificación.**

Es un proceso que consiste en la definición de rutinas, procedimientos y elaboración de planes detallados para horizontes relativamente largos, usualmente semestrales o anuales, lo cual implica la determinación de las operaciones necesarias, mano de obra requerida, materiales a emplear, equipos a utilizar y duración de las actividades.

En la planificación del mantenimiento se debe considerar los siguientes aspectos:

1. Se deben tener establecidos objetivos y metas en cuanto a los objetos para mantenimiento.
2. Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
3. Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
4. Sistema de señalización y codificación lógica.
5. Inventario técnico.
6. Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
7. Registros de fallas y causas.
8. Estadísticas de tiempo de parada y tiempo de reparación.

- **Programación.**

El proceso de programación consiste en establecer las frecuencias para las asignaciones del mantenimiento preventivo, las fechas programadas son esenciales para que exista una continua disponibilidad de equipos e instalaciones. Se inicia con la solicitud y envío de la orden de trabajo.

- **Ejecución, control y evaluación.**

Estos procesos vinculan dos acciones administrativas de singular importancia como son la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas en los procesos de planificación y programación cuya finalidad es garantizar el logro de los objetivos propuestos. En general la ejecución, el control y la evaluación, permiten que las actividades se realicen tal cual fueron planificadas.

Indicadores de Mantenimiento

Según la autora María Gabriela Marcano Borromé (2013), dentro de los principales parámetros indicadores de mantenimiento se pueden mencionar:

- **Disponibilidad (D)**

Aptitud de un sistema (maquina o proceso), de cumplir una función requerida dentro de un tiempo determinado.

$$D = \text{TFR} / \text{TFP}$$

TFR : Tiempo de Funcionamiento Real

TFP : Tiempo de Funcionamiento Programado.

Para el caso específico de mantenimiento medimos la Disponibilidad Propia (Dp) de la máquina. Esto es tomando en cuenta solo fallas de máquina.

$$D_p = (\text{TFP} - T_f) / \text{TFP}$$

Tf : Tiempo de fallas.

- **Confiabilidad (C)**

Probabilidad de buen funcionamiento de un sistema (máquina o proceso) bajo ciertas condiciones y durante un período determinado. En otras palabras, es el tiempo promedio de funcionamiento entre fallas.

$$C = \text{TF} / N_f$$

TF : Tiempo de Funcionamiento

Nf : Numero de fallas.

- **Mantenibilidad (M)**

Esta representa un sistema en el cual se decide la cantidad de esfuerzo que debemos requerir para poder así conservar el funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. De esa forma se podrá decir si un sistema es "Altamente mantenible" cuando el esfuerzo que necesitemos, a comparación con la restitución sea bajo y se dirá si un sistema es poco mantenible o de "Baja mantenibilidad" si para restituirse o sostenerse se requieren grandes esfuerzos.

En otras palabras, es la duración promedio de las fallas.

$$M = T_f / N_f$$

Tf : Tiempo de fallas

Nf : Numero de fallas

El AMFE, o Análisis de Modos de Fallo y Efectos es una metodología que ayuda a estimar y predecir los fallos que puede tener un producto que está en fase de diseño, con la finalidad de incorporar, desde el inicio, los componentes y funciones del producto que garanticen su fiabilidad, seguridad y el cumplimiento de los parámetros de las funciones que los clientes exigirán de ese nuevo producto.

AMFE ayuda a reducir el tiempo y el coste del desarrollo de un producto, proceso o servicio. Ayuda en el análisis preventivo de los fallos potenciales más probables que puede tener un producto, sus sistemas o una funcionalidad de éste. La ocurrencia de fallos genera una serie de sobre costes en el producto como pueden ser pérdida de rendimiento o la parada imprevista de cualquiera de las funciones del producto diseñado o analizado, ocasionando reclamaciones de los clientes.

AMFE también es utilizado por empresas fabricantes durante las fases del ciclo de vida del producto para resolver reclamaciones de productos o gamas de productos que pierden su competitividad frente a otros que tienen un mejor diseño y mejores especificaciones.

De forma más específica AMFE tiene como objetivos:

- Reducir los plazos y aumentar la eficacia de los proyectos de desarrollo de nuevos productos y mejorar los productos actuales, porque predice cuáles pueden ser los fallos potenciales que se pueden producir en un futuro, en la fabricación o durante las operaciones, simulando durante el diseño las causas probables de los modos de fallos y cuáles pueden ser las acciones correctivas.
- Analizar y evaluar la eficacia de las acciones adoptadas, establecer un proceso de mejora continua alrededor de la mejora de la calidad de los productos.
- Familiarizar y educar al personal en el trabajo en equipo durante el diseño, con el fin de que sean ellos mismos quienes prevean los fallos, identifiquen las causas probables, propongan acciones preventivas en el diseño y valoren los resultados en fases posteriores al diseño.

Tipos de AMFE

Las aplicaciones AMFE pueden ser utilizadas para:

- Concepto: Análisis de sistemas o subsistemas en las fases iniciales y antes del diseño.
- Diseño: Análisis de productos antes del prototipo y pre-series y antes de su producción.
- Proceso: Análisis de los procesos de fabricación y montaje.
- Máquinas y Equipos: Análisis de productos, maquinaria y equipos para mejorar su eficacia y calidad.
- Sistema: Análisis del sistema y sus funciones específicas.
- Software: Análisis de las funciones del software.
- Servicio: Análisis de los procesos del sector servicio antes de que sean puestos en marcha y el impacto de los fallos probables sobre el cliente o consumidor.

Fases de la Metodología AMFE aplicada a diseñar un nuevo producto o mejorar uno existente

El proceso de análisis de modos de fallos es un proceso de mejora continua que busca la excelencia en la calidad de los productos, por tal motivo se debe estructurar con la finalidad de hacer tantos análisis como sean necesarios para mejorar los indicadores de calidad del producto.

Las fases de la Metodología AMFE se representan a continuación:

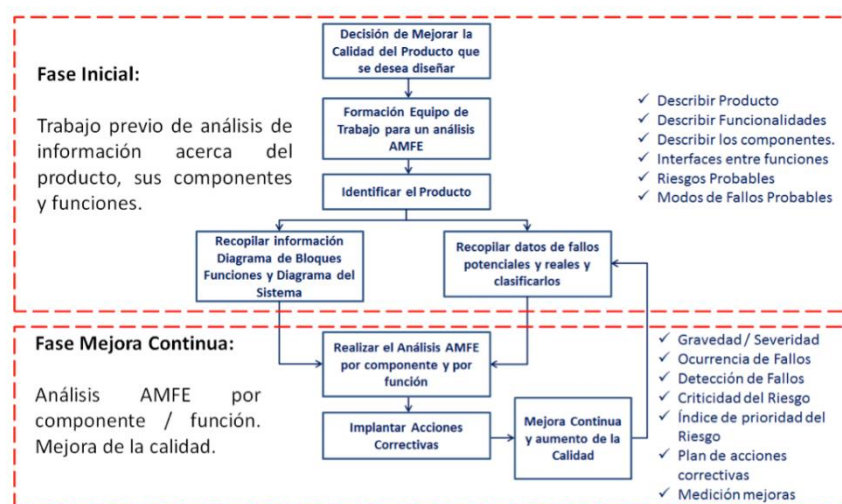


Figura 7. Fases de la metodología AMFE

Fase Inicial: Trabajo previo de recolección y análisis de la información del producto o proceso:

Para comenzar, es necesario describir el producto, el sistema y sus funciones, ya que un buen entendimiento del mismo simplifica su análisis. De esta forma el equipo de trabajo puede comprobar que usos del producto son adecuados y cuáles no. Seguidamente debe crearse un Diagrama de Bloques del Producto. Este diagrama ofrece una visión general de los principales componentes y funciones, y cómo éstos están relacionados entre sí. Esto recibe el nombre de relaciones lógicas alrededor de las cuales puede desarrollarse un AMFE.

Posteriormente se elabora la Matriz AMFE y así responder a las siguientes preguntas que se realizan sobre el producto que se desea mejorar o diseñar:

¿Cuál es el componente o pieza del componente que creemos podrá fallar?

¿Cuál es la función que vamos a analizar?: Establezca las funciones prioritarias a analizar. Una a Una.

Modos de fallo: Es la forma en que se produce el fallo. Suele responder a la pregunta: ¿Cómo se produjo el fallo? Modos de fallo típicos: Rotura – Deformación – Fuga – Cortocircuito – etc.

Causas potenciales de fallo: Son todas las causas asignables a cada modo de fallo. Ejemplos: Material incorrecto – Manipulación inadecuada – componentes deficientes – programas deficientes – funciones no incluidas en el diseño – otras causas.

¿Cuáles son los Modos de fallos potenciales?: Es cada modo de fallo posible, sin ser necesario que el fallo haya podido ocurrir realmente. Suele responder a preguntas como:

¿En qué forma se concibe que podría fallar el componente, producto o proceso?

¿Cómo podría el componente dejar de cumplir las especificaciones y sus funciones?

Modos de fallo potenciales pueden ser: Roto, Torcido, Suelto, Mal montado, Omitido, entre otros fallos.

¿Cuáles son los efectos que el cliente percibe frente a cada fallo?: Cómo se traduce un fallo sobre el cliente en el caso de que el fallo ocurra: Ruidos –

Olores – Humo – Excesivo calentamiento – Partes que no funcionan – Pérdida de Función, etc.

Después, se procede a cualificar y cuantificar cada Función evaluada y el Modo de Fallo, colocando un valor entre 0 – 9 para las siguientes variables:

SEVERIDAD (S): Determinar la Severidad del Fallo y sus efectos, también llamada “Gravedad”.

OCURRENCIA (O): Determinar la Ocurrencia del Fallo y sus efectos.

DETECCIÓN (D): Determinar los criterios y pruebas para la detección de Fallos y sus efectos.

CRITICIDAD: Criticidad de los Modos de Fallos y sus efectos.

Las conclusiones del AMFE nos permiten tomar las acciones correctivas y preventivas sobre el diseño del producto para aumentar la fiabilidad y la seguridad del mismo. Las conclusiones del AMFE y las acciones correctivas para eliminar los modos de fallos, se organizan según los criterios de esta matriz de decisión:



Figura 8. Matriz de decisión

Un criterio para llevar a cabo Acciones Correctivas de un producto o sus procesos asociados son:

- Conclusiones con un riesgo menor, de severidad baja, ocurrencia baja y ningún problema de calidad no se toma acción alguna y se entiende que el diseño es robusto.

- Conclusiones con un riesgo moderado, alguna acción de control se debe tomar.
- Conclusiones con un alto riesgo, acciones específicas se deben tomar. Se realiza una evaluación selectiva para implantar las mejoras específicas por orden de prioridad sobre componentes y/o funciones del producto.
- Conclusiones con un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema, modificaciones en el diseño y mejora de la fiabilidad de cada uno de los componentes que se han identificado para el producto.

La Metodología AMFE nos permite anticiparnos a los posibles fallos que un nuevo producto pueda tener, por lo tanto, es una herramienta eficaz que incorpora los principios de mejora continua del diseño y las mejoras enfocadas sobre los productos y la gama de productos que una empresa industrial tiene previsto lanzar al mercado en el corto y mediano plazo.

Capacitación

Según Chiavenato, I. (2011) La persona, por medio de la capacitación y el desarrollo asimila información, aprende habilidades, desarrolla actitudes y comportamientos diferentes y elabora conceptos abstractos. La mayor parte de los programas de capacitación se concentra en transmitir al colaborador cierta información acerca de la organización, sus políticas y directrices, las reglas y los procedimientos, la misión y la visión organizacionales, sus productos/servicios, sus clientes, sus competidores, etc. La información guía el comportamiento de las personas y las vuelve más eficaces. Otros programas de capacitación se concentran en desarrollar las habilidades de las personas a efecto de capacitarlas mejor para su trabajo. Otros más buscan el desarrollo de nuevos hábitos y actitudes para lidiar con los clientes internos y externos, con el trabajo propio, con los subordinados y con la organización.

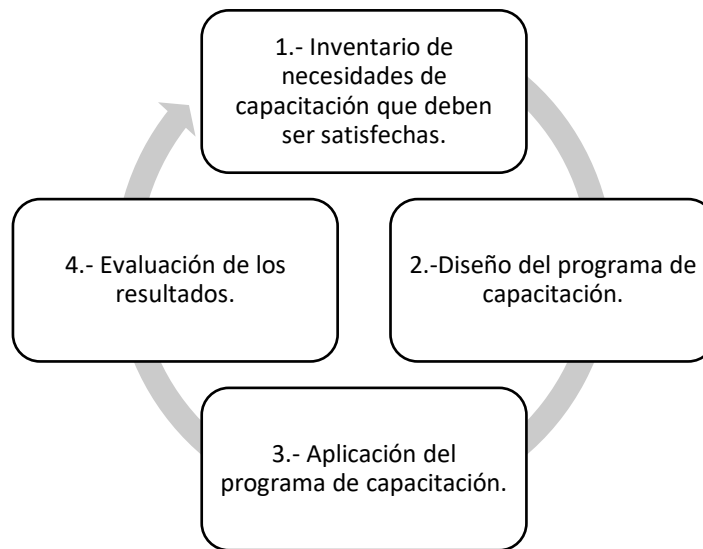


Figura 9. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad
Fuente. Chiavenato, I. (2011).

Por otra parte, la capacitación del personal debe comenzar después de la inducción, capacitar es proporcionar a los empleados las habilidades que necesitan para realizar su trabajo, realizar la capacitación del personal es una de las bases de una buena administración que los gerentes siempre tienen que tener en cuenta, este es un proceso cíclico y continuo que consta con cuatro etapas:

1. **Inventario de necesidades a satisfacer:** Consiste en realizar un inventario de todas las carencias o necesidades de capacitación que deben ser satisfechas por la empresa.
 2. **Diseño del programa:** Se desarrolla el programa de capacitación que se encargará de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.
 3. **Aplicación del programa de capacitación:** Se ejecuta y dirige el programa de capacitación, con la finalidad de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.
- Evaluación de los resultados:** Se evaluará los resultados obtenidos tras la aplicación del programa de capacitación.

Rentabilidad

Según Pérez, Rodríguez y Molina (2002) la rentabilidad es el rendimiento que se produce después de realizar una inversión en un determinado tiempo; es decir una empresa es rentable si sus ingresos son mayores que sus egresos, esto es una forma

de comparar los medios que se han utilizado en ello y la renta que se ha generado fruto de esa inversión.

1.1.3. Definición de Términos

- AMFE: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMFE), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.
- Balance de líneas. consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que, en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella.
- Cadena de Suministro. Movimiento de materiales, fondos, e información relacionada a través del proceso de la logística, desde la adquisición de materias primas a la entrega de productos terminados al usuario final. La cadena del suministro incluye a todos los vendedores, proveedores de servicio, clientes e intermediarios.
- Canales Logísticos. La red de cadenas de suministro participantes comprometidas en almacenamiento, manejo, traslado, transporte y funciones de comunicaciones que contribuyen al flujo eficaz de los bienes.
- Capacitación. Proceso que posibilita al capacitando la apropiación de ciertos conocimientos, capaces de modificar los comportamientos propios de las personas y de la organización a la que pertenecen.
- Clasificación ABC. El método de clasificación ABC utiliza este principio de Pareto para segmentar las mercancías de un almacén en 3 categorías (A, B y C) en base a su importancia según el criterio elegido, y de esta forma destinar más recursos a las referencias que son clave para la empresa, en este caso las elegidas en el grupo A.

