

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería Industrial



**PROPUESTA DE MEJORA DE LA
EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS
BASADO EN LA APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING
Y GESTIÓN DE PROVEEDORES EN UNA
EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN
Y COMERCIALIZACIÓN DE CONCRETO
PREMEZCLADO**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Jose Carlo Aguirre Huaman

Código 20142516

Constanza Sofia Zuñiga Bautista

Código 20142393

Asesor

Paul Angello Daniel Sánchez Soto

Lima – Perú

Setiembre de 2022

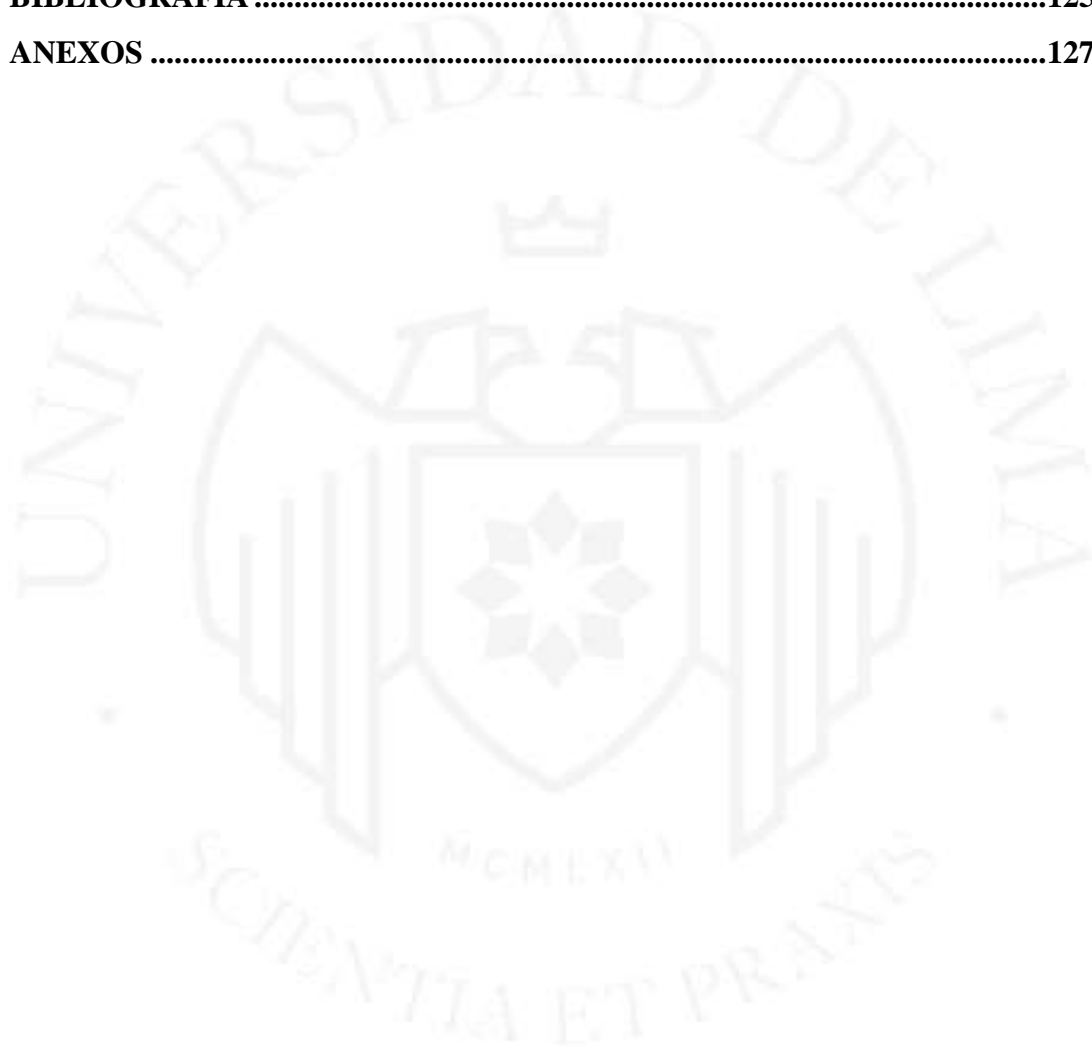
**PROPOSAL TO IMPROVE THE OVERALL
EFFECTIVENESS OF EQUIPMENT BASED
ON THE APPLICATION OF LEAN
MANUFACTURING AND SUPPLIER
MANAGEMENT TOOLS IN A READY-MIX
CONCRETE MANUFACTURING AND
MARKETING COMPANY.**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes de la empresa.....	1
1.1.1. Breve descripción de la empresa y reseña histórica	1
1.1.2. Descripción de los productos ofrecidos.....	1
1.1.3. Descripción del mercado objetivo de la empresa	3
1.1.4. Estrategia general de la empresa	3
1.1.5. Descripción de la problemática actual.....	4
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivos generales.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Alcance y limitaciones de la investigación.....	4
1.3.1 Unidad de análisis.....	4
1.3.2 Población	5
1.3.3 Espacio.....	5
1.3.4 Tiempo.....	5
1.4 Justificación de la investigación	5
1.4.1 Justificación técnica.....	5
1.4.2 Justificación económica.....	6
1.4.3 Justificación social.....	6
1.5 Hipótesis de la investigación	6
1.6 Marco referencial de la investigación.....	7
1.7 Marco conceptual	8
CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO A SER MEJORADO	11
2.1 Análisis Externo de la Empresa.....	11
2.1.1 Análisis del entorno global (PESTEL)	11
2.1.2 Análisis del entorno competitivo (PORTER).....	14
2.1.3 Identificación y evaluación de las oportunidades y amenazas (EFE).....	18