- Cuello de Botella. Punto de capacidad limitada cuando el flujo disminuye debido a un estrangulamiento.
- Desabastecimiento. Falta de materiales componentes o bienes terminados que sean necesarios en el proceso de producción o comercialización.
- Distribución de planta. Es la ordenación de los equipos industriales y de espacios necesarios para que un sistema productivo alcance sus objetivos con la eficiencia adecuada. Los equipos industriales es cualquier elemento que necesite un espacio y que intervenga en un proceso productivo.
- Eficiente. Con poco o nada de desperdicios. En forma alternativa, un término conciso que se refiere al enfoque hacia la eliminación de desperdicios de la producción y distribución a través de la participación activa y la motivación a los trabajadores y el enfoque hacia el valor para el cliente. Ser eficiente significa sacarles el jugo a los recursos escasos.
- Gestión del Inventario. Cooperación entre el comprador y el proveedor, en general, en forma de información pronosticada compartida y un plan único y conciliado para mejorar la disponibilidad del inventario y reducir su costo.
- Inventarios. Existencias, Existencia de seguridad de materias prima, trabajo en proceso o materiales para cubrir la oferta y la demanda incierta o errática para evitar el desabastecimiento.
- Logística. Es la encargada de la distribución eficiente de los productos de una determinada empresa con un menor costo y un excelente servicio al cliente. Por lo tanto, la logística busca gerenciar estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado, a través de los cuales la organización y su canal de distribución se encauzan de modo tal que la rentabilidad presente y futura de la empresa es maximizada en términos de costos y efectividad.
- Mantenimiento. Inspección constante de las instalaciones o los equipos que se encuentran en un proceso de producción, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el perfecto estado de conservación de un sistema o también asegurar la correcta operación y funcionamiento de los equipos.

- Mantenimiento Preventivo. Es aquel mantenimiento que previene las fallas. Este tipo de mantenimiento ha sido usado muchas veces y su fundamento es la estadística, la observación, recomendaciones del fabricante y el conocimiento del equipo.
- Mantenimiento Correctivo. El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades que se ejecutan para corregir una falla en un equipo, una vez que esta falla se ha producido o al menos se ha iniciado el proceso que finalizara con la ocurrencia del fallo.
- Programa de mantenimiento. Consiste en un plan donde se dan a conocer las actividades de mantenimiento por periodos de tiempos específicos. Hay que tener coordinación con el objetivo de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción.
- Reparación. Es la restitución de un equipo o una maquina a una condición optima mediante el reemplazo, la reposición o reparación de piezas dañadas o desgastadas.
- Rutina diaria. Conjunto de actividades o tareas de mantenimiento que se deben ejecutar durante el día.
- Rutina semanal. Conjunto de actividades o tareas de mantenimiento a realizar en forma obligatoria durante la semana de trabajo.
- Suministros. Artículos necesarios para la operación de la empresa que no tienen relación con el producto que se fabrica; dentro de estos se pueden mencionar repuestos, accesorios, papelería y útiles.

Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística sobre la rentabilidad de una planta procesadora de asfalto, Trujillo, 2022?

Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística sobre la rentabilidad de una planta procesadora de asfalto, Trujillo, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de producción, mantenimiento y logística, de una planta procesadora de asfalto.
- Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de producción, mantenimiento y logística, de una planta procesadora de asfalto.
- Evaluar la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora y su impacto en la rentabilidad de una planta procesadora de asfalto, en Trujillo, 2022

Hipótesis

La propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística incrementa la rentabilidad de una planta procesadora de asfalto, en Trujillo 2022.

Variables

1.5.1. Variable independiente

Propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística en una planta procesadora de asfalto.

1.5.2. Variable dependiente

Rentabilidad.

Aspectos éticos

La información requerida para preparar esta tesis, fue proporcionada por la empresa.

Los tesisistas se comprometen en darle uso apropiado a esta información y a guardar la confidencialidad de temas reservados, que la gerencia compartió con ellos.

Las propuestas de mejora, guardarán el cumplimiento de las normas que salvaguarden la salud e integridad del personal de la planta procesadora; el cuidado del medio ambiente y la satisfacción de las expectativas de los clientes, en cumplimiento de los principios de la Responsabilidad Social.

Los operarios de la empresa en todo momento estuvieron apercibidos de la naturaleza del trabajo de investigación, que motivó la presencia de los tesisistas en la planta. Su colaboración fue solicitada personalmente por los directivos y brindada abiertamente.

Operacionalización de variables

Tabla 2.

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Variable independiente: Gestión de producción	Análisis de todos los elementos productivos y no productivos de una operación, con la idea de mejorarla. (Niebel, B)	La propuesta permite mejorar la gestión de producción y con ello, incrementar la rentabilidad de la planta de asfalto.	Eficiencia	Eficiencia de línea	$\frac{\text{Horas hombre utiles}}{\text{Horashombre pagadas}}\%$
Variable independiente: Gestión de mantenimiento	Combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en o restablece a, un estado al que pueda realizar la funciones designadas. (Duffaa, Raoux & Dixon)	La propuesta permite mejorar la gestión de mantenimiento y con ello, incrementar la rentabilidad de la planta de asfalto.	Eficiencia	Disponibilidad	$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF}+\text{MTTR}}\%$
Variable independiente Gestión logística	Es la administración del procesamiento de pedidos, el inventario, el transporte y la combinación del almacenamiento, el manejo de matweriales y el empackado; todo esto, integrado. (Bowersox, Closs y Cooper)	La propuesta permite mejorar la gestión logística y con ello, incrementar la rentabilidad de la planta de asfalto.	Eficiencia	Costo logístico de transporte	$\sum \text{costos de transporte de insumos y producto terminado}$
			Eficacia	Sobrecosto en compras reactivas .	$\frac{\text{Costo reactivo} - \text{costo std}}{\text{Costo std}}\%$
Rentabilidad	Capacidad de un activo para generar utilidad. Relación entre el importe de determinada inversión y los beneficios obtenidos una vez deducidos comisiones e impuestos. (Glosario BCR, 2022)	Son los materiales, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación. Es información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto.	Rentabilidad		$\frac{\text{Rentabilidad}}{\text{Ventas}}\%$

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El trabajo de Investigación Diagnóstica o Propositiva es un proceso dialéctico que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos.

La presente tesis es una investigación diagnóstica y propositiva, ya que, como afirma gallego (2017), utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales; encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

2.2. Población y Muestra

Población: Todos los procesos de la procesadora de asfalto.

Muestra: Los procesos de producción de la mezcla asfáltica; mantenimiento de la maquinaria, logística de abastecimiento de materiales y de despacho de producto terminado, a las obras, incluida la reubicación de la planta procesadora.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 3.
Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación de campo	Permitió observar las gestiones de la empresa, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Cuaderno de apuntes -Cámara fotográfica -Cronómetro	En el área de producción y logística de la procesadora de asfalto.
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa en cuanto a producción.	-Guía de entrevista-cuestionario -Cuaderno de apuntes. -Cámara fotográfica	En el gerente de la empresa.
Análisis de documentos	Permitió descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los procesos de producción.	-Microsoft Excel -Laptop -Cuaderno de apuntes	Base de datos de la empresa en estudio.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en la producción.	-Cámara fotográfica -Guía de encuesta	Personas que labora en el área de producción.

Fuente. Elaboración propia

Observación directa

Objetivo:

Identificar la problemática en las áreas de producción, mantenimiento y logística, de una procesadora de asfalto y las consecuencias que esta genera en su rentabilidad.

Procedimiento:

Mantener un seguimiento continuo, de los procesos en el área de producción, mantenimiento y logística de la empresa.

Instrumentos:

Breviario de apuntes y lápices.

Entrevista

La entrevista se realizará al gerente de la planta procesadora de asfalto.

Objetivo:

Determinar la situación actual de la planta procesadora de asfalto y conocer con mayor detalle su funcionamiento, para definir los problemas fundamentales de producción, mantenimiento y logística, que están directamente relacionados con la rentabilidad.

Parámetros:

Duración: 45 minutos

Lugar: Gerencia

Procedimiento:

Con el fin de obtener la información necesaria para conocer dicha problemática, se procede a realizar una sucesión de preguntas.

Instrumentos:

Guía de entrevista, cámara fotográfica y lapiceros.

Análisis de documentos

Objetivo:

Indagar la problemática en documentos físicos y virtuales, que mantenga la empresa y contrastarlos con lo observado.

Procedimiento:

Organizar los instrumentos adecuados para realizar el análisis de documentación histórica.

Instrumentos:

USB, laptop, breviarío de apuntes, lapicero.

Encuesta

Objetivo:

Obtener información de todos los procesos del área de producción, mantenimiento y logística, de los responsables de la planta.

Se encuesta a la gerencia para conocer más de las causas raíces.

Parámetros:

Duración: 50 minutos

Lugar: Planta procesadora de asfalto, en Chachapoyas.

Procedimiento:

Realizar una serie de preguntas al gerente y a los trabajadores de la procesadora de asfalto a fin de conocer los puntos resaltantes de las áreas de producción, mantenimiento y logística.

Instrumentos:

- Guía de encuesta, lapiceros y cámara fotográfica.
- Estadísticas de producción y ventas oficiales.
- Estadística aplicada.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 4.

Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíces.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíces halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2021.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíces que generan un 80% de impacto en el problema de elevados costos operativos.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Fuente. Elaboración propia

Procesamiento de información

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

2.5. Procedimiento

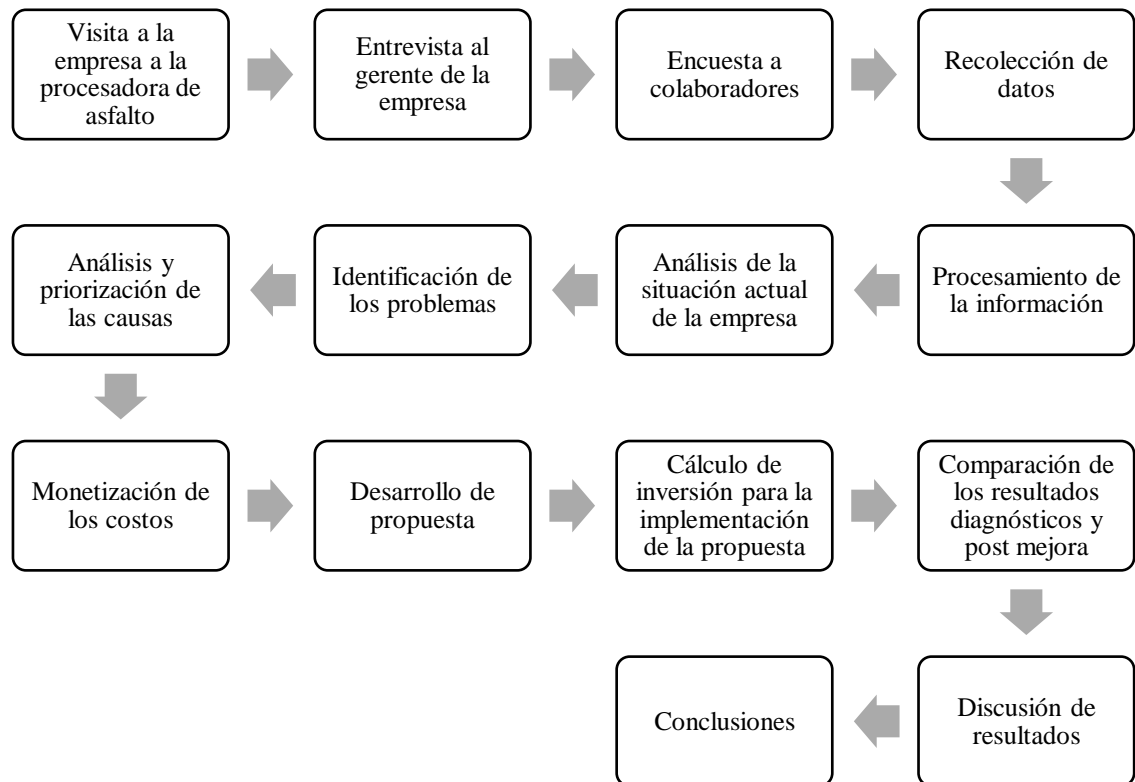


Figura 10. Procedimiento de investigación

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.1. Misión y Visión

Misión

Ser la empresa líder en producción y comercialización de mezclas asfálticas, entregando a sus clientes, productos que superen sus expectativas, manteniendo altos estándares de calidad y servicio.

Visión

Ser reconocidos por nuestros clientes como sus *partners*, en sus proyectos de pavimentación, ofreciéndoles mezclas asfálticas, de alta calidad que satisfagan la demanda de nuestros clientes.

2.5.2. Organigrama

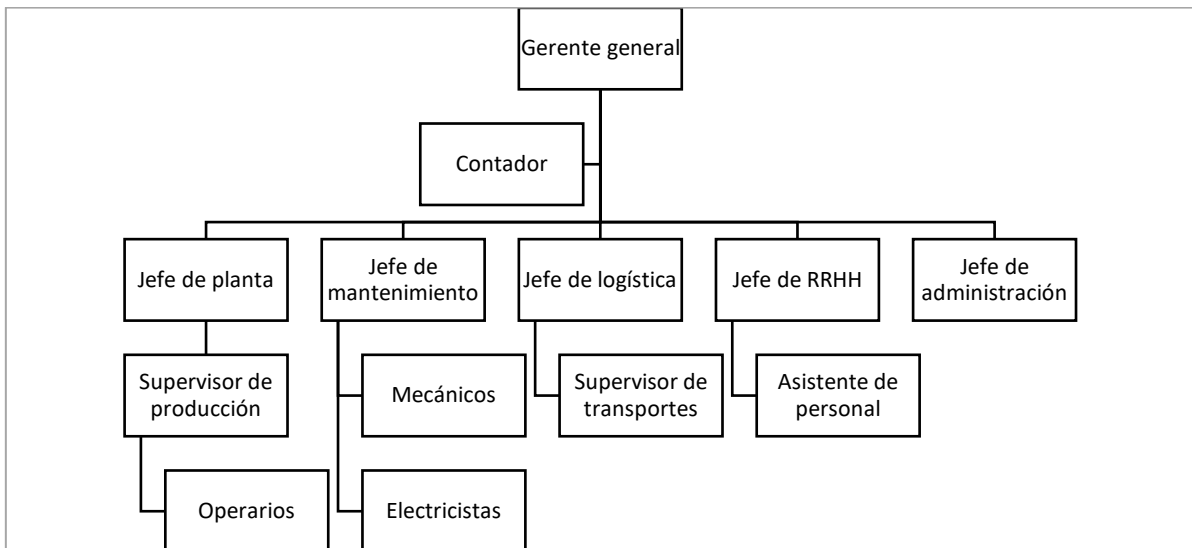


Figura 11. Organigrama

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.3. Distribución de la empresa



Figura 12. Layout actual

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.4. Principales Competidores

- Procesadora de asfalto de Laredo
- Asfaltos KYC
- Asfaltos DK&S
- Asfalmax

2.5.5. Principales Proveedores

- Petroperú, refinería de Conchán.
- Chancadora Rocarena
- Chancadora San Gabriel Arcángel

2.5.6. Principales Productos

- Mezclas asfálticas

2.5.7. Principales Clientes

- Irisa Norte

- Municipalidad de Moyobamba
- Corporación INGS S.A.C.
- F & P Constructora Enalta S.A.C.
- Caballero contratistas generales E.I.R.L.

2.5.8. Foda

Tabla 4.
FODA de la empresa

<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprometidos con el servicio Calidad de servicio Seriedad Productos seguros Reconocimiento en el medio Clientes importantes Capacidad instalada disponible Ubicación estratégica 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Nuevos clientes Nuevos mercados Nuevos insumos : polímeros Fórmulas optimizadas Nuevos proveedores Mejor servicio post venta Financiamiento a clientes Reubicación : mas cerca a clientes y proveedores
<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> Falta capacitación en gestión logística Falta capacitación en gestión de producción Deficiente seguimiento del transporte en ruta Altos costos logísticos Falta innovación Poca diversificación Falta de mecanización de procesos administrativos 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> Incremento tasa de cambio del sol. Nuevos competidores Escases de materiales Decrecimiento de la demanda Obsolescencia tecnológica Falta de promoción de obras públicas, del gobierno

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.9. Mapa de procesos

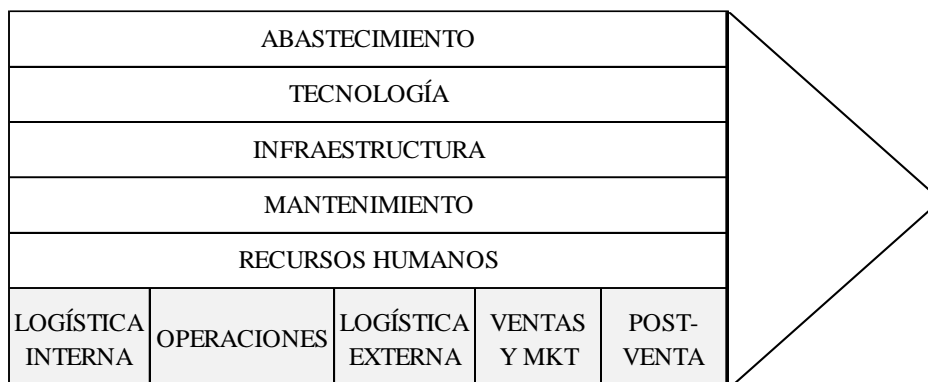


Figura 13. Mapa de procesos

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.10. Cadena de valor

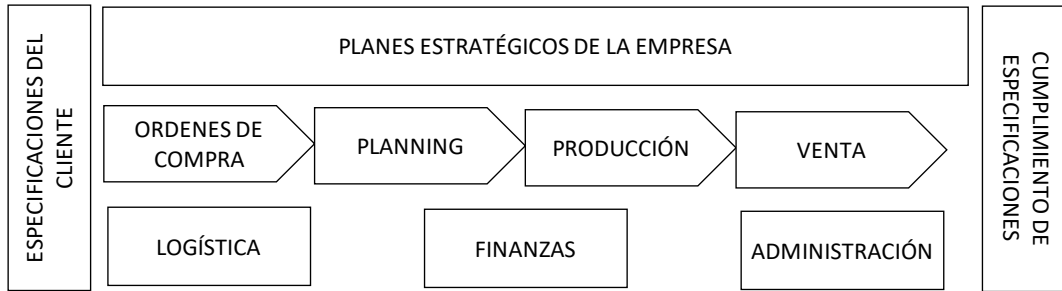


Figura 14. Cadena de valor

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.11. Diagrama de actividades del proceso

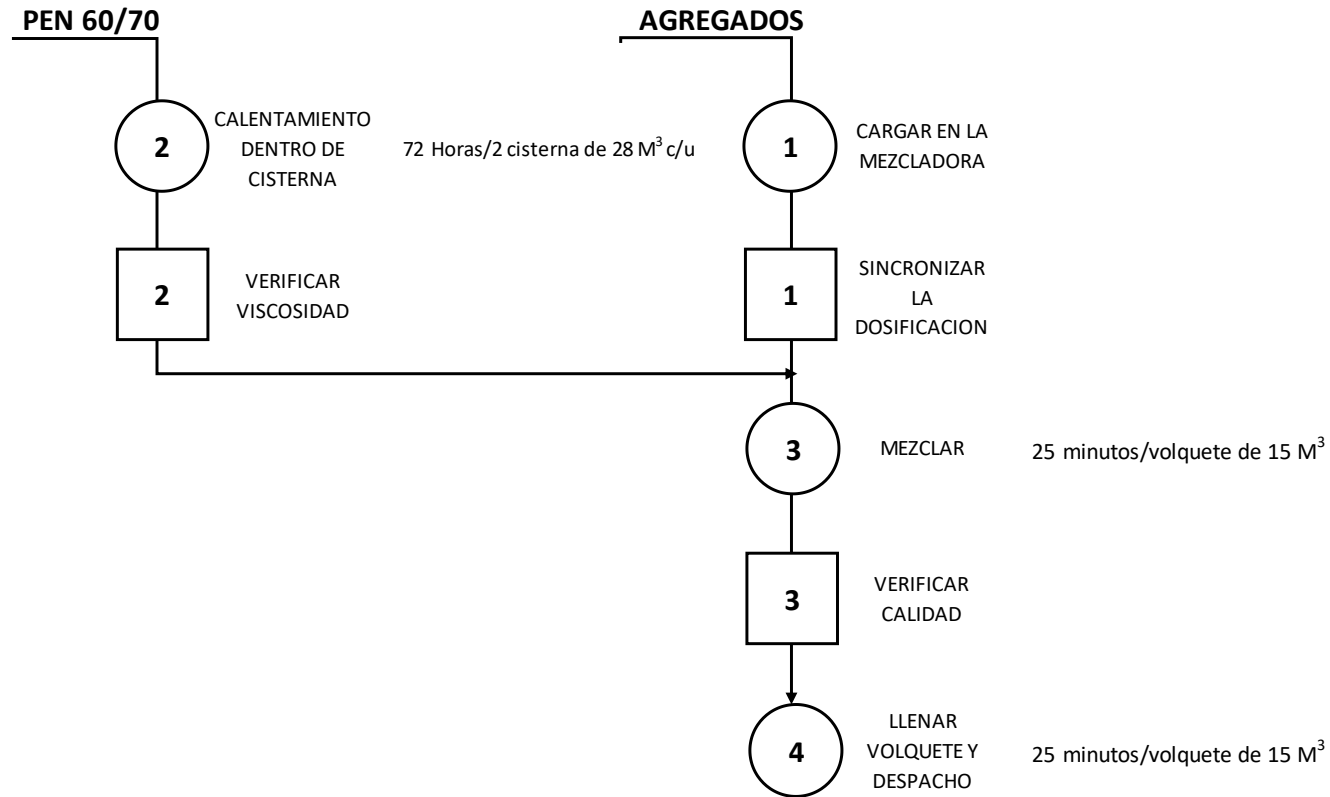


Figura 15. Diagrama de actividades actual
Fuente. Elaboración Propia.

2.5.2.2. Diagnóstico de problemáticas principales

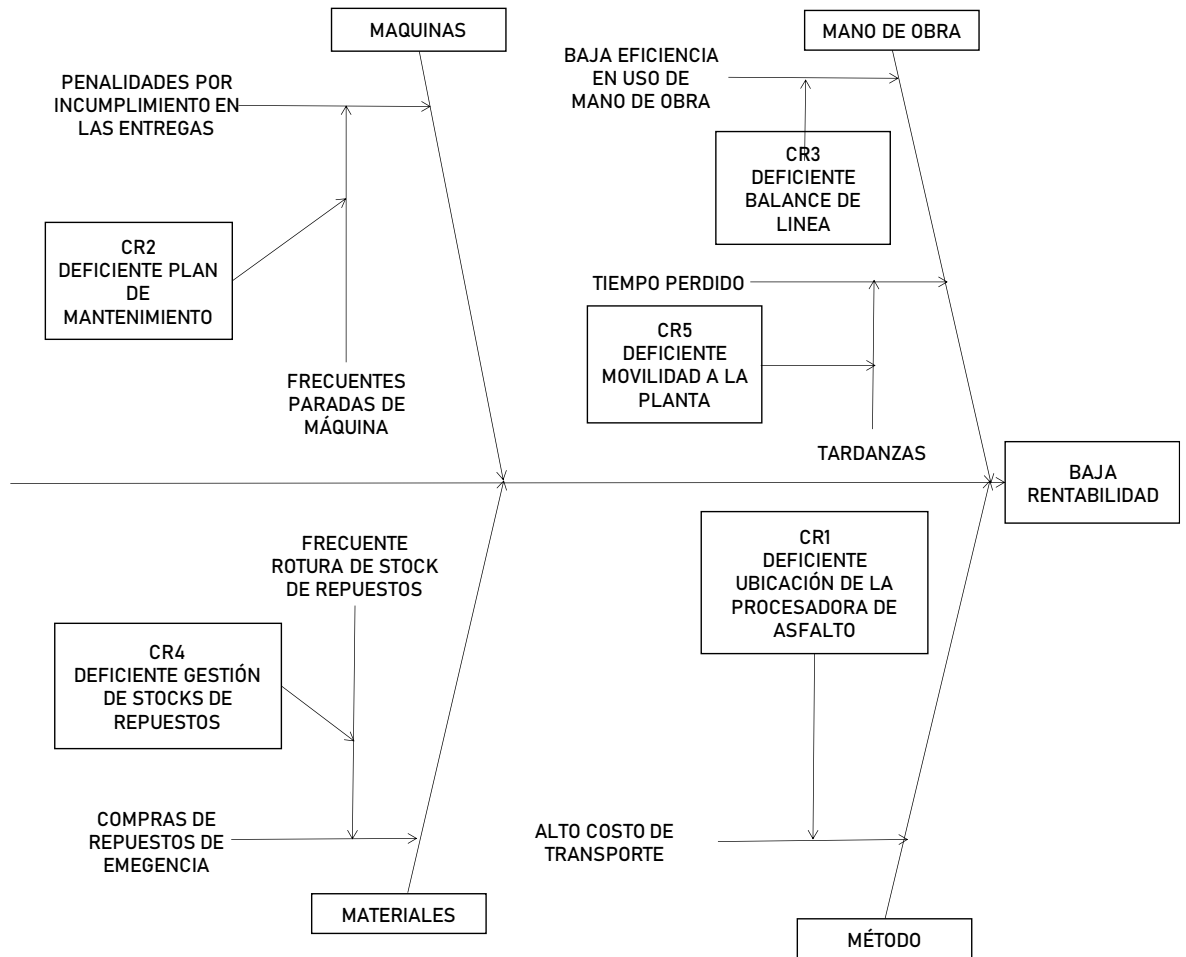


Figura 16. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa

Fuente. Elaboración Propia.

Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el criterio de los directivos de la planta procesadora, como se muestra a continuación:

Tabla 5.
Priorización por criterios

		Gerente	Jefe de planta	Jefe de mantenimiento	Jefe de logística	Jefe de administración	Total	%	% Acumulado
CR1	Deficiente ubicación de la procesadora de asfalto	10	10	10	10	10	50	26%	26%
CR2	Deficiente plan de mantenimiento	8	10	10	8	8	44	23%	48%
CR3	Deficiente balance de línea	8	6	8	8	6	36	19%	67%
CR4	Deficiente gestión de stocks de repuestos	8	8	6	6	6	34	18%	85%
CR5	Deficiente movilidad a la planta	6	6	5	5	8	30	15%	100%

Fuente. Planta procesadora de asfalto. Elaboración propia

Diagrama de Pareto de las causas raíz

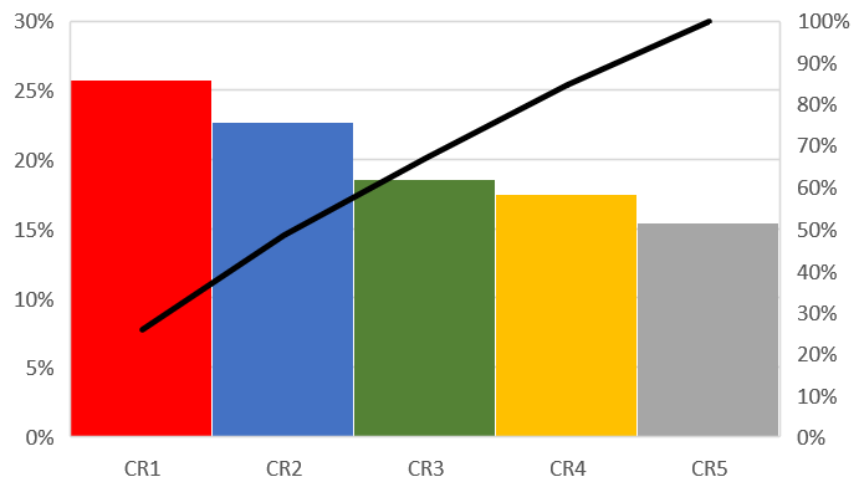


Figura 17. Pareto de causas raíz de la problemática

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.2.3. Identificación de indicadores.

Tabla 6.

Matriz de indicadores

N° Causa	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor Actual		Pérdida	Valor Meta		Pérdida Mejorada	Beneficio	Herramienta de mejora	Inversión
CR1	Deficiente ubicación de la procesadora de asfalto	Kilómetros recorridos por proveedores y despachos a clientes	Σ Costo anual de transporte de insumos y de producto terminado	1,072,526		S/ 7,723,358	672,556		S/ 4,704,879	S/ 3,018,479	Método de Weber Google maps	Traslado de la planta de Chachapoyas a Lamas S/100,000 Capacitación S/5,000
CR2	Deficiente plan de mantenimiento	Costo horas ociosas	$(100\% - \% \text{Disponibilidad}) \times S/ \text{planilla}$	98.0%	86.2%	S/ 30,407	98.5%	98.5%	S/ 26,622	S/ 3,785	Plan de mantenimiento preventivo Amfe Criticidad	Capacitación S/5,000
CR3	Deficiente balance de línea			88.0%			100.0%					
CR4	Deficiente gestión de repuestos	Compras reactivas	$\frac{\Sigma(\text{Costo reactivo} - \text{Costo std})}{\text{Costo std}} \times 100\%$	12%		S/ 3,790	1.2%		S/ 379	S/ 3,411	Criticidad Lead time abc	Software Dispatch Science S/31,200 Cisternas (2) S/724,722 Caldero S/659,020

Fuente. Elaboración propia

2.6. Solución propuesta

2.6.1. Descripción de causas raíces

Descripción de la causa raíz 1: Deficiente ubicación de la planta procesadora

La procesadora de asfalto, está ubicada en Chachapoyas, donde se abastece de pen 60/70, procedente de la refinera de Conchán, con tres cisternas propias que juntas, recorrieron, 95,775 Kilómetros.

Los agregados rocosos, son transportados por terceros, desde chancadoras cercanas y se movilizaron 22,089 Kilómetros. Con estos últimos, se acostumbra negociar el precio del servicio, en función de la distancia recorrida.

De la planta en Chachapoyas, envía la masa asfáltica que produce, a sus diferentes clientes, ubicados en el oriente del país, en camiones de terceros, que recorrieron 954,662 Kilómetros.

Las máquinas que intervienen en la producción, están sobre plataformas con ruedas, de modo que es factible, reubicarlas en un lugar aparente, donde haya menor costo logístico.