2.2	Análisis Interno de la Empresa	19
2.2.1	Análisis del direccionamiento estratégico: visión, misión y objetivos organizacionales	19
2.2.2	Análisis de la estructura organizacional	20
2.2.3	Identificación y descripción general de los procesos claves	21
2.2.4	Análisis de los indicadores generales de desempeño de los procesos claves	22
2.2.5	Determinación de posibles oportunidades de mejora	23
2.2.6	Identificación y evaluación de las fortalezas y debilidades de la empresa (EFI)	25
2.2.7	Selección del sistema o proceso a mejorar	25
CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO OBJETO DE ESTUDIO		29
3.1	Análisis del proceso objeto de estudio	29
3.1.1	Descripción detallada del proceso objeto de estudio	29
3.1.2	Análisis de los indicadores específicos de desempeño del proceso	33
3.2	Determinación de las causas raíces del problema hallado	35
CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN		42
4.1	Planeamiento de alternativas de solución	42
4.2	Selección de alternativas de solución	42
4.2.1	Determinación y ponderación de criterios de evaluación de las propuestas	42
4.2.2	Evaluación cualitativa y cuantitativa de alternativas de solución	43
CAPÍTULO V: DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES		45
5.1	Ingeniería de la solución	45
5.2	Guía de implementación de la solución	46
5.2.1	Guía de implementación de la herramienta TPM	46
5.2.2	Plan de implementación del VSM	91
5.2.3	Gestión de compras	98
5.2.4	Objetivos y metas	100
5.2.5	Elaboración del presupuesto requerido para la ejecución de la solución ...	101
5.2.6	Actividades y cronograma de implementación de la solución	105
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA DE LA SOLUCIÓN		107
6.1	Evaluación económica	107

6.2	Evaluación financiera	109
6.3	Análisis de sensibilidad	110
6.4	Evaluación del impacto social	115
6.4.1	Indicadores sociales	116
	CONCLUSIONES	118
	RECOMENDACIONES	119
	REFERENCIAS	120
	BIBLIOGRAFÍA	125
	ANEXOS	127