En la siguiente figura, se observa la ubicación actual de la planta, de sus proveedores y clientes

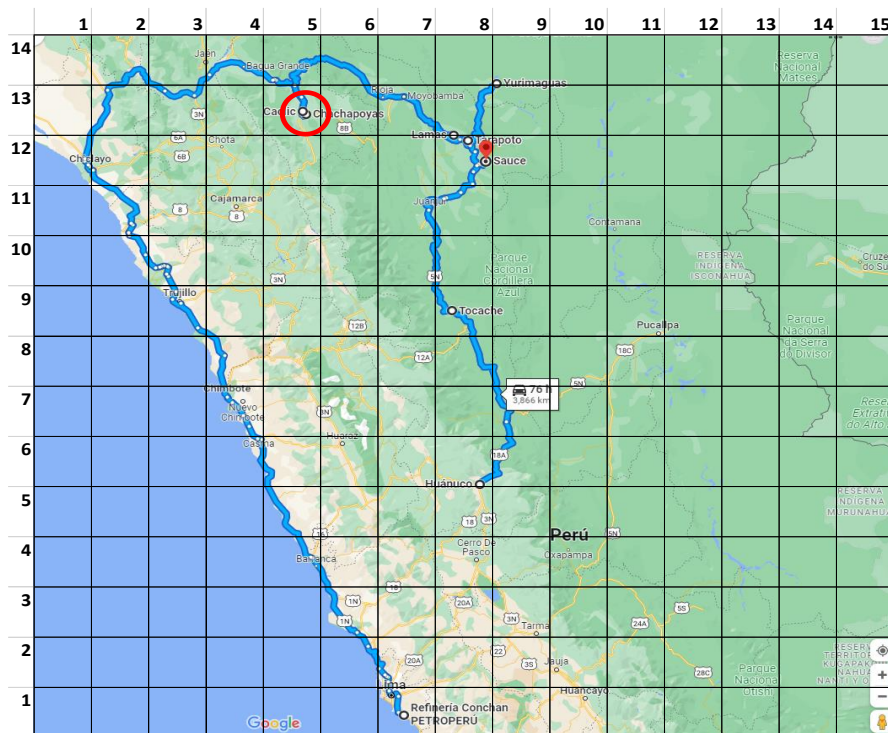


Figura 18. Ubicación actual de la empresa y sus actores logísticos

Fuente. Google maps

El detalle de las distancias recorridas por proveedores de pen y agregados rocosos se observa en las siguientes tablas:

Tabla 7.
Recorrido para transportar asfalto con la planta en Chachapoyas

	x	y	Despacho de asfalto desde Chachapoyas (volquete)	M ³ /volquete	Distancia desde chachapoyas Actual	Kms/año
Tarapoto	7.6	11.8	526	15	365	192,136
Chachapoyas	4.8	12.4	475	15	10	4,753
Moyobamba	6.5	12.8	260	15	254	65,964
Huánuco	7.8	5.0	323	15	970	313,019
Tocache	7.3	8.5	266	15	678	180,348
Sauce	7.9	11.5	253	15	445	112,452
Lamas	7.3	12.0	247	15	348	85,991
Total			2,350			954,662

Tabla 8.
Recorrido de abastecimiento y despachos en la planta en Chachapoyas

Materias primas	Recorrido	%	Asfalto (M ³)	Fórmula del asfalto	Cantidad de insumo (M ³)	Viajes de abastecimiento/Año	Distancia hasta/desde Chachapoyas	Km recorridos en el año
Pen 60/70	Refinería de Conchán a Chachapoyas	Pen 60/70	35,249	6%	2,115	76	1,268	95,775
Agregados	Chachapoyas	Agregados		94%	33,134	2,209	10	22,089
	Asfalto desde Chachapoyas			100%	35,249	2,350		954,662
Total								1,072,526

Descripción de la causa raíz 2: Deficiente plan de mantenimiento

El mantenimiento de los equipos de la planta, reciben, mayormente, tratamiento correctivo. Cuando se presentan síntomas inequívocos de falla, se procede con la revisión.

Por las características de la operación, los equipos están sometidos a grandes esfuerzos, y polución, particularmente la mezcladora.

Este entorno ocasiona que las máquinas presenten fallas, aproximadamente una vez al mes y las reparaciones, demoren casi medio día.

Seguidamente se adjuntan los registros de los horómetros de la mezcladora y el caldero, con los cuales se calcularon los indicadores de MTTR y MTBF.

Tabla 9.
Indicadores de mantenimiento de la mezcladora de asfalto

Registro de Inicio de la falla	Reanudación del servicio	Tiempo medio de reparación MTTR	Tiempo medio entre fallas MTBF
1 2/01/2021 08:40	4/01/2021 12:45	02 días y 04:05	
2 5/02/2021 10:42	5/02/2021 14:46	00 días y 04:04	765:57:00
3 8/02/2021 08:20	8/02/2021 14:45	00 días y 06:25	65:34:00
4 11/03/2021 08:40	11/03/2021 12:15	00 días y 03:35	737:55:00
4 2/04/2021 08:45	2/04/2021 14:00	00 días y 05:15	524:30:00
5 5/05/2021 09:40	5/05/2021 12:30	00 días y 02:50	787:40:00
6 2/06/2021 08:45	3/06/2021 14:15	01 días y 05:30	668:15:00
7 12/06/2021 08:45	12/06/2021 13:46	00 días y 05:01	210:30:00
8 14/07/2021 08:45	15/07/2021 13:15	01 días y 04:30	762:59:00
9 12/08/2021 08:45	12/08/2021 15:15	00 días y 06:30	667:30:00
10 18/09/2021 08:15	18/09/2021 14:10	00 días y 05:55	881:00:00
11 20/11/2021 08:45	20/11/2021 15:46	00 días y 07:01	1506:35:00
12 30/11/2021 08:45	30/11/2021 14:20	00 días y 05:35	232:59:00
13 12/12/2021 08:45	13/12/2021 09:10	01 días y 00:25	282:25:00
14 20/12/2021 08:45	21/12/2021 14:46	01 días y 06:01	167:35:00
Total		09 días y 00:42	
Promedio		00 días y 14:26	24 días y 14:06
Disponibilidad			97.6%

De la misma manera, se procede con los siguientes indicadores de mantenimiento del caldero:

Tabla 10.
Indicadores de mantenimiento del caldero

	Registro de Inicio de la falla	Reanudación del servicio	Tiempo medio de reparación MTTR	Tiempo medio entre fallas MTBF
1	2/01/2021 08:20	2/01/2021 13:46	00 días y 05:26	
2	5/02/2021 08:42	5/02/2021 12:46	00 días y 04:04	810:56:00
3	8/02/2021 08:20	9/02/2021 12:45	01 días y 04:25	67:34:00
4	11/03/2021 08:40	11/03/2021 14:15	00 días y 05:35	715:55:00
4	2/04/2021 08:45	2/04/2021 15:00	00 días y 06:15	522:30:00
5	5/05/2021 09:40	5/05/2021 15:30	00 días y 05:50	786:40:00
6	2/06/2021 09:45	2/06/2021 14:15	00 días y 04:30	666:15:00
7	12/06/2021 08:15	12/06/2021 13:46	00 días y 05:31	234:00:00
8	14/07/2021 08:45	14/07/2021 13:15	00 días y 04:30	762:59:00
9	12/08/2021 08:45	12/08/2021 15:15	00 días y 06:30	691:30:00
10	18/09/2021 08:15	18/09/2021 14:10	00 días y 05:55	881:00:00
11	20/11/2021 08:45	20/11/2021 15:46	00 días y 07:01	1506:35:00
12	30/11/2021 08:45	30/11/2021 14:20	00 días y 05:35	232:59:00
13	12/12/2021 08:45	12/12/2021 14:10	00 días y 05:25	282:25:00
14	20/12/2021 08:30	20/12/2021 15:00	00 días y 06:30	186:20:00
15	28/12/2021 08:45	29/12/2021 14:40	01 días y 05:55	185:45:00
16	30/12/2021 08:00	30/12/2021 14:30	00 días y 06:30	17:20:00
Total			05 días y 23:27	
Promedio			00 días y 08:26	22 días y 06:25
Disponibilidad				98.4%

Por tratarse de un sistema complejo, donde el funcionamiento de la planta, depende que ambos equipos estén operativos, se calculará la Disponibilidad esperada del sistema, mediante la multiplicación de las Disponibilidades individuales, desestimando la posibilidad que, ambos puedan haber presentado fallas en paralelo. (www.magmax.org)

Tabla 11.
 Resumen de indicadores de mantenimiento

Resumen	MTTR (Días)	MTBF (Días)	Disponibilidad
Caldero	0.35	22.27	98.4%
Mezcladora	0.60	24.59	97.6%
Promedio	0.48	23.43	98.0%

Se observa que la Disponibilidad esperada del sistema, en estas condiciones, es 98% y se necesita que sea de ese excelente nivel, pues la planta trabaja al límite de su capacidad, para cumplir con lo requerido contractualmente y evitar el pago de penalidades, que afectarían su rentabilidad y prestigio.

El problema técnico es que flujo de volquetes con asfalto hacia las obras, no puede interrumpirse, pues la temperatura del material, se reduciría, afectando su maquinabilidad en el pavimentado.

Descripción de la causa raíz 3: Deficiente balance de línea

La planta procesadora de asfalto, trabaja a plena capacidad. No tiene mayores holguras, pues, el producto terminado tiene que recibirse y disponerse en la obra, lo más pronto posible, para que su temperatura, que en la mezcladora es 150°C, no baje de 85°C al momento de esparcirse para pavimentar.

Si la masa asfáltica se enfría, se dificulta o imposibilita su manejabilidad en obra.

La línea de producción, conformada por las cisternas que abastecen de Pen 60/70; el caldero y la mezcladora, no está balanceada. El alto *lead time* del transporte desde la refinería de Conchán y del calentamiento en planta, que requiere el pen 60/70, para acondicionarlo para la mezcla, genera un cuello de botella, que determina que la eficiencia de la planta sea solo 88%, ocasionando tiempos muertos intermitentes, y mano de obra ociosa, pero remunerada. El transporte del asfalto a la obra, lo realizan volquetes contratados directamente por el cliente y siempre están a disposición.

Descripción de la causa raíz 4: Deficiente gestión de repuestos

No existe un procedimiento estructurado, para la gestión de repuestos. No se tiene identificado su criticidad, ni los niveles de consumo. Tampoco se han establecido el *lead time* con los proveedores habituales. Sin estos indicadores, no es posible definir una política de inventarios.

Esto ocasiona con cierta frecuencia, roturas de stock, que obliga al almacenero a salir de urgencia para conseguir el material requerido, en proveedores de la zona, que suelen ser más caros y a veces, solo pueden abastecer repuestos alternativos, de menor calidad y duración.

De esta manera, el año de estudio, el sobre costo en compras reactivas fue S/3,790, ascendiente al 12% del total de la compra de repuestos empleados, a precio de los proveedores habituales.

2.6.2. Monetización de pérdidas

Monetización de la Causa Raíz 1: Deficiente ubicación de la planta procesadora

La planta procesadora, tiene tres cisternas propias, para el abastecimiento del Pen. Estas, retornan vacías a la refinería. El costo operativo es S/4.64 por kilómetro, en el viaje de ida. Cuando regresa vacío, su costo operativo, es menor, S/2.55.

A los transportistas independientes, que abastecen los agregados, se les paga en función de los kilómetros recorridos, según una antigua costumbre. Con ellos se acordó un pago de S/4.68 por kilómetro.

El transporte del asfalto a la obra es por parte del cliente y fue parte de lo convenido.

Tabla 12.

Monetización del transporte según distancias recorridas

Materias primas	Recorrido	%	Asfalto (M ³)	Fórmula del asfalto	Cantidad de insumo (M ³)	Viajes de abastecimiento/Año	Distancia hasta/desde Chachapoyas	Km recorridos en el año	Costo ida/Km	Costo regreso/Km	Costo anual transporte
Pen 60/70	Refinería de Conchán a Chachapoyas	Pen 60/70	35,249	6%	2,115	76	1,268	95,775	S/ 4.64	S/ 2.55	S/ 689,534
Agregados	Chachapoyas	Agregados		94%	33,134	2,209	10	22,089	S/ 4.68	-	S/ 103,455
	Asfalto desde Chachapoyas			100%	35,249	2,350		954,662	S/ 4.68	S/ 2.58	S/ 6,930,369
Total								1,072,526			S/ 7,723,358

De acuerdo a ello, el año de estudio, los transportistas recorrieron 1'072,526 kilómetros y el costo para la empresa fue S/7'723,358.

Monetización de la Causa Raíz 2: Deficiente plan de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento MTTR y MTBF, del año de estudio, determinaron una Disponibilidad de máquinas de 98.03%.

Esto significa que, durante las 2400 horas disponibles, del año de estudio, la maquinaria estuvo parada 323.48 horas, que, multiplicadas por los 12 operarios, determinan las horas ociosas, que fueron remuneradas, en promedio, con S/7.83 por hora-hombre, sin recibir la contraparte en producción.

Esta causa raíz, se conjuga mutuamente con la causa raíz 3, que se trata seguidamente.

Monetización de la Causa Raíz 3: Deficiente balance de línea

El número de cisternas; la capacidad del caldero para acondicionar el pen 60/70 de las cisternas; la capacidad de la mezcladora para producir la mezcla asfáltica y sus respectivos *leads times*, no están debidamente balanceados.

El índice de eficiencia del balance de línea, calculado por el cociente de la cantidad de máquinas en actividad, divididas por las que teóricamente calculadas, sobre la base de un estudio de tiempos, es 88.26%. Esto explica las paradas intermitentes, que suceden durante la producción.

Esta eficiencia, como se menciona en la monetización de la anterior causa raíz, se conjuga con la Disponibilidad de los equipos, calculada con mediciones del MTTR y MTBF, determinando que la Disponibilidad Total, sea el producto de ambas, es decir, Disponibilidad Total = 98.03% x 88.26% = 86.52%.

De esta manera, las 2400 horas disponibles para producir, se redujeron a 2,070 horas. Las horas ociosas, por diferencia, fueron 330, en las que los 12 trabajadores estuvieron parados.

Como la remuneración horaria promedio es S/7.83, el perjuicio fue S/30,407.

Monetización de la Causa Raíz 4: Deficiente gestión de repuestos.

La planta ha debido recurrir a compras de emergencia, para solucionar la rotura de stock de materiales, para los equipos de producción.

Estas fueron:

Tabla 13.
Compras reactivas

	Compra año	Costo std	Costo reactivo	Sobrecosto
Cadena de transmisión	1	8,500	10,600	2,100
Brazo mezclador	1	1,880	2,700	820
Bomba de agua	1	1,200	1,850	650
Sistemas de encendido	1	650	780	130
Rodale eje principal	2	220	265	90
Total compras de emergencia				S/ 3,790

El sobrecosto de las compras reactivas, ascendió a S/3,790, que es el 12% del total de materiales comprados en el año.

2.6.3. Propuesta de mejora

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 1: Deficiente ubicación de la planta procesadora

El método de Weber, parte de la base que el lugar de producción, debe estar lo más cerca posible de sus proveedores o clientes, en función del nivel de interacción que existe entre ellos. Es decir, la planta, debería estar más cerca de los proveedores y clientes que mayor volumen de negocio sostengan entre sí.

Tabla 14.

Propuesta de reubicación de la planta con método de Weber

Destino	\bar{x}	\bar{y}	X	Y	Despachos de asfalto (volquete)
Tarapoto	7.6	11.8	4,001	6,212	526
Chachapoyas	4.8	12.4	2,281	8,421	475
Moyobamba	6.5	12.8	1,688	3,324	260
Huánuco	7.8	5.0	2,517	2,306	323
Tocache	7.3	8.5	1,942	2,261	266
Sauce	7.9	11.5	1,996	2,906	253
Lamas	7.3	12.0	1,804	2,965	247
Σ			16,229	28,395	
Total despachos			6.9	12.1	2,350

Con información de *Google maps*, se reubicó la planta de asfalto en las coordenadas (6.9, 12.1), del siguiente mapa de la zona.

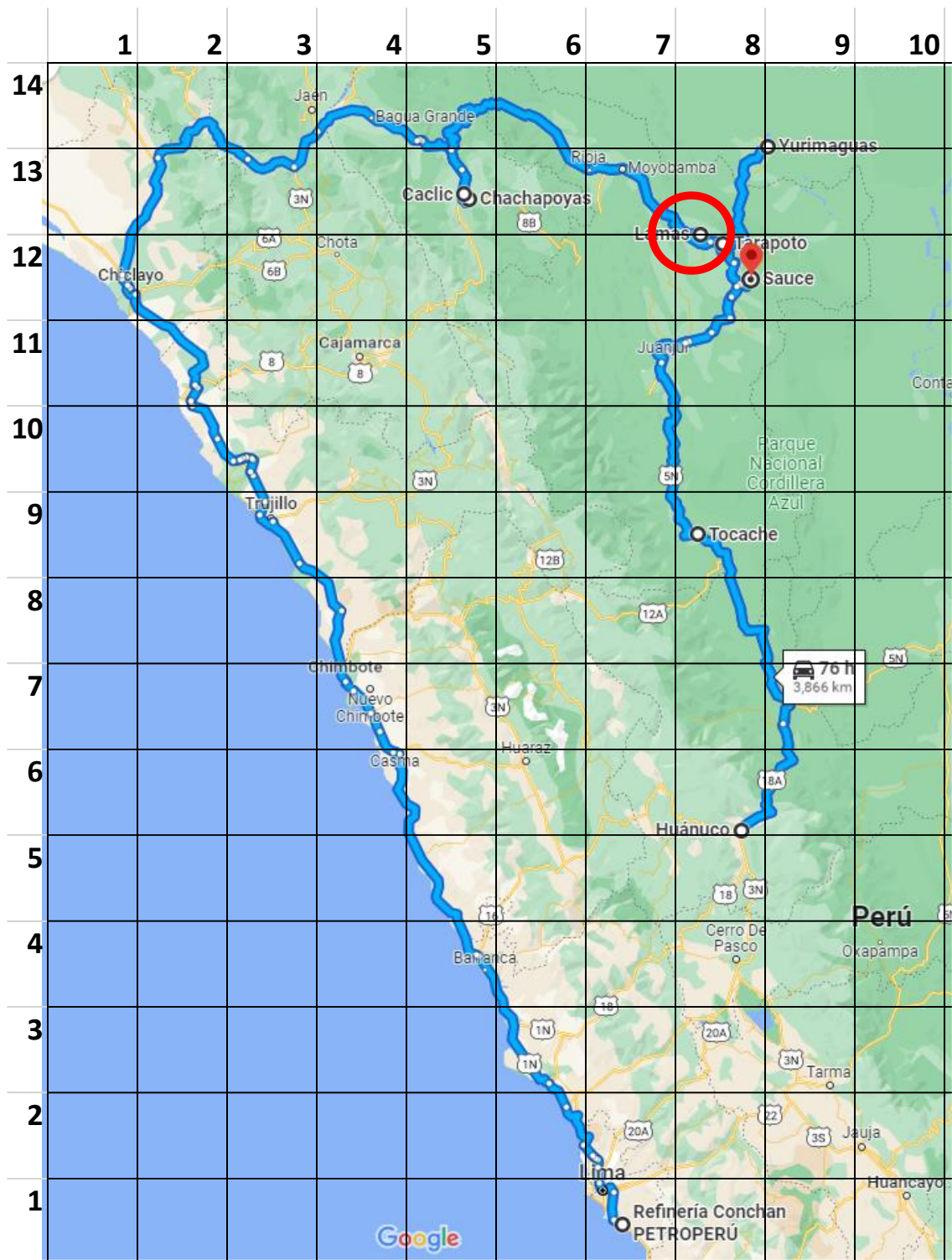


Figura 19. Ubicación propuesta de la empresa y sus actores logísticos

Se determinó que, la nueva ubicación de planta de asfalto, debería ser la provincia de Lamas, departamento de San Martín.

De esta manera, el recorrido total de proveedores y despachos a clientes sería así:

Tabla 15.
 Total, recorridos con la propuesta

Destino	X	Y	X	Y	Despachos de asfalto (volquete)	M ³ /volquete	desde Lamas Propuesta	Kms/año
Tarapoto	7.6	11.8	4,001	6,212	526	15	20	10,528
Chachapoyas	4.8	12.4	2,281	8,421	475	15	348	165,404
Moyobamba	6.5	12.8	1,688	3,324	260	15	2	519
Huánuco	7.8	5.0	2,517	2,306	323	15	626	202,010
Tocache	7.3	8.5	1,942	2,261	266	15	333	88,578
Sauce	7.9	11.5	1,996	2,906	253	15	100	25,270
Lamas	7.3	12.0	1,804	2,965	247	15	-	-
Σ			16,229	28,395				
Total despachos			6.9	12.1	2,350			492,310

Con esta nueva ubicación de la planta de asfalto, el costo del transporte sería el siguiente.

 Tabla 16.
 Costo del transporte con la propuesta de reubicación en Lamas

Materias primas	Recorrido	%	Asfalto (M ³)	Fórmula del asfalto	Cantidad de insumo (M ³)	Viajes de abastecimiento/Año	Distancia hasta Lamas	Km recorridos en el año	Costo ida/Km	Costo regreso/Km	Costo anual transporte
Pen 60/70	Refinería de Conchán a Lamas	Pen 60/70	35,249	6%	2,115	76	1,509	113,979	S/ 4.64	S/ 2.55	S/ 820,589
Agregados	Tarapoto	Agregados		94%	33,134	2,209	30	66,267	S/ 4.68	S/ -	S/ 310,366
Total	Lamas a obras				35,249	2,350		492,310	S/ 4.68	S/ 2.58	S/ 3,573,924
								672,556	S/ 4,704,879		

Para fines de comparación, se adjunta la misma data, pero con la ubicación actual de la planta de asfalto, en chachapoyas.

 Tabla 17.
 Costo del transporte con la planta ubicada en Chachapoyas.

Materias primas	Recorrido	%	Asfalto (M ³)	Fórmula del asfalto	Cantidad de insumo (M ³)	Viajes de abastecimiento/Año	Distancia hasta/desde Chachapoyas	Km recorridos en el año	Costo ida/Km	Costo regreso/Km	Costo anual transporte
Pen 60/70	Refinería de Conchán a Chachapoyas	Pen 60/70	35,249	6%	2,115	76	1,268	95,775	S/ 4.64	S/ 2.55	S/ 689,534
Agregados	Chachapoyas	Agregados		94%	33,134	2,209	10	22,089	S/ 4.68	S/ -	S/ 103,455
	Asfalto desde Chachapoyas			100%	35,249	2,350		954,662	S/ 4.68	S/ 2.58	S/ 6,930,369
Total								1,072,526	S/ 7,723,358		

La distancia recorrida en total, se reduce de 1'072,526 a 672,556 kilómetros y el costo, de S/s/7'723,358 a S/4'704,879.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 2: Deficiente plan de mantenimiento

Se preparó el análisis de criticidad, para jerarquizar el impacto de la máquina, en función de su impacto en la producción y con ello, priorizar el enfoque de los recursos de la planta.

Se analizó la frecuencia de las fallas; la gravedad de ellas y el nivel de dificultad para anticiparse a su falla.

Seguidamente, se evaluó el análisis modal de fallas y efectos, con la matriz AMFE.

Tabla 18.

Criterio de asignación puntaje a la gravedad de la falla

Gravedad

Descripción	Puntaje
Infima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada , falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad,no conformidad	10

Tabla 19.

Criterio de asignación puntaje a la frecuencia de la falla

Frecuencia de la ocurrencia

Descripción	Puntaje
1 falla en mas de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Tabla 20.
Criterio de asignación puntaje a la detectabilidad de la falla

Dificultad para detectar

Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Con estos criterios, se evaluó la maquinaria y componentes de la planta de asfalto, como se puede apreciar en la siguiente matriz de criticidad.

En ella, se ha resaltado con el color rojo, los elementos más críticos y que merecerán mayor atención y seguimiento, de parte del personal de mantenimiento y los operarios.

En color amarillo, están señalados los de criticidad media, los cuales deben vigilarse atenuantemente, pues podrían escalar a la inmediata superior posición.

Con color verde, se indican aquellos componentes de la planta, de poca criticidad, basada en que su falla es tolerable o puede ser remediada con mayor facilidad.

Tabla 21.

Matriz de criticidad de la maquinaria de la planta de asfalto

Componente	Descripción			AMFE PLANTA DE ASFALTO MARINI BT 250					Elaborado por : Salinas&Vasquez	
	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Número prioritario de riesgo actual (NPR)					Plan de trabajo	Responsable
				Acciones	Frecuencia de la falla	Gravedad de la falla	Dificultad para detectar	NPR		
CONTROL										
Sistema de control	No funciona No comanda	Deficiente o nulo comando	Falla en tarjeta de circuito	Cambio	2	3	3	18	Mantenimiento Limpieza Reemplazo	Mecánico/ Operario
ALIMENTACIÓN										
Tolva de agregados	Paro de equipo	Paro de equipo	Obstrucción por mayor calibre	Reparación	3	3	2	18	Inspección periodico	Mecánico/ Operario
Celda de carga de pesaje de agregados	Error en pesaje	Error en pesaje de agregados	Excesiva vibración Falta hermeticidad	Cambio	2	4	8	64	Inspección semanal Limpieza Reemplazo	Mecánico/ Operario
Transportador recolector	Paro de equipo	Paro de equipo	Obstrucción del sistema de tracción	Reparación	6	3	1	18	Inspección semanal Lubricación	Mecánico/ Operario
Transportador alimentador	Paro de equipo	Paro de equipo	Obstrucción del sistema de tracción	Reparación	6	3	1	18	Inspección semanal Lubricación	Mecánico/ Operario

MEZCLA

Tambor	Paro de equipo	Paro de equipo	Vida util Fatiga	Reparación	5	5	4	100	Lubricación semanal	Mecánico/ Operario
Quemador	Deficiente o nula combustión	Paro de equipo Humeo	Vida util Carbonizado	Cambio	1	7	3	21	Inspección semanal Eliminar residuos Regular mezcla con aire	Mecánico/ Operario

SALIDA

Elevador	Paro de equipo	Demoras operativas	Sobrecarga Mala práctica	Reparación	3	3	5	45	Lubricación semanal	Mecánico/ Operario
Extractor	Paro de equipo	Demoras operativas	Sobrecarga Mala práctica	Reparación	3	3	3	27	Lubricación semanal	Mecánico/ Operario
Bomba de asfa	Paro de equipo	Parada de equipo	Vida util Exceso de carga	Reparación	3	10	4	120	Lubricación semanal	Mecánico/ Operario

CALDERO

Caldero	No produce vapor	Falla del control de llama. Falla del ingreso de agua Falla del	Falla del quemador / ventilador/ dispositivos	Reparación o reemplazo	1	3	3	9	Mantenimiento Limpieza Equipo en stand by Mantenimiento general cada año.	Mecánico/ Operario Técnico externo
---------	------------------	---	---	------------------------	---	---	---	---	---	---------------------------------------

En la matriz AMFE se observa que los componentes, con mayor número prioritario de riesgo, NPR, son el tambor de mezcla y la bomba de asfalto. Esto sugiere la conveniencia de elaborar un plan de mantenimiento preventivo para ambos.

El representante de York Factory, fabricante del caldero, visita mensualmente la planta, para inspeccionarlo y darle servicio. El agua del caldero, es ablandada en la planta y se verifica su dureza diariamente.

Como siguiente paso, se elaboró el cronograma de actividades del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 22.
Cronograma de mantenimiento preventivo de la planta de asfalto

Componentes	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sistema de control	Limpeza del tablero de control			X				X			X				X			X		X			X	
	Prueba de disparo interruptores			X				X			X				X			X		X			X	
	Mantenimiento rectificadores			X				X			X				X			X		X			X	
	Ajustar borneras			X				X			X				X			X		X			X	
	Mantenimiento extractores de calor			X				X			X				X			X		X			X	
	Mantenimiento/limpieza interruptores			X				X			X				X			X		X			X	
Tolvas	Limpeza interna			X				X			X				X			X		X			X	
	Verificación dispositivos neumáticos			X				X			X				X			X		X			X	
	Lubricación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Transportador colector	Limpeza			X				X			X				X			X		X			X	
	Lubricación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Revisión del tornillo alimentador			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del eje			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del canal			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del motor			X				X			X				X			X		X			X	
Elevador	Limpeza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Lubricación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Revisión del tornillo alimentador			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del eje			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del canal			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del motor			X				X			X				X			X		X			X	
Transportador alimentador	Limpeza			X				X			X				X			X		X			X	
	Lubricación			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del polines			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del eje			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión de faja transportadora			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del motor			X				X			X				X			X		X			X	
Extractor	Limpeza			X				X			X				X			X		X			X	
	Lubricación			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del polines			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del eje			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión de faja transportadora			X				X			X				X			X		X			X	
	Revisión del motor			X				X			X				X			X		X			X	
Tambor de mezcla	Estructura	Verificar temperatura de rodamientos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Engrasar chumaceras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Verificar desgaste de la estructura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Motor	Verificar alineamiento del tambor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Verificar estado de las paletas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Revisar termocuplas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Motor	Revisar polines	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Medir aislamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Ajuste de tornillos de sujeción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Quemador	Estructura	Limpeza externa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Limpeza del ventilador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Verificar dispositivos de seguridad			X				X			X				X			X		X			X
	Motor	Limpeza y ajuste quemador.			X				X			X				X			X		X			X
		Limpeza de cabezal de combustión			X				X			X				X			X		X			X
		Limpeza de electrodos			X				X			X				X			X		X			X
Bomba de asfalto	Estructura	Limpeza de fotorresistencia			X			X			X				X			X		X			X	
		Verificación de chispa y llama			X				X			X				X			X		X			X
		Limpeza de tuberías	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Motor	Engrase	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Ajuste de bornes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Medición del aislamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Caldero	Estructura	Verificar alineamiento de la bomba	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Retirar hollín			X				X			X				X			X		X			X
		Monitorear la calidad del agua			X				X			X				X			X		X			X
	Motor	Corregir aislamiento			X				X			X				X			X		X			X
		Regeneración resina ablandamiento			X				X			X				X			X		X			X
		Verificación de chispa y llama.			X				X			X				X			X		X			X
Control de válvulas de seguridad			X				X			X				X			X		X			X		

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 3: Deficiente balance de línea

Para realizar el balance de línea, que determine el número de cisternas que abastecen el pen, directamente de la refinería de Conchan; la cantidad de calderos requeridos para calentar el pen dentro de las cisternas y el de mezcladoras, para cumplir con la demanda, en el tiempo dispuesto.