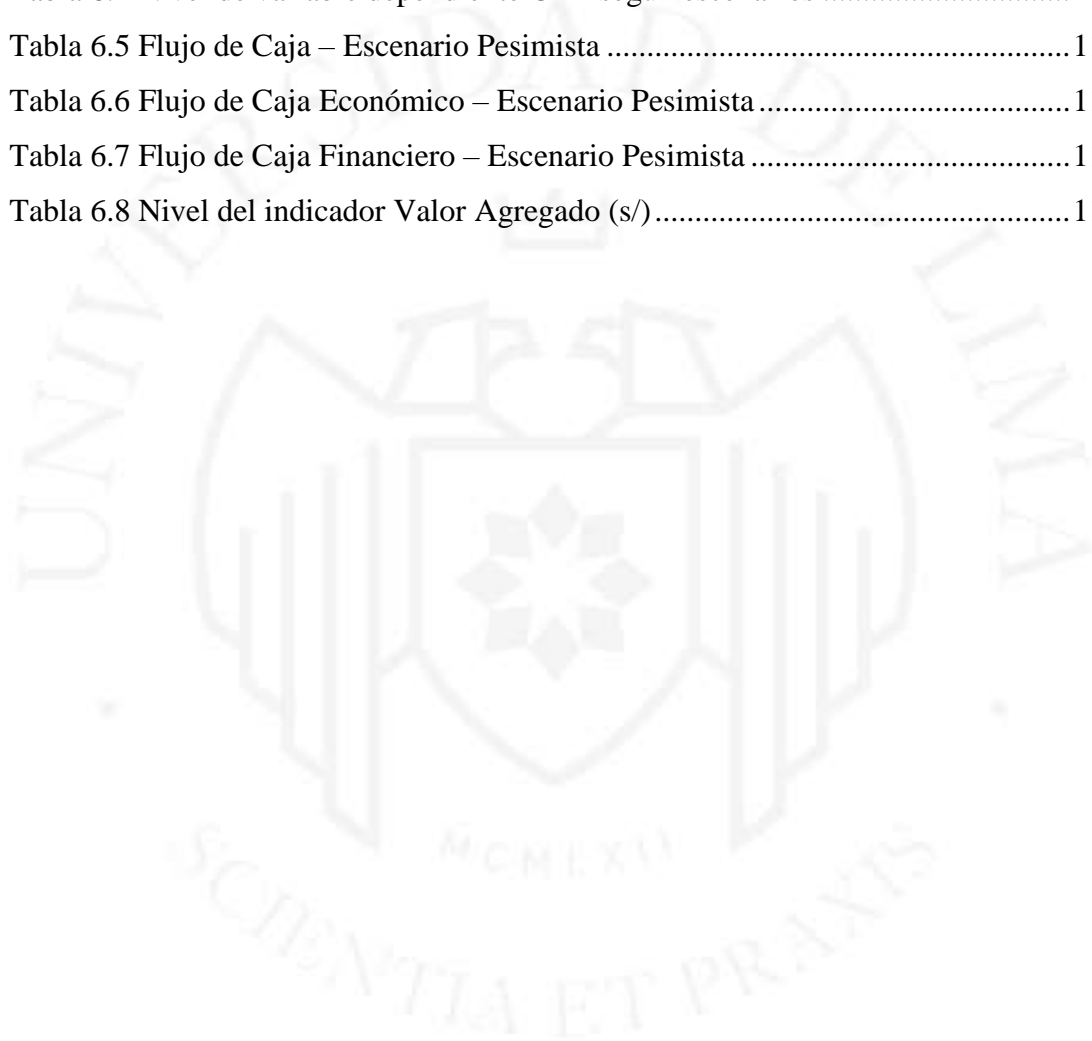


ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Matriz de evaluación de factores externos (EFE)	19
Tabla 2.2 Cuantificación de la disponibilidad de las maquinarias	24
Tabla 2.3 Cuantificación del Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)	24
Tabla 2.4 Cuantificación del tiempo de ciclo de producción de 8 m ³ de producto	24
Tabla 2.5 Matriz de evaluación de factores internos (EFI)	25
Tabla 2.6 Ponderación de Klein	26
Tabla 2.7 Análisis Klein - Gestión gerencial.....	26
Tabla 2.8 Análisis Klein - Producción	26
Tabla 2.9 Análisis Klein – Administrativa y Contable.....	27
Tabla 2.10 Análisis Klein – Logística	27
Tabla 2.11 Análisis Klein - Comercial	27
Tabla 2.12 Análisis Klein - Mantenimiento	27
Tabla 2.13 Ponderación de Desempeños.....	28
Tabla 3.1 Número de incidencias por etapas – Disponibilidad.....	37
Tabla 3.2 Ordenamiento descendente de las causas identificadas - Disponibilidad	37
Tabla 3.3 Número de incidencias por etapas – Rendimiento	40
Tabla 3.4 Ordenamiento descendente de las causas identificadas – Rendimiento.....	40
Tabla 4.1 Tabla de causa y propuestas de solución.....	43
Tabla 4.2 Tabla de Enfrentamiento de propuestas de solución	43
Tabla 4.3 Evaluación cuantitativa de la propuesta de solución 1	44
Tabla 4.4 Evaluación cuantitativa de las propuestas de solución 2 y 3.....	44
Tabla 5.1 Lista de actividades planificadas para la implementación del TPM	47
Tabla 5.2 Estructura propuesta de los equipos para el área de mantenimiento	49
Tabla 5.3 Temas de capacitación.....	49
Tabla 5.4 Costo estimado de capacitación inicial	50
Tabla 5.5 Análisis de la situación actual	51
Tabla 5.6 Calificaciones Cargador frontal.....	52
Tabla 5.7 Calificaciones Tolva receptiva	52
Tabla 5.8 Calificaciones Bomba Volumétrica.....	53
Tabla 5.9 Calificaciones Balanzas Semi-automáticas	53

Tabla 5.10 Calificaciones Camiones Mixer	54
Tabla 5.11 Cálculo de la Disponibilidad del último cuatrimestre del 2019.	55
Tabla 5.12 Cálculo del Rendimiento del último cuatrimestre del 2019.	55
Tabla 5.13 Cálculo de la Calidad del último cuatrimestre del 2019.	55
Tabla 5.14 Cálculo del OEE del último cuatrimestre del 2019.	55
Tabla 5.15 Cálculo del OEE por equipo y máquina	56
Tabla 5.16 Tabla de resumen OEE de máquinas.....	58
Tabla 5.17 Etapas del Pilar de Formación y Adiestramiento	65
Tabla 5.18 Costo estimado de capacitación inicial	65
Tabla 5.19 Cronograma grupos de capacitación	66
Tabla 5.20 Temas a impartir en las capacitaciones	66
Tabla 5.21 Plan de mantenimiento Camión Mixer.....	79
Tabla 5.22 Insumos a utilizar Camión Mixer	80
Tabla 5.23 Plan de mantenimiento Cargador frontal.....	81
Tabla 5.24 Insumos a utilizar Cargador Frontal	82
Tabla 5.25 Plan de Mantenimiento Faja Transportadora Alimentadora	84
Tabla 5.26 Insumos a utilizar Faja Alimentadora	85
Tabla 5.27 Etapas implementación del Mantenimiento Planificado Bomba Volumétrica	86
Tabla 5.28 Plan de Mantenimiento Bomba volumétrica	86
Tabla 5.29 Insumos a utilizar Bomba Volumétrica.....	87
Tabla 5.30 Ficha de indicador de Disponibilidad de equipos	88
Tabla 5.31 Ficha de indicador de Tiempo de ciclo de equipos	89
Tabla 5.32 Ficha de indicador de Índice de productividad de equipos	90
Tabla 5.33 Ficha de indicador de Efectividad Global de los equipos	90
Tabla 5.34 Comparación de indicadores de simulación	97
Tabla 5.35 Tareas de Aseguramiento	98
Tabla 5.36 Disponibilidad Mejorada	100
Tabla 5.37 Rendimiento Mejorada	100
Tabla 5.38 Calidad Mejorada	101
Tabla 5.39 Cuadro Resumen	101
Tabla 5.40 Presupuesto para la implementación del TPM.....	102
Tabla 5.41 Presupuesto para la implementación del Control de Producción Automatizado	102

Tabla 5.42 Cálculo de depreciación de equipos para el Control de Producción Automatizado	103
Tabla 5.43 Presupuesto para el mejoramiento del Área de Compras.....	103
Tabla 5.44 Cálculo de depreciación de equipos para el Área de Compras	104
Tabla 6.1 Flujo de Caja	107
Tabla 6.2 Flujo de caja Económico y cálculo del Costo de oportunidad del capital..	108
Tabla 6.3 Flujo de caja Financiero del proyecto	109
Tabla 6.4 Nivel de variable dependiente OEE según escenarios	111
Tabla 6.5 Flujo de Caja – Escenario Pesimista	113
Tabla 6.6 Flujo de Caja Económico – Escenario Pesimista.....	114
Tabla 6.7 Flujo de Caja Financiero – Escenario Pesimista	115
Tabla 6.8 Nivel del indicador Valor Agregado (s/)	116