La información es la siguiente

Producción anual	35,248 Tons
Días/año	300
Horas/día	8
Índice de producción (Ip)	14.68

Tabla 23.
Balance de línea

	Horas de operación	M ³ de asfalto	M ³ / Hora	% particip	M ³ equiv / Hora	Horas / M ³	(Ip)	Máquinas requeridas	Redondeo	Eficiencia propuesta	Actual	Eficiencia actual
Cisterna	90.00	25	0.28	6%	4.63	0.22	14.69	3.17	4	100%	3	95%
Caldero	36.00	28	0.78	6%	12.96	0.08	14.69	1.13	2	100%	1	88.3%
Mezcladora	0.42	15	36.00	100%	36.00	0.03	14.69	0.41	1	100%	1	100%

El % de participación, es la proporción con la que la máquina, participa en el producto final. En este caso, la cisterna abastece de pen, que es el 6% de la fórmula de la masa asfáltica. Con el balance de línea, se llevaría la eficiencia de 88.3% a 100%, eliminándose los atrasos en las entregas y las penalidades, que además del perjuicio económico, también acarrea desprestigio.

Ello implica, adquirir una cisterna adicional, de S/363,361 para el abastecimiento del pen y otro caldero, de S/659,020, que caliente la cisterna, durante el lead time, para fluidizar el pen, antes de succionarlo a la mezcladora, para la producción de la mezcla asfáltica.

Considerando que las cisternas actualmente en uso, están finalizando su vida útil, es recomendable adquirir otra unidad adicional, para garantizar el normal abastecimiento.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 4: Deficiente gestión de repuestos

Tabla 24.
Críticidad y ABC de repuestos

N°	Código	Repuestos	Precio unitario (S/)	Dato histórico de consumo Año 2019	Dato histórico de consumo Año 2020	Dato histórico de consumo Año 2021	Costo repuestos 2021(S/)	Promedio ponderado 2020 - 2021	Consumo anual planeado (Und)	Costo anual planeado (S/)	%	% Acumulado	ABC	CRÍTICIDAD				Crítico >350 Infallible
														Frecuencia de cambio	Lead time del repuesto	Flexibilidad	No Crítico <125 Observado	
1	10001	Cadenas de Transmisión	8,500	1	1	1	8,500	1.000	1	8,500	19.55%	19.55%	A	4	10	10	400	
2	10010	Brazos y Fondos de Mezclador	4,800	1	-	-	-	0.500	1	4,800	11.04%	30.59%	A	4	10	10	400	
3	10008	Paletas	3,400	-	1	-	-	0.333	1	3,400	7.82%	38.40%	A	4	6	10	240	
4	10009	Sifines	2,850	1	-	-	-	0.500	1	2,850	6.55%	44.96%	A	3	6	10	180	
5	10006	Fondos de Tolva	2,560	-	-	1	2,560	0.167	0	0	0.00%	44.96%	A	3	10	10	300	
6	10016	Brazo mezclador	1,880	1	-	1	1,880	0.667	1	1,880	4.32%	49.28%	A	6	10	6	360	
7	10003	Planchas de Alisamiento	1,650	-	2	-	-	0.667	1	1,650	3.79%	53.08%	A	3	6	6	108	
8	10014	Hoja mezcladora	1,600	-	1	-	-	0.333	1	1,600	3.68%	56.76%	A	6	6	10	360	
9	20016	Bomba circuladora	1,600	1	-	-	-	0.500	1	1,600	3.68%	60.43%	A	3	3	10	90	
10	20022	Bomba de agua	1,200	-	1	-	-	0.333	1	1,200	2.76%	63.19%	B	6	3	10	180	
11	10007	Pistones	800	2	2	-	-	1.667	1	800	1.84%	65.03%	B	6	6	10	360	
12	10002	Engranajes con Tratamiento Térmico	780	-	1	-	-	0.333	1	780	1.79%	66.83%	B	3	6	6	108	
13	10005	Conjuntos de Ensanche	765	1	1	1	765	1.000	1	765	1.76%	68.59%	B	3	6	10	180	
14	10004	Solenoides del arrancador	680	1	-	1	680	0.667	1	680	1.56%	70.15%	B	3	6	10	180	
15	20010	Sistemas de encendido	650	1	-	-	-	0.500	1	650	1.49%	71.65%	B	3	3	10	90	
16	10017	Placa desgastable	620	1	1	-	-	0.833	1	620	1.43%	73.07%	B	10	6	10	600	
17	20029	Queimador flame C--G-25	600	-	1	1	600	0.500	1	600	1.38%	74.45%	B	3	3	10	90	
18	20007	Intercambiadores de calor	500	-	1	-	-	0.333	1	500	1.15%	75.60%	B	3	3	10	90	
19	10012	Cuña desgastable	450	1	1	1	450	1.000	1	450	1.03%	76.64%	B	6	6	10	360	
20	20028	Tren de gas	350	-	-	1	350	0.167	0	0	0.00%	76.64%	B	3	3	10	90	
21	20008	Flujostato	320	1	-	-	-	0.500	1	320	0.74%	77.37%	B	3	3	3	27	
22	20015	Bobina válvula de gas sit	300	-	-	1	300	0.167	0	0	0.00%	77.37%	B	3	3	10	90	
23	20004	Placas electrónicas	260	1	1	-	-	0.833	1	260	0.60%	77.97%	B	3	3	10	90	
24	20001	Vasos de expansión	250	1	-	-	-	0.500	1	250	0.57%	78.54%	B	6	3	10	180	
25	20014	Presostato de humo	225	-	-	1	225	0.167	0	0	0.00%	78.54%	B	3	3	10	90	
26	10018	Rodajes eje principal	220	2	2	2	440	2.000	2	440	1.01%	79.56%	B	10	6	3	180	
27	20013	Forzador de extracción de gases	210	-	-	1	210	0.167	0	0	0.00%	79.56%	B	3	3	10	90	
28	20021	Llave de llenado	200	-	-	1	200	0.167	0	0	0.00%	79.56%	B	6	3	6	108	
29	20030	Electrodo de nivel Warrick	190	1	1	1	190	1.000	1	190	0.44%	79.99%	C	3	3	10	90	
30	10011	Rodamientos Autocentranes y Soportes	185	2	2	2	370	2.000	2	370	0.85%	80.84%	C	6	6	6	216	
31	10015	Espaciador de hierro fundido	185	1	1	-	-	0.833	1	185	0.43%	81.27%	C	6	6	10	360	
32	20002	Válvulas de gas	185	-	1	-	-	0.333	1	185	0.43%	81.69%	C	6	3	10	180	
33	20009	Sensor de llama	185	1	-	-	-	0.500	1	185	0.43%	82.12%	C	3	3	10	90	
34	20012	Válvulas de llenado	185	-	-	1	185	0.167	0	0	0.00%	82.12%	C	3	3	10	90	
35	20018	Diafragma	185	1	1	1	185	1.000	1	185	0.43%	82.55%	C	3	3	10	90	
36	20026	Válvula de purga lenta	185	-	1	1	185	0.500	1	185	0.43%	82.97%	C	6	3	10	180	
37	10013	Anillo desgastable de hierro fundido	160	1	1	-	-	0.833	1	160	0.37%	83.34%	C	10	6	10	600	
38	20020	Flujostato	160	1	-	-	-	0.500	1	160	0.37%	83.71%	C	3	3	10	90	
39	20024	Presostato high limit	150	1	-	1	150	0.667	1	150	0.34%	84.05%	C	3	3	10	90	
40	20025	Presostato oeratin control	150	1	-	1	150	0.667	1	150	0.34%	84.40%	C	3	3	10	90	
41	20017	Kit de conexiones	145	1	1	1	145	1.000	1	145	0.33%	84.73%	C	10	3	3	90	
42	10019	Acéite 20W50	120	36	36	42	5,040	37.000	37	4,440	10.21%	94.94%	C	10	3	3	90	
43	20005	Empaque de entrada de hombre	110	1	-	-	-	0.500	1	110	0.25%	95.19%	C	3	3	3	27	
44	10020	Grasa Vistony Lithium	95	18	20	24	2,280	19.667	19	1,805	4.15%	99.34%	C	10	3	3	90	
45	20006	Empaque entrada de mano	80	1	-	-	-	0.500	1	80	0.18%	99.53%	C	3	3	3	27	
46	20019	Sonda	60	1	-	1	60	0.667	1	60	0.14%	99.67%	C	3	3	10	90	
47	20023	Vaso de expansion	60	-	1	-	-	0.333	1	60	0.14%	99.80%	C	3	3	10	90	
48	20011	Mirilla visor pyrex	45	-	-	1	45	0.167	0	0	0.00%	99.80%	C	3	3	3	27	
49	20027	Electrodo de ignición	45	-	1	1	45	0.500	1	45	0.10%	99.91%	C	3	3	6	54	
50	20003	Tubo visor de vidrio	40	1	1	1	40	1.000	1	40	0.09%	100.00%	C	6	3	10	180	

La clasificación ABC, fue hecha en mérito al costo del repuesto. Los más costosos, están en “A” y deberán tener un estricto control de inventario y de seguridad en el almacén. Además, es recomendable tener más proveedores del mismo, para poder negociar el precio.

Los repuestos en “B”, tendrán un control más distanciado, pero estando pendientes, pues podría variar su status.

Respecto a la criticidad, aquellos repuestos remarcados en color rojo, son considerados muy críticos y nunca deberían faltar en el inventario, pues son vitales para el funcionamiento de la planta.

Con el transcurso de la vida útil de la máquina, el consumo de repuestos podría ir incrementándose y con ello, variando la criticidad. Por ello, este análisis debe hacerse, no menos de dos veces durante el año.

Evaluación económico-financiera

Inversión propuesta

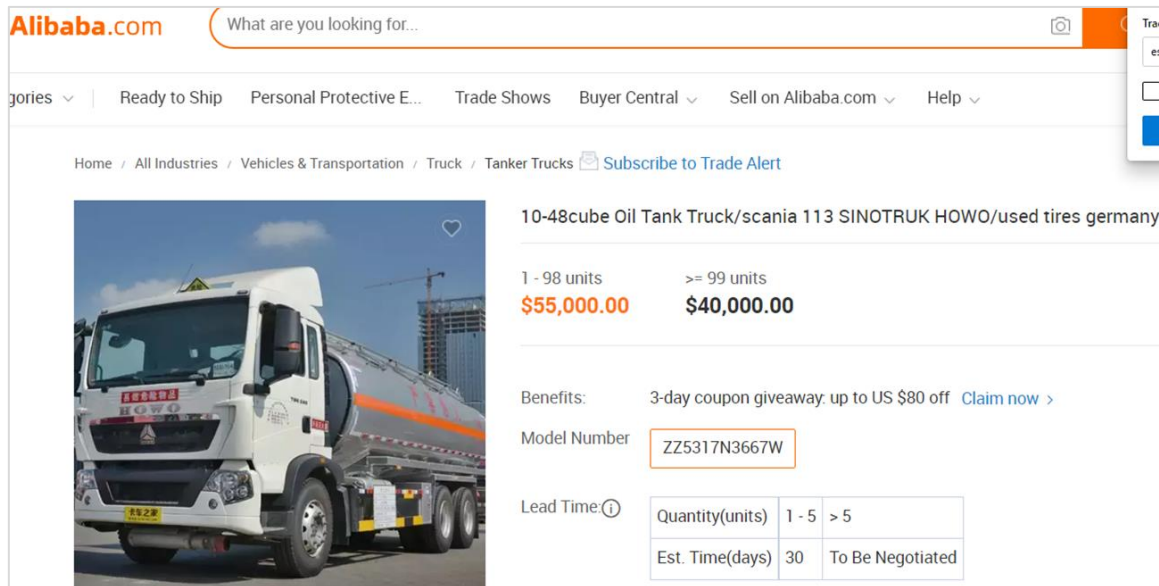


Figura 20. Cisterna para transportar pen

Fuente. alibaba.com

Tabla 25.
Cotización de la cisterna

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Cisterna	2	55,000	110,000	440,000
Flete	30.0%			132,000
Seguro	3.0%			13,200
Base imponible				585,200
Ad valorem	4.0%			23,408
Agente adua	1.5%			8,778
IGV	18.0%			105,336
Total				722,722
Flete local				2,000
Total				S/ 724,722

Fuente. alibaba.com



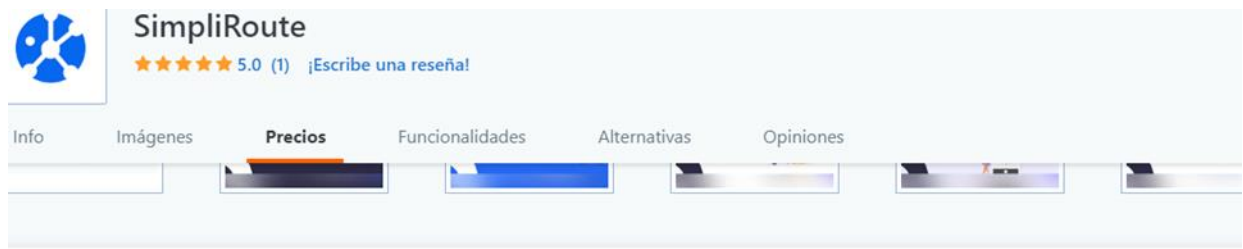
Figura 21. Caldero

Fuente. alibaba.com

Tabla 26.
Cotización de caldero

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Caldero	1	100,000	100,000	400,000
Flete	30.0%			120,000
Seguro	3.0%			12,000
Base imponible				532,000
Ad valorem	4.0%			21,280
Agente adua	1.5%			7,980
IGV	18.0%			95,760
Total				657,020
Flete local				2,000
Total				S/ 659,020

Fuente. alibaba.com



Comparar el precio de SimpliRoute con productos similares

SimpliRoute	Elite EXTRA	Dispatch Science	FleetMaster
★ 5.0 (1)	★ 4.8 (15)	★ 5.0 (3)	★ 5.0 (6)
N/D	N/D	USD 650.00/mes	USD 35.00/mes
✕ Versión gratuita	✕ Versión gratuita	✕ Versión gratuita	✕ Versión gratuita
✓ Prueba gratis	✕ Prueba gratis	✕ Prueba gratis	✕ Prueba gratis
VER PERFIL	VISITAR LA WEB	VER PERFIL	VER PERFIL

Figura 22. Software SimpliRoute

Fuente. SimpliRoute

Costo : US/650 por mes
S/31,200 por año

El software SimpliRoute :

- Optimiza rutas de entrega.
- Diseña y planifica la ruta más eficiente para asignarlas a tus conductores.
- Incorpora límites de carga por vehículo, horarios y restricciones territoriales.
- Diseño inteligente de rutas
- Crea planes de entrega eficientes
- Genera rutas con múltiples paradas
- Ubicación de flota de conductores de logística
- Monitorea tus visitas en tiempo real
- Revisa en vivo la ubicación de tus vehículos y conductores, sus paradas y si van a tiempo con las entregas.
- Sigue el recorrido de tus vehículos y sus paradas

- Visualiza en el mapa tus entregas o visitas fallidas
- Comunícate con tus conductores en caso de contingencias

Software Odoo

Odoo (conocido anteriormente como OpenERP y anteriormente como TinyERP) es un software de ERP integrado. Cuenta con una versión "comunitaria" de código abierto bajo licencia LGPLv3 y una versión empresarial bajo licencia comercial que complementa la edición comunitaria con características y servicios comerciales y desarrollada por la empresa belga Odoo S.A. El fabricante declara su producto como una alternativa de código abierto a SAP ERP y Microsoft Dynamics. La compañía tiene sucursales en varias partes del mundo. Odoo es un software empresarial todo en uno que incluye CRM, sitio web y comercio electrónico, facturación, contabilidad, fabricación, gestión de almacenes y proyectos, e inventario entre otros.

Costo plan Pro: US\$18,750

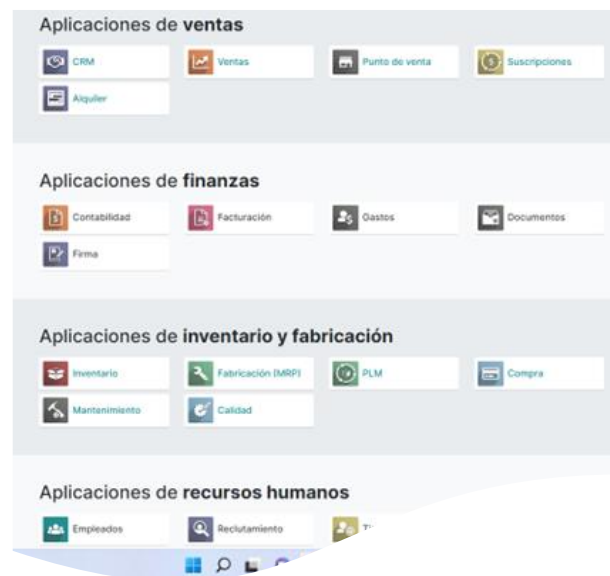


Figura 23. Aplicaciones Odoo

Costo movimiento de la planta de Chachapoyas a Lamas

Los componentes de la planta de asfalto móvil están montados en el chasis del remolque móvil para facilitar el movimiento.

El traslado implica los siguientes costos

Tabla 27.
Costo de mover la planta de Chachapoyas a Lamas

Alquiler trailer	5,000
Desmontaje	15,000
Montaje	25,000
Lucro cesante (7 días)	52,210
Otros	2,790
	<hr/>
	S/ 100,000

Flujo de caja proyectado

Tabla 28.
Flujo de caja

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
FLUJO DE CAJA DE LA PROPUESTA DE LA MEJORA DE LA PLANTA DE ASFALTO													
Inversión													
Cisterna (2)	-	724,722											
Caldero	-	659,020											
Software erp Odoo	-	75,000											
Sistema geolocalización Dispatch Science	-	31,200											
Traslado de la planta de Chachapoyas a Lamas	-	100,000											
Total inversión	-	1,589,942											
Ingresos													
Reducción del costo de flete por menos recorrido del transporte	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	251,540	3,018,479
Reducción de penalidades por mayor disponibilidad de equipos	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	31,500
Reducción de compras reactivas por mejor gestión de stocks	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285	3,423
Balance de flujo de producción	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	2,234	26,810
Total ingresos	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	3,080,212
Total ingresos actualizados	256,684	253,712	250,774	247,871	245,000	242,163	239,359	236,588	233,848	231,140	228,464	225,818	2,662,919
Egresos													
Capacitación en gestión logística	-	5,000	-	5,000									10,000
Total egresos	-	5,000	-	5,000									10,000
Total egresos actualizados	-	4,942	-	4,885									9,827
Saldo antes de impuestos	251,684	251,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	256,684	3,090,212
Impuesto a la renta	65,438	65,438	66,738	66,738	66,738	66,738	66,738	66,738	66,738	66,738	66,738	66,738	927,064
Saldo después de impuestos	186,246	186,246	189,946	189,946	189,946	189,946	189,946	189,946	189,946	189,946	189,946	189,946	2,163,149
Flujo actualizado	-	1,589,942	184,090	181,958	183,424	181,300	179,201	177,126	175,075	173,048	171,044	169,063	165,171
TMAR													15.00% anual 1.17% mensual
YAN													517,663
TIR													71.42%
B/C													1.66
Tiempo de retorno (años)													0.516
Tiempo de retorno (meses)													6

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

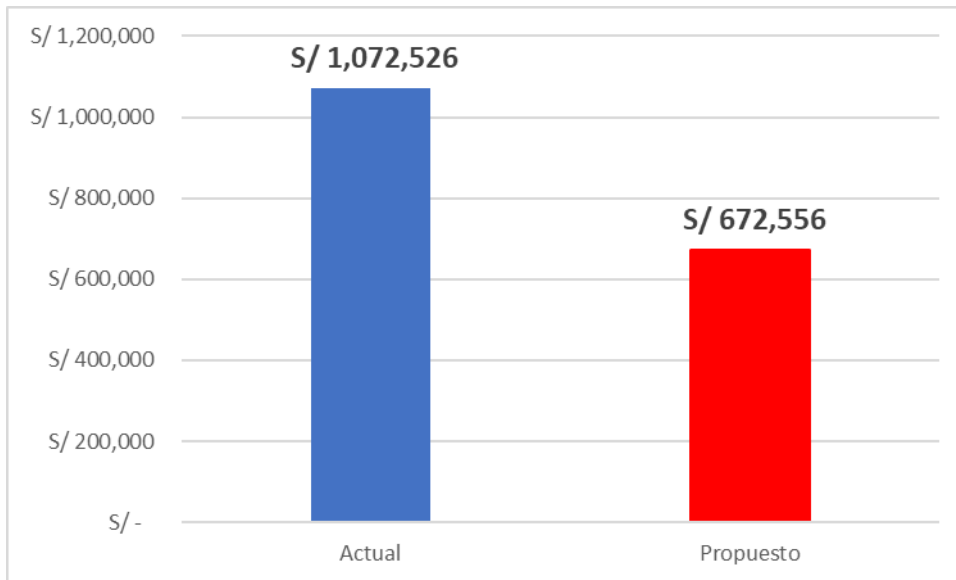


Figura 24. Reducción del costo de fletes por mejor ubicación de la planta

La reubicación de la planta, de Chachapoyas a Lamas, reduce el costo de flete de, S/1'072,526 a S/672,556

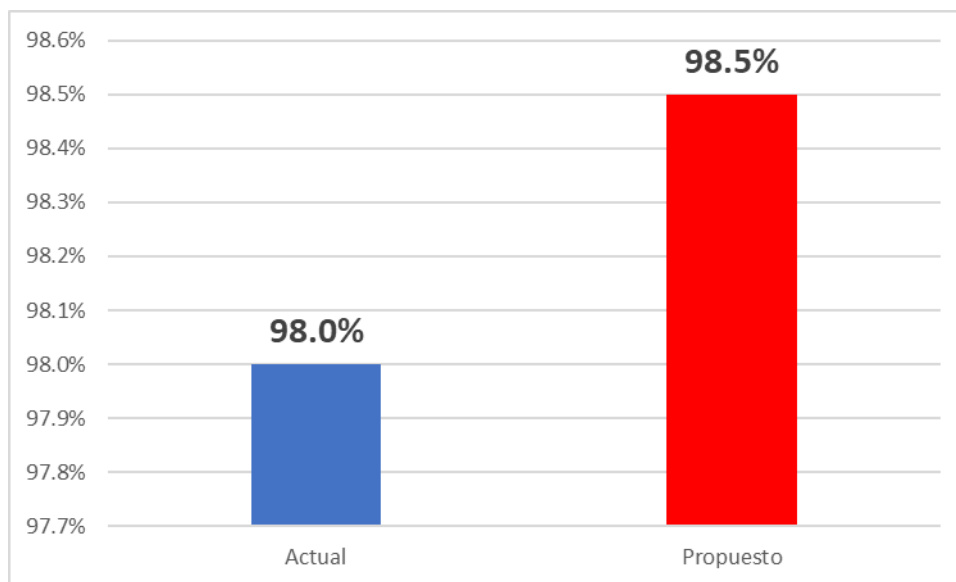


Figura 25. Incremento de la Disponibilidad mecánica

Con el plan de mantenimiento preventivo mejorara la Disponibilidad, muy buena actual, de 98% a 98.5%

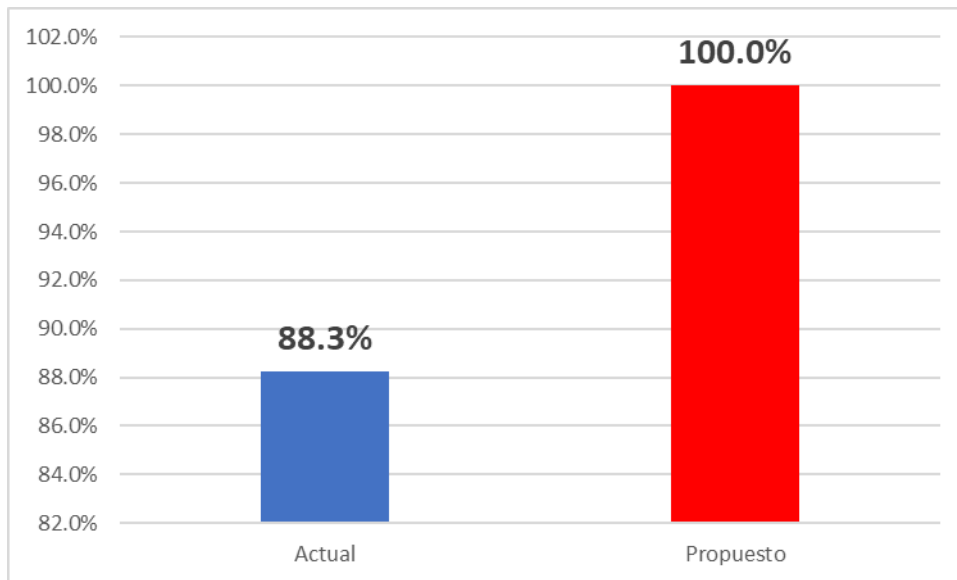


Figura 26. Eficiencia del balance de línea

Con el balance de línea, su eficiencia, calculada como el cociente entre la capacidad de las máquinas requeridas entre la disponible, se incrementa de 88% a 100%

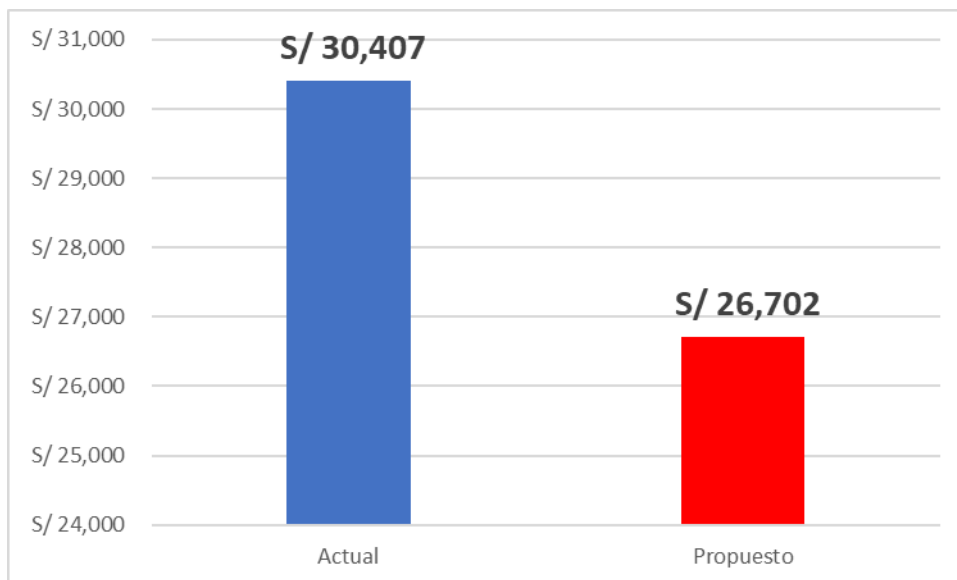


Figura 27. Lucro cesante de la disponibilidad de máquinas

El lucro cesante por la falta de disponibilidad total, considerada como la multiplicación de la disponibilidad mecánica por la eficiencia del balance de línea, se reduce de S/30,407 a S/26,702

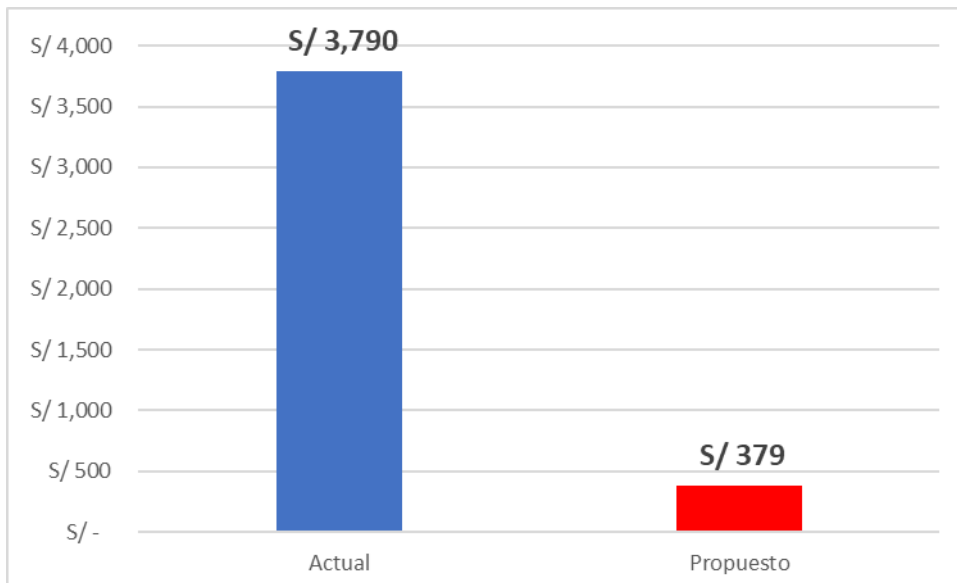


Figura 28. Reducción de sobrecosto de compras reactivas

Con la mejor gestión de repuestos, se reducirá el sobrecosto de las compras reactivas, de S/3790 a S/379

Estado de resultados

Tabla 29.
Estado de resultados

	Actual		Propuesta	
Venta asfalto	S/	16,190,013	S/	18,436,670
Beneficio mejor ubicación de la planta			S/	3,018,479
Beneficio de la reducción de compras reactivas			S/	3,411
Costo del asfalto	-S/	11,482,781	-S/	13,076,224
Utilidad bruta	S/	4,707,232	S/	8,382,336
Depreciación	S/	-	S/	158,994
Utilidad operativa	S/	4,707,232	S/	8,541,330
Gastos financieros	S/	-	S/	238,491
Utilidad antes de participación e impuestos	S/	4,707,232	S/	8,779,822
Impuesto a la renta	S/	1,412,170	-S/	2,633,946
Utilidad neta	S/	3,295,063	S/	6,145,875
Reserva (10%)	-S/	329,506	-S/	614,588
Resultado del ejercicio	S/	3,624,569	S/	5,531,288
Rentabilidad sobre ventas		22.4%		30.0%
				34.01%

Fuente. Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De manera similar a lo comentado por Villanueva en su tesis, respecto a que las causas raíz que impactaron en la rentabilidad de su empresa fueron la falta mantenimiento preventivo; puntos de destino muy dispersos; falta cálculo económico de compras; deficiente gestión de stock; falta de compromiso de proveedores y falta buenas condiciones laborales, en la presente tesis, se determinó que la rentabilidad de la planta de asfalto, fue impactada por la inapropiada ubicación de la planta, que motivó largos y costosos desplazamientos de los volquetes y cisternas; el deficiente mantenimiento preventivo, que afectó la disponibilidad de los equipos; la línea de producción, deficientemente balanceada, que motivó paradas intermitentes por falta de volquetes o de disponibilidad de vapor del caldero y, finalmente, la falta de previsión en la gestión de repuestos, que motivó roturas de stock y paradas.