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Especificaciones del tipo de concreto convencional.....	2
Figura 1.2 Especificaciones del tipo de concreto convencional.....	3
Figura 2.1 Evolución del PBI Nacional vs. el PBI Construcción 2018-2019	12
Figura 2.2 Organigrama Corporativo	21
Figura 2.3 Mapa de procesos.....	22
Figura 2.4 Indicadores generales de desempeño del último cuatrimestre del 2019	22
Figura 3.1 Diagrama de Operaciones del Proceso de Producción del Concreto Premezclado	31
Figura 3.2 Flujograma de Mantenimiento de Maquinaria y Equipos.....	33
Figura 3.3 Indicadores específicos de desempeño del último cuatrimestre del 2019. .	34
Figura 3.4 Diagrama de Ishikawa – Disponibilidad.....	36
Figura 3.5 Diagrama Pareto – Disponibilidad.....	38
Figura 3.6 Diagrama de Ishikawa – Rendimiento	39
Figura 3.7 Diagrama Pareto – Rendimiento	41
Figura 5.1 Etapas del despliegue de la solución.....	46
Figura 5.2 Escala de valoración del OEE.....	54
Figura 5.3 Ponderación ideal del OEE.	54
Figura 5.4 Ficha Técnica de la Faja Transportadora	58
Figura 5.5 Diagrama de Ishikawa para las Fajas Transportadoras	59
Figura 5.6 Ficha Técnica del Bomba Volumétrica.....	60
Figura 5.7 Diagrama de Ishikawa para el Bomba Volumétrica	61
Figura 5.8 Ficha Técnica de Camiones Mixer.....	62
Figura 5.9 Diagrama de Ishikawa de los Camiones Mixer	63
Figura 5.10 Guía verificación del estado y nivel de aceite del cárter del motor	67
Figura 5.11 Guía verificación del nivel de aceite de transmisión	68
Figura 5.12 Guía verificación del nivel de aceite de transmisión	69
Figura 5.13 Guía verificación del nivel de aceite de transmisión	70
Figura 5.14 Guía lubricación de los rodamientos del motor eléctrico	71
Figura 5.15 Guía de limpieza de los controladores de faja	72
Figura 5.16 Guía de control de nivel y estado del aceite de la bomba	72

Figura 5.17 Formato de Registro de actividades de inspección	75
Figura 5.18 Formato de Registro de actividades de limpieza, inspección y verificación	77
Figura 5.19 Formato de Registro de actividades de limpieza, inspección y verificación	78
Figura 5.20 Formato de registro actividades de lubricación Mixer.....	81
Figura 5.21 Formato de registro actividades de lubricación del Cargador Frontal	83
Figura 5.22 Formato de registro actividades de limpieza Cargador Frontal	83
Figura 5.23 Formato de registro actividades de lubricación Faja Transportadora Alimentadora	85
Figura 5.24 Formato de registro actividades de lubricación Faja Transportadora Receptiva	87
Figura 5.25 VSM de la situación actual	92
Figura 5.26 VSM de la propuesta de mejora	94
Figura 5.27 Simulación del proceso actual en el programa.....	96
Figura 5.28 Bitácora de servicio de proveedores	99
Figura 5.29 Cronograma de la implementación del TPM	105
Figura 5.30 Cronograma de la implementación del Control de Producción Automatizado	106
Figura 6.1 VAN y TIR Proyectados	112

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Calificación conocimiento operarios	128
Anexo 2: Normativas de insumos del concreto premezclado	133
Anexo 3: Resultado de simulación de la situación actual	134
Anexo 4: Resultado de simulación de la propuesta de mejora.....	135
Anexo 5: Cotización de plan de capacitación inicial de TPM.....	136
Anexo 6: Indicador OEE del 2019 por cada equipo y máquina.....	137



RESUMEN

El presente estudio de mejora se desarrolla en la empresa privada Lidermix S.A.C. con una sede de planta industrial en el distrito de Lurigancho-Chosica, en donde se realiza la fabricación y comercialización de concreto premezclado.

Los autores realizan un análisis al flujo del proceso productivo con el propósito de plantear posibles propuestas de mejora basada en los resultados obtenidos según la evaluación del diagnóstico realizado con las herramientas de ingeniería y con la recolección de datos en las visitas a la planta industrial e información brindada por las personas encargadas del área de producción. Además, utilizan datos de referencia y bibliográficos de calidad consultados en base de datos en el que la Universidad de Lima se encuentra afiliada, tales como artículos, revistas y libros electrónicos científicos, con el fin de tener fuertes cimientos para elaborar la investigación de carácter netamente educativo.

Las propuestas de mejora están direccionadas a la mejora de la disponibilidad de máquinas y equipos involucrados en la producción para beneficio de la utilización de recursos necesarios por la empresa. El costo de la implementación de las propuestas de mejora asciende a un monto total de S/ 460 653,00 con una tasa interna de retorno económica y financiera, de 25,88% y 30,62%, respectivamente.

Palabras clave: Mantenimiento, eficiencia global, disponibilidad, calidad, rendimiento, ciclo de producción, sistema de control, proceso productivo, mejora, operatividad, productividad, estandarización e implementación.

ABSTRACT

The present improvement study is developed in the private company Lidermix S.A.C. with an industrial plant in the district of Lurigancho-Chosica, where the manufacture and commercialization of ready-mix concrete is carried out.

The authors make an analysis to the flow of the productive process with the purpose of raising possible proposals of improvement based on the results obtained according to the evaluation of the diagnosis made with the engineering tools and with the collection of data in the visits to the industrial plant and information given by the people in charge of the production area. In addition, they use quality reference and bibliographic data consulted in the database in which the Universidad de Lima is affiliated, such as scientific articles, journals and electronic books, in order to have a strong foundation to elaborate research of a purely educational nature.

The proposals for improvement are aimed at improving the availability of machines and equipment involved in production for the benefit of the use of resources needed by the company. The cost of implementing both improvement proposals amount to a total of S/ 460 653,00 with an internal economic and financial rate of return of 25,88% and 30,62%, respectively.

Keywords: Maintenance, global efficiency, availability, quality, performance, production cycle, control system, production process, improvement, operability, productivity, standardization and implementation.

CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes de la empresa

1.1.1. Breve descripción de la empresa y reseña histórica

Lidermix cuenta con más de 15 años de experiencia en el mercado peruano como especialistas en la producción de concreto premezclado y productos afines. La empresa se fundó en el año 2004 por el empresario huanuqueño Zésar Aguirre Laos, el cual identificó la oportunidad de abastecer el mercado limeño con concreto debido a la tendencia en crecimiento del sector construcción.

En los primeros años de operación, se suministraron más de 200 000 m³ de concreto premezclado con la planta industrial ubicada en Huachipa. En el ejercicio 2019, la empresa obtuvo un nivel de ventas de aproximadamente S/ 12 000 000,00.

El desarrollo de la tecnología y el constante compromiso por brindar un mejor servicio ha permitido que la empresa tenga un posicionamiento importante en comparación a las empresas concreteras competidoras.

Hasta la fecha, la empresa participa en el desarrollo del país a nivel de Lima Metropolitana con sus más de 55 empleados y una flota que asciende a 25 vehículos pesados. Además, se destacan gracias a su solidez y especialización, que contrasta con la innumerable presencia en obras de envergadura para cumplir con la plena satisfacción de sus clientes.

1.1.2. Descripción de los productos ofrecidos

Los productos ofrecidos corresponden principalmente al concreto premezclado según las diversas características de composición solicitadas por los clientes para las obras de construcción. La planta industrial permite la elaboración del producto según el tipo de resistencia y propiedades específicas requeridas en el que se hace el diseño de mezcla respectivo con la dosificación especificada de cemento, arena, agregado grueso, agua y aditivo. A continuación, se presenta la descripción de la variación de las especificaciones de los tipos de concreto premezclado convencionales que elabora Lidermix:

Figura 1.1

Especificaciones del tipo de concreto convencional

TIPO DE CONCRETO	CONVENCIONAL	UNIDAD
Resistencias de especificación	80, 100, 140, 175,	Kg/cm ²
	210, 245, 280, 315, 350	
Edades de verificación de resistencia f'c	28	Días
Tamaño máximo de agregado	Huso 57 ASTM = 1	Pulgadas
	Huso 67 ASTM = ¾	
	Huso 7 ASTM = ½	
Tiempo de manejabilidad desde la llegada a la obra	1	Horas
Asentamiento de diseño	3 a 4 ± 1	Pulgadas
Tiempos de fraguado inicial desde la salida de la planta	2.5	Horas
Densidad	2,200 a 2,400	Kg/m ³
Contenido de aire	Máximo 3	%

Nota. Incluye las variedades de características por cada tipo de concreto convencional. De *Calidad de Producto*, por Lidermix, 2019 (<https://www.lidermix.com.pe>).

El concreto convencional se especifica con una gama amplia de utilidad según la aplicación en cada elemento estructural. Dependiendo de las condiciones del elemento que se va a despachar en cuanto a las dimensiones y cuantía del esfuerzo, la empresa tiene disponible el producto en diferentes resistencias, desde 80 hasta 350 kg/cm². A continuación, se detalla la clasificación:

- **Baja Resistencia:** Presenta una resistencia a la compresión menor a 140 kg/cm². Útil para losas, pisos de patios y techos sin proyectos de ampliación vertical.
- **Resistencia Moderada:** Presenta una resistencia a la compresión entre 140 a 245 kg/cm². Útil para pisos de una planta, veredas de tránsito peatonal, escaleras con estructuras de pequeña altura y placas.
- **Normal:** Presenta una resistencia a la compresión entre 245 a 315 kg/cm². Útil para elementos de confinamiento (columnas, vigas, muros) y losas de tránsito pesado.
- **Alta Resistencia:** Presenta una resistencia a la compresión entre 315 a 350 kg/cm². Útil para zapatas, columnas o muros para puentes y represas.

Los materiales y el producto final son controlados y ensayados con el Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma ACI-318 cumpliendo con las expectativas de falla y criterios de aceptación establecidos por dichos documentos.

Figura 1.2

Especificaciones del tipo de concreto convencional



Nota. De *Calidad de Producto*, por Lidermix, 2019 (<https://www.lidermix.com.pe>).

1.1.3. Descripción del mercado objetivo de la empresa

La empresa tiene una participación de mercado del 9% a nivel de Lima Metropolitana, abasteciendo principalmente a sectores socioeconómicos B y C. El conjunto de principales clientes está compuesto por los siguiente 4 canales:

- Empresas constructoras: Docsa, Consolida y Grupo Origen.
- Municipalidades: Municipalidad de Santiago de Surco, Municipalidad de San Juan de Lurigancho y Municipalidad de San Isidro.
- Universidades: Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina y Universidad Nacional de Ingeniería.
- Industrias: Centro Comercial Plaza San Miguel y Asociación Country Club El Bosque.

1.1.4. Estrategia general de la empresa

Lidermix mantiene una estrategia de diferenciación. La diferenciación a la que hacemos referencia es en el servicio. Esta empresa se caracteriza por tener un alto grado de flexibilidad del diseño de mezcla de concreto premezclado en base a las necesidades requeridas por cada uno de los 4 canales de ventas. Se obtiene una ventaja competitiva

respecto a los competidores del área metropolitana que cumplen con los estándares de calidad, sin embargo, la empresa preserva el interés en cumplir con la plena satisfacción de los clientes en base a la capacidad de diversificación de diseño de mezcla, capacidad de atención inmediata y mejor alternativa en cuanto al precio.

1.1.5. Descripción de la problemática actual

La problemática que afronta la empresa es cómo incrementar el 56% del Efectividad Global de los Equipos (OEE) actual para lograr mejores niveles de disponibilidad, rendimiento y calidad de la maquinaria y equipos.

1.2 Objetivos de la investigación.

1.2.1 Objetivos generales

Realizar un estudio de mejora de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) actual, el cual es del 56%, basada en la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) con el objetivo de mejorar el nivel de disponibilidad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico situacional del área de mantenimiento de la empresa concreta con la finalidad de identificar los problemas principales y oportunidades de mejora posibles a aplicar.
- Verificar el plan de gestión de mantenimiento que garantice la operatividad y condiciones de funcionamiento adecuado para la maquinaria y equipo.
- Analizar los procesos que se buscan optimizar mediante la aplicación de ingeniería en beneficio al sistema de control de producción.
- Definir el plan de mejora para incrementar el Efectividad Global de los Equipos (OEE).

1.3 Alcance y limitaciones de la investigación

1.3.1 Unidad de análisis

El objeto de estudio del presente plan de investigación se centra en la operatividad de las máquinas que forman parte del proceso productivo del concreto premezclado.

1.3.2 Población

Lidermix cuenta con una población de 55 trabajadores e irradia hacia una población objetivo con cobertura exclusiva a nivel de Lima Metropolitana dispuesta a comprar concreto premezclado, la cual está compuesta por los siguientes 4 canales de clientes: empresas constructoras, municipalidades, universidades e industrias.

1.3.3 Espacio

La investigación se realizará a la planta industrial ubicada en Calle las Acacias Mza. J Lote. 13, Urb. La Capitana, Huachipa en el distrito de Lurigancho en Lima, Perú. Además, la empresa cuenta con sus oficinas administrativas en Av. Pablo Carrquiry, 799 San Isidro para la atención de los clientes.

1.3.4 Tiempo

El periodo asociado a la investigación es de 20 meses, el cual se desarrolla durante abril 2020 hasta diciembre 2021.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La implementación de tecnologías que estén a la vanguardia de las soluciones modernas para plantas de concreto se justifica técnicamente en base a la elaboración de un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el que se integre toda la maquinaria y equipo perteneciente al proceso de producción, con la finalidad de aumentar su rendimiento y años de vida útil. Adicionalmente, evitar el desgaste de los componentes, desperdicios de material, fallas y defectos técnicos.

Debido al reproceso y sobreuso de maquinaria y equipo, se aplicarían prácticas o metodologías que fomente la preservación de los activos no corrientes, en base a un control preciso de dosificación con el propósito de prevenir variaciones del tiempo en estado fresco del producto no mayor a 2,5 horas. “Las dosificaciones de mezclas de concreto son las cantidades de cemento y de otros materiales que se necesitan para obtener las resistencias indicadas en los planos de estructuras” (Aceros Arequipa, 2010).

1.4.2 Justificación económica

La presente investigación se justifica económicamente en base al alcance de una rentabilidad esperada para la empresa con la propuesta de elaborar un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM). El desarrollo de esta propuesta podría alcanzar ahorro debido a los desperdicios y retrasos actuales en la producción. “La capacidad de optimizar la planificación de sus recursos de personal y equipo ha resultado en ahorros de costos de más del 30%” (Command Alkon, 2020). El valor añadido de disminuir los tiempos de espera está ligado a un cambio favorable en la eficiencia y productividad del proceso de producción. En estas circunstancias y frente a una mejora de los tiempos, se daría paso a un mayor flujo de materias primas e insumos, equivalente a una mayor capacidad de atención de pedidos que proporcionaría la posibilidad de obtener mayores ingresos económicos.

1.4.3 Justificación social

La presente investigación se justifica socialmente en base a una futura reducción planificada del impacto directo e indirecto que se generan en las comunidades involucradas y, a su vez, a los efectos que produce la actividad sobre el medio ambiente. En un estudio se concluyó que “El objetivo de este plan es construir y consolidar buenas relaciones con las comunidades de nuestro entorno, promoviendo una cultura de diálogo y concertación para el desarrollo sostenible, garantizando la sostenibilidad de nuestras operaciones” (Unión de Concreteras [UNICON], 2015). De tal modo, que la empresa pueda contribuir de alguna manera con ciertos cambios positivos en la situación de los trabajadores y la población cercana a la planta principal. Igualmente, el aporte debe proporcionar un impacto ambiental positivo de carácter persistente que haga uso de los recursos naturales de forma responsable y una menor generación de todo tipo de residuos.

1.5 Hipótesis de la investigación

La aplicación de un plan de mantenimiento total para la mejora del Efectividad Global de los Equipos (OEE) permitiría aumentar el nivel de disponibilidad de la maquinaria y equipo del proceso de producción del concreto premezclado.

1.6 Marco referencial de la investigación

“Quality Management to continuous improvements in process of Ready Mix Concrete production” (Al-Saedi et al., 2019).

El artículo presenta un propósito idóneo para ayudar en la mejora de la productividad, menos retrabajo, mayor satisfacción de los clientes, aumento de la rentabilidad e implementación de nuevas tecnologías. Los autores hacen uso de un recurso fundamental para la gestión eficaz de proyectos denominado como PMBOK.

“Proyecto de Automatización para una Planta Dosificadora de Concreto Premezclado Propiedad de la Empresa Concretos Supermix S.A la cual Aumentará su Capacidad de Producción de 24 M3 a 40 M3 por Hora” (Valdivia Castillo, 2017)

El principal problema hace referencia a las plantas de producción de concreto premezclado que cuentan con procesos manuales y por consecuencia, son vulnerables a que los operarios no sean precisos en la dosificación de concreto y a la demora de toma de decisiones con respecto a los procesos. La diferencia es que el principal objetivo es aumentar la productividad de la planta de la empresa Supermix S.A.C.

“Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera”. (Alca Huamani et al., 2015).

Se pudo afirmar que, por medio del enfoque de propuesta de mejora al sistema de producción, se lograría un aumento de la productividad y disponibilidad de los servicios de manufactura. Se propone el desarrollo de un plan de contingencia para mejorar el tiempo de atención y entrega sin perjudicar la calidad del concreto premezclado.

“El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos” (García Alcaraz et al., 2012)

En el presente informe resaltan la importancia de llevar a cabo un Mantenimiento Producto Total ya que se implanta adecuadamente, en la práctica se puede mejorar notablemente la disponibilidad y eficacia de la maquinaria, por tal motivo, se mantiene un nivel óptimo en la producción y a su vez aumentar el ciclo de vida. Por otro lado, se encuentra interesante los beneficios que conlleva el TPM; por ejemplo, reducción de

mano de obra indirecta, reducción de gastos no planeados e incremento de la calidad y satisfacción al cliente.

“Aplicación de la Inteligencia Artificial en el diseño de mezclas de concreto” (González-Salcedo, et al., 2012)

En este artículo, se nombran y explican la importancia de aplicar diferentes esfuerzos en el desarrollo de las técnicas. Las metodologías innovadoras cumplen la funcionalidad de predecir las propiedades técnicas del concreto convencional, dosificación de la materia primas y garantiza un control de calidad exhaustivo.

“Diseño y Control de Mezclas de Concreto” (Kosmatka et al., 2004)

En el libro explican detalladamente los requerimientos necesarios para formar un concreto de calidad. El concepto más resaltante en el libro es el de dosificación, ya que los autores brindan una guía de Diseño y Control de Mezclas concisas y actualizadas acerca de la tecnología de concreto, de tal modo, se pudo generar a mayor profundidad los alcances y propuestas para el presente proyecto de investigación.

“Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón” (Orozco, et al., 2018)

En el artículo se considera la antigüedad de los camiones mixer y se toma en cuenta la disponibilidad de producción en base a la calidad de los equipos y maquinarias. Por el contrario, Los factores ambientales resultan tener mayor influencia en la calidad del concreto seguido por el estado de la maquinaria.

1.7 Marco conceptual

Herramientas, técnicas e indicadores a utilizar:

Diagrama de Ishikawa: Diagrama de Causa-Efecto o Espina de Pescado, por la similitud de su apariencia física con la de un esqueleto de un pez, o como Diagrama de Kaoru Ishikawa, en honor a su creador, desarrollado por este profesor en 1943 en Tokio; tiene como fin permitir la organización de grandes cantidades de información, sobre un problema específico y determinar exactamente las posibles causas y, finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales. El diagrama recibe el nombre de

espina de pescado por conformar su estructura como un pescado con los siguientes 3 elementos: cabeza, espinas y espinas menores. En la cabeza se anuncia el problema a analizar, en las espinas se especifica las posibles causas que estén provocando el problema en cuestión y en las espinas menores se determinan las causas menores (Romero Bermúdez & Díaz Camacho, 2010, p. 3)

Value Stream Mapping (VSM): Herramienta que consiste en analizar los flujos de materiales e información desde el proveedor hasta la satisfacción del cliente. Sirve para identificar el proceso cuello de botella y los desperdicios dentro de la organización, así como también en la cadena de suministro mejorando sus procesos y desarrollar una ventaja competitiva. En efecto, se utiliza para visualizar, analizar y mejorar el flujo de los productos y de la información dentro de un proceso de producción, desde el inicio del proceso hasta la entrega al cliente (González Jaramillo et al., 2018, p. 1).

Efectividad Global de los Equipos (OEE): La efectividad global del equipo es una medida del Valor Agregado a la producción a través del tiempo y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. Por sus siglas “Overall Equipment Effectiveness”. Se considera como el indicador vital que representa la capacidad real para lograr una producción sin defectos, el óptimo rendimiento del proceso y disponibilidad de máquinas y equipos. Para hacer el cálculo de OEE se utiliza la fórmula: $OEE = (\text{disponibilidad} \times \text{rendimiento} \times \text{calidad})$. Donde la disponibilidad es la relación del tiempo total que hubo disponible con el que realmente se estuvo produciendo, el rendimiento hace referencia a la correcta utilización de la capacidad en el tiempo que la máquina y equipos estuvieron operativas, y la calidad se contempla como el porcentaje de cantidad producida aceptable entre la cantidad procesada, según diapositivas de aula del profesor G. Ferrer Aspíllaga, (Comunicación personal, 2021).

Mantenimiento Productivo Total (TPM): Sistema de planeación de mantenimiento integral que surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las llamadas <seis grandes pérdidas> del proceso productivo, y con el objetivo de facilitar la implantación de la forma de trabajo “Just in Time” o “justo a tiempo”. Las seis grandes pérdidas son las siguientes: fallas del equipo, ajuste de máquinas, marchas en vacío, esperas y detenciones menores, velocidad de operación reducida, defectos en el proceso y pérdidas en el tiempo (García Garrido, 2020).

Lecciones de un punto (LUP): También como OPL, One Point Lessons, está referido a la herramienta útil para transmitir conocimientos y habilidades dentro de un grupo de trabajo y documentar casos de problemas o de mejoras derivadas de posibles potenciales de mejora o incluso de no conformidades reales. El registro se realiza en un formato estándar que permite compartir y extender el conocimiento (Montes, 2016).

Glosario de términos:

Dosificación: Establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requerida.

Camiones mixer: Camión equipado con una hormigonera o mezcladora de concreto que, a su vez, permite el transporte del producto.

Concreto premezclado: Resultado de un proceso de mezcla controlado de cemento, arena, piedras, agua y aditivos.

Aditivos: Componente de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco.

Agregados Finos: Arenas naturales o manufacturadas con dimensiones de partículas de hasta 10 m.m.

Agregados Gruesos: Compuesta por roca o grava triturada debidamente granulados con tamaños de 2", 1 ½ " y 3/4" comúnmente.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO A SER MEJORADO

2.1 Análisis Externo de la Empresa

2.1.1 Análisis del entorno global (PESTEL)

El análisis externo o macroentorno de la empresa se elabora para determinar los factores pertinentes fuera de los límites de la compañía que tienen influencia en las decisiones estratégicas. La herramienta PESTEL permite la elaboración del análisis externo respecto al entorno político, económico, social-cultural, tecnológico, ecológico y legal explicados a continuación:

Político: Referido al análisis de las políticas del país donde la empresa se encuentra realizando sus operaciones y la estabilidad gubernamental.

En setiembre del año 2019, el presidente de la República, Martín Vizcarra, quien asumió la presidencia luego de la renuncia el 23 de marzo de 2018 por parte de Pedro Pablo Kuczynski, decidió disolver el Congreso y convocó elecciones legislativas para el 26 de enero de 2020. El presidente indicó que estaría “aplicando una norma constitucional que le permitiría cerrar la cámara si esta le negaba una cuestión de confianza al gabinete presidido por Salvador del Solar” (Fowks, 2018). Este suceso llevó al congreso a votar por una resolución para suspender por incapacidad moral al presidente Vizcarra y en su lugar nombrar a la vicepresidenta Mercedes Aráoz como “presidenta en funciones”. En consecuencia, este acto dio inicio a la actual crisis política en el Perú.

Económico: Referido a los factores que determinan las tendencias del entorno macroeconómico, las decisiones de inversión y las condiciones de financiamiento de acuerdo con el estado actual del país. Los factores que más destacan para la empresa Lidermix son los siguientes:

Desde el año 2019 se proyectó un crecimiento anual de hasta 5,6% del sector construcción, esto quiere decir que la industria se encuentra en una etapa de aumento constante a pesar de tener meses en los cuales no se cumplan las proyecciones. De acuerdo con las afirmaciones de Guido Valdivia “para el tercer y cuarto bimestre, las

expectativas son inferiores a las previstas inicialmente en mayo. En ambos casos, las proyecciones apuntan a un incremento de 4,7%, pero es importante precisar que aún hay una expectativa de crecimiento” (Perú Construye, 2018).

Callen (2008) afirma que “el PBI mide el valor monetario de los bienes y servicios finales, producidos por un país en un período determinado y cuenta todo el producto generado dentro de las fronteras” (p. 1).

Teniendo claro el concepto, se puede afirmar que la tendencia del PBI en el periodo 2018-2019, a pesar de tener bajas negativas, está en constante crecimiento. Esto se debe a que hay un mayor consumo de servicio, mayor inversión inmobiliaria y mayor gasto público del gobierno en operaciones de construcción.

Figura 2.1

Evolución del PBI Nacional vs. el PBI Construcción 2018-2019



Nota. Incluye PBI de los diversos sectores y construcción. Adaptado de *Encuesta de Expectativas Macroeconómicas*, por Banco Central de Reserva del Perú, 2020 (<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01770AM/html>)

A pesar del análisis que se obtuvo como resultado mayor tendencia al crecimiento del PBI del sector construcción, el último bimestre del año 2019 sufrió un sesgo a la baja debido a la menor demanda vinculada a la obra pública ("Precios de materiales de construcción cayeron en noviembre", 2019).

Sociales - Culturales: En los últimos años, la necesidad de construir una vivienda se convirtió en una realidad. Esto conllevó consecuencias, siendo la más resaltante para el caso de estudio la urbanización alrededor de las plantas de concreto y canteras. Por consiguiente, las concreteras tuvieron que tomar medidas para evitar quejas y reclamos - por parte de las comunidades aledañas - que pudieran perjudicar el funcionamiento continuo y efectivo. UNICON afirma en su Reporte de Sostenibilidad lo siguiente:

“Debido al desarrollo de las comunidades de la zona de influencia que generan valor en la sociedad se implementó lo siguiente: Plan de relaciones comunitarias, Procedimiento de incidencias y Proyectos de desarrollo social” (2015).

Por otro lado, la iniciación de los Pseudo Sindicatos de construcción civil hace ya algunos años, ha dificultado la construcción continua, paralizando la ejecución de éstas, de tal modo, perjudicando a una gran cantidad de empresas constructoras y a sus proveedores, en este caso, las concreteras. Según Claudia Cooper, ministra de Economía y Finanzas, comenta que “existen S/ 30 000 millones en proyectos de inversión pública que están pendientes de adjudicar, vía APP y obras públicas, que podrían verse paralizados por este tema, sin contar los nuevos proyectos que tendríamos que sacar este año” (“MEF: Dificultades de constructoras paralizarían obras públicas por S/ 30,000 millones”, 2018).

Tecnológico: El desarrollo de la tecnología para plantas de producción de concreto está involucrado en las etapas desde el ingreso de materias primas e insumos a las instalaciones y al proceso hasta el despacho del producto en obra. Las metodologías y herramientas implementadas tienen la finalidad de lograr la eficiencia de sus procesos y reducir costos de sus operaciones. Cabe mencionar que, la empresa tiene como parte de los objetivos esenciales la prevención de fallas y defectos que provoquen retrasos en la programación de la producción.

En el año 2019, la empresa Blotek S.A.C. ingresa al mercado con la fabricación de concreto molecular como un producto sustituto al concreto premezclado. Hasta el momento, el alcance es reducido puesto que no logra competir con los costos por m³ de las concreteras convencionales.

Ecológico: Las normativas ambientales reguladas por la base legal y fiscalizadas por las entidades correspondientes, presentan constantes retos para las empresas concreteras respecto a las obligaciones y responsabilidades a cumplir para promover la calidad del medio ambiente. A continuación, las normativas consideradas dentro del entorno ecológico:

Decreto Supremo N° 003-2017-MINAN. - Estándares de Calidad Ambiental (EC) para Aire y disposiciones complementarias: Los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire son obligatorios y aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de actividades productivas (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, 2017).

Decreto Supremo N° 057-2014-PCM y modificada por Decreto Legislativo N° 1065.- Aprueban Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos: Reglamento que tiene como objeto asegurar que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana (Decreto Supremo N° 057-2014-PCM, 2014).

Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA. – Aprueban el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición que Regula la gestión y manejo de los residuos sólidos generados por las actividades y procesos de construcción y demolición, a fin de minimizar posibles impactos al ambiente, prevenir riesgos ambientales, proteger la salud y el bienestar de la persona humana y contribuir al desarrollo sostenible del país. (Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA, 2016)

Legal: Referido a los actores referentes que determinan las reglas, establecidas por leyes y normativas aprobadas por el Gobierno Peruano. Para la empresa Lidermix se destacan las siguientes normativas:

El proyecto de Ley 2408 aprobado por el Congreso de la República en marzo del 2018, contribuyó con el desarrollo del sector construcción hasta la actualidad. “Aprobar esta ley busca preservar más de 50.000 empleos y asegurar el pago de la reparación civil por los más de 300.000 millones de soles en obras públicas de infraestructura paralizadas” (De la Vega Polanco, 2018)

El INACAL promueve el uso de Norma Técnica Peruana (NTP) para garantizar la calidad de los materiales de construcción, tales como la NTP 339.114:2016/CT “las muestras de concreto serán ensayadas de acuerdo con las características de asentamiento nominal y tolerancias por las ASTM C 94” (NTP 339.114, 2016). Por el contrario, la empresa contratista estaría en el derecho de tomar las medidas correspondientes con todo el peso de la ley por el incumplimiento de las especificaciones y/o requisitos de calidad