Existe coincidencias con lo manifestado por Gómez en su tesis, que, teniendo definido un plan de mantenimiento preventivo y velando su cumplimiento, se reducirán las paradas y por ende las pérdidas. Continúa sosteniendo que, esto deberá ir acompañado de un apropiado control de las existencias de repuestos. De esta forma, se podrá mantener bajo control los costos por mantenimientos correctivos, mejorará el rendimiento de los procesos operativos y podrá entregar a tiempo los pedidos de los clientes lo que le generará utilidades y, se añadiría, que prestigio, que redundará en nuevos requerimientos de sus servicios.

Orihuela, Angulo y Jiménez, manifiestan que, los pasos que dieron para balancear la línea de producción, empezaron con el diagrama de flujo, el diagrama de operaciones y análisis del proceso para conocer el recorrido de cada estación y con el estudio de tiempos obtener los registros de cada actividad del personal. Ello permitió conocer los puntos donde se generan los tiempos muertos. La propuesta de estos autores, redujo los tiempos muertos de 66 %, que es altísimo a 34%, que sigue siendo deficiente. En la presente tesis, permite que la eficiencia del balance de línea suba de 88% a, teóricamente, 100%.

En la misma línea de pensamiento de Cárdenas, Bocanegra y Moreno, en la presente tesis, realizada en una planta procesadora de asfalto, ubicada en la Amazonía peruana, se consideró que también era importante una mejora al plan de mantenimiento, sustentado con el análisis modal de fallas y errores, AMEF, en el que se analicen las fallas más críticas de los elementos y sistemas, que actualmente presentan problemas funcionales, que generan

intermitencia en el servicio y recurrencia en mantenimientos correctivos que incremento los costos y afectan el índice de insatisfacción en los clientes.

Cueva y Medina, en su diseño de un sistema de gestión de almacén e inventarios para reducir los costos operativos en el área del almacén, mencionan que, la empresa en la que desarrollaron su tesis, mostraba descontrol en los saldos de inventario y que, clasificándolos con el método ABC por costos, según su rotación y según su tiempo de espera, pudo conseguirse que su propuesta tenga un VAN de S/. 515 ,474.99 y una TIR 55%, con una tasa mínima aceptable de 10%. En la presente tesis, mejorándose el nivel de abastecimiento, que es sensible, pues por la naturaleza de la operación, que implica abastecimiento just in time y, largos lead times, tanto para la recepción del pen procedente de la refinería de Conchán, como el del acondicionamiento para fluidizarlo con el uso de vapor del caldero, se consigue un VAN de S/ S/507,270y una TIR de 71%

4.2. Conclusiones

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística incrementa la rentabilidad de la planta procesadora de asfalto en la ciudad de Trujillo.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de producción, mantenimiento y logística que afectan negativamente la rentabilidad de la planta procesadora de asfalto en la ciudad de Trujillo. Estas son: Deficiente ubicación de la procesadora de asfalto, deficiente plan de mantenimiento, deficiente balance de línea y deficiente gestión de repuestos.
- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para incrementar la rentabilidad de la planta procesadora de asfalto, como como método de weber, capacitación, plan de mantenimiento preventivo, AMFE, criticidad, balance de línea, lead time y ABC, obteniendo un beneficio total de S/3,025,596 al aplicar la propuesta de mejora.
- La propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística en la planta procesadora de asfalto es viable económicamente. Esto se demuestra con un VAN de S/507,270. Además, la Tasa Interna de Retorno es 71.42% y el Beneficio/Costo de 1.66, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.66. El retorno de la inversión será en 6 meses.

REFERENCIAS

- Arévalo, L. y Ramírez, S. (2018). *Mejora de la disposición del área de envasado de la empresa Messer Gases del Perú sede Callao* (Tesis de Postgrado). Universidad de Lima, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/8098>
- Briceño, A. (2022). *Historia de los pavimentos*. Recuperado de <https://www.timetoast.com/timelines/historia-de-los-pavimentos-bd4eeec-d883-48e1-af13-87f79b00fe29>
- Cárdenas, R., Bocanegra, A. y Moreno, S. (2019). *Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público* (Tesis de Grado). Universidad ECCI, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1953/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cherres, J. (2010). Un caso de aplicación del sistema ABC en una empresa peruana: Frenosa. *Contabilidad y Negocios: Revista del Departamento Académico de Ciencias Administrativas*, 5(10), 29-43.
- Cueva, A. y Medina, K. (2019). *Diseño de un sistema de gestión de almacén e inventario para reducir los costos operativos en el área de almacén de la empresa CCA-Perú SAC Cajamarca 2018* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14943>
- Domenech, J. (2010). Diagrama de Pareto.
- El Comercio (2021). *MTC: 264 kilómetros de carreteras pavimentadas y 110 puentes construidos durante el 2020*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/mtc-264-kilometros-de-carreteras-pavimentadas-y-110-puentes-construidos-durante-el-2020-npp-noticia/>
- Fucci, T. (1999). *El gráfico ABC como técnica de gestión de inventarios*. Recuperado de <http://www.ope20156.unlu.edu.ar/pdf/abc.pdf>
- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw-Hill.
- Gómez, M. (2019). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el taller de metalmecánica de la empresa ensamblajes S.A.* (Tesis de Grado).

- Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41226/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20DE%20MICHEL%20ANGELO%20GARCIA%20MEZ%20PAZMI%20C3%91O.pdf>
- INEI (2021). *Indicadores Económicos*. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-quincenal-08_2.pdf
- Maldonado, Y. (2021). *Asfalto: Tipos, Propiedades, Componentes y usos*. Recuperado de <https://geologiaweb.com/materiales/asfalto/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2021). *MTC ejecutó 264 kilómetros de carreteras nacionales en el 2020*. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/323984-mtc-ejecuto-264-kilometros-de-carreteras-nacionales-en-el-2020>
- Orihuela, S., Angulo, J. y Jimenez, J. (2020). *Aplicación del balance de línea para incrementar la productividad de la línea de producción de espárrago verde en La Asociación Agrícola Compositan Alto – La Libertad 2020* (Tesis de Grado). Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://repositorio.uct.edu.pe/handle/123456789/838>
- Peinado, J. y Reis, A. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)* Centro universitario positivo. Curitiba- Brazil 2007.
- Pérez, A., Rodríguez, A., & Molina, M. (2002). Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 31(112), 395-429.
- Petroperú (2022). *Características del asfalto*. Recuperado de <https://asfaltos.petroperu.com.pe/caracteristicas.php>
- Roberto, M. (2021). *Tendencias globales en el mercado del asfalto y sus implicancias en Argentina*. Recuperado de <http://cpasfalto.com.ar/xxxix-reuniondelasfalto-trabajos/65%20-%20JAIR.pdf>
- Universidad Privada Telesup (2017). *Balanceo de Línea y Control de Producción*. Recuperado de <https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de->

ANEXOS

Anexo 1.

Costo imprimante asfáltico

Materiales	Unidad	Costo unitario	Cantidad/ M ³	Costo
Asfalto Pen 60/70	M3	3790.000	0.040	151.600
Arena zarandeada de ½"	M3	13.500	0.700	9.450
Cemento (filler)	M3	0.700	0.001	0.001
			0.741	161.051
Transporte				
Transporte del PEN	S/	206.452	0.040	8.258
Transporte agregados	S/	25.806	0.700	18.065
Transporte otros insumos	S/	20.000	0.001	0.023
				26.345
Mano de obra directa	H-H	7.833	0.042	0.331
TOTAL COSTOS DIRECTOS				187.727
COSTOS INDIRECTOS	H-H	26.250	0.042	1.108
Gratificaciones				4.976
Vacaciones				2.488
Essalud				0.221
Mantenimiento				6.008
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	<i>40000.000 M3/Año referencial</i>			14.801
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN M3				202.528

Anexo 2.
Costo Petroperú



LISTA DE PRECIOS DE ASFALTOS

LISTA N°:	ASFA-14-2021
VIGENTE DESDE:	10-Dic-21

PRECIOS EX - PLANTA TALARA

Despachos	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 40/50 AL 120/150 (*) Código: 63, 64, 65, 66 y 67		Asfalto Líquido de Pavimentación RC-70 Código: 59		Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60	
	10.47	Soles/Galón + IGTV	10.20	Soles/Galón + IGTV	10.20	Soles/Galón + IGTV
Carros Cisterna						
Cilindro (55 galones)	10.52	Soles/Galón + IGTV	10.25	Soles/Galón + IGTV	10.25	Soles/Galón + IGTV

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-30 Código: 57		Asfalto Líquido de Pavimentación MC-70 Código: 58	
	10.76	Soles/Galón + IGTV	10.72	Soles/Galón + IGTV
Carros Cisterna				
Cilindro (55 galones)	10.81	Soles/Galón + IGTV	10.77	Soles/Galón + IGTV

PRECIOS EX - PLANTA CONCHAN

Despachos	Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 10/20 Código: 61		Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 20/30 Código: 62		Cemento Asfáltico - Sólido de Pavimentación PEN 40/50 AL 120/150 (*) Código: 63, 64, 65, 66 y 67	
	10.76	Soles/Galón + IGTV	10.76	Soles/Galón + IGTV	10.47	Soles/Galón + IGTV
Carros Cisterna						
Cilindro (55 galones)	10.82	Soles/Galón + IGTV	10.82	Soles/Galón + IGTV	10.52	Soles/Galón + IGTV

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-70 Código: 59		Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60		Asfalto Líquido de Pavimentación MC-30 Código: 57	
	10.20	Soles/Galón + IGTV	10.20	Soles/Galón + IGTV	10.76	Soles/Galón + IGTV
Carros Cisterna						
Cilindro (55 galones)	10.25	Soles/Galón + IGTV	10.25	Soles/Galón + IGTV	10.81	Soles/Galón + IGTV

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación MC-70 Código: 58	
	10.72	Soles/Galón + IGTV
Carros Cisterna		
Cilindro (55 galones)	10.77	Soles/Galón + IGTV

PRECIOS EX - PLANTA MOLLENDO

Despachos	Asfalto Líquido de Pavimentación RC-250 Código: 60	
	10.29	Soles/Galón + IGTV
Carros Cisterna		
Cilindro (55 galones)	10.34	Soles/Galón + IGTV

EFFECTO FACTOR TERMICO
(Consultar con representantes de Ventas)

(*) Sólo está disponible en Terminal Conchán.

ANULA LISTA: ASFA-13-2021
DE FECHA: 21.10.2021

Anexo 3.
Costo del Asfalto

COSTO MEZCLA ASFÁLTICA

Materiales	Unidad	Costo unitario	Cantidad/ M³	Costo
Asfalto Pen 60/70	M ³	3790.000	0.060	227.400
Gravilla de ½"	M ³	28.000	0.343	9.604
Arena cernida de ½"	M ³	13.500	0.290	3.915
Arena chancada de ½"	M ³	14.500	0.290	4.205
Cemento Portland	M ³	0.700	0.361	0.253
			0.984	245.377
Transporte				
Transporte del PEN	S/	206.452	0.060	12.387
Transporte agregados	S/	25.806	0.923	23.819
Transporte otros insumos	S/	20.000	0.290	5.800
				42.006
Mano de obra directa	H-H	7.833	0.042	0.331
TOTAL COSTOS DIRECTOS				287.714
Costos indirectos	H-H	26.250	0.042	1.108
Gratificaciones				4.976
Vacaciones				2.488
Essalud				0.221
Mantenimiento				6.134
Electricidad				23.125
TOTAL				38.053
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		<i>40000.000 M3/Año referencial</i>		
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN M³				325.767
Margen			0.195	63.480
Valor venta				389.246
IGV			0.180	70.064
Precio de venta				459.311

Anexo 4.
Planillas

Planilla Mano de obra directa	Cantidad	Costo/ HH	Total
Operarios	10.000	7.000	70.000
Mecánicos	2.000	12.000	24.000
Total	12.000		94.000
Costo HH ponderado			7.833

Planilla Mano de obra indirecta			
Jefe de planta	1.000	25.000	25.000
Jefe de calidad	1.000	25.000	25.000
Jefe logística	1.000	25.000	25.000
Supervisor	2.000	15.000	30.000
Total	5.000		
Costo HH ponderado			26.250
Total planilla			34.083

Anexo 5.
Costo Transporte en volquete

Volquete

Costos variables

Combustible	22%	0.86	12 km/galon
Llantas	10%	0.39	
Lubricantes	2%	0.06	
Filtros	1%	0.04	
Mantenimiento	12%	0.47	
Lavado & engrase	2%	0.08	
Imprevistos	3%	0.12	
Total variable	52%	S/ 2.00	

Costos fijos

Remuneraciones y prestaciones	10%	0.39	
Seguros	6%	0.23	
Depreciación	6%	0.23	
Financiamiento	6%	0.23	
Recuperación del capital	5%	0.19	
Pago leasing	15%	0.58	
Total fijo	48%	1.87	

Costo total/Kilómetro	100%	S/ 3.87	
Margen	21%	S/ 0.81	
		S/ 4.68	
Retorno vacío	55%	S/ 2.58	
Valor venta ida & vuelta		S/ 7.26	

Anexo 6.
Costo del transporte en cisterna

Cisterna

Costos variables

Combustible	22%	1.03	(10 Km/galón)
Llantas	10%	0.47	
Lubricantes	2%	0.07	
Filtros	1%	0.05	
Mantenimiento	12%	0.56	
Lavado & engrase	2%	0.09	
Imprevistos	3%	0.14	
Total variable	52%	S/ 2.40	

Costos fijos

Remuneraciones y prestaciones	10%	0.47	
Seguros	6%	0.28	
Depreciación	6%	0.28	
Financiamiento	6%	0.28	
Recuperación del capital	5%	0.23	
Pago leasing	15%	0.70	
Total fijo	48%	2.24	

Costo total/Kilómetro	100%	S/ 4.64	
Retorno vacío	55%	S/ 2.55	
		S/ 7.20	

Anexo 7.

Cronograma de capacitación colaboradores actividades de mejora.

CAPACITACIÓN PARA EL MOVIMIENTO DE LA PLANTA Y MEJORA DE SU OPERATIVIDAD

Programa de mantenimiento para planta de asfalto

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Marco teórico				
Mezcla asfáltica	●			
Agregados	●			
Trituración	●			
Métodos de fabricación	●			
En frío	●			
En caliente	●			
Proceso	●			
Alimentación		●		
Secador		●		
Colectores de polvo		●		
Silos		●		
Equipo		●		
Dosificador		●		
Mezcladora		●		
Tambor de secado		●		
Sistema de control		●		
Transportador		●		
Tambor secador-mezclador		●		
Sistema de control		●		
Transportador escalonado y silo de almacenamiento		●		
Operación			●	
Puesta en marcha de la planta			●	
Selección de la planta			●	
Ubicación de la planta			●	
Posicionamiento de la planta			●	
Montaje de la planta			●	
Instalación del caldero			●	
Tanques de combustible			●	
Caseta de control			●	
Aspectos legales y ambientales				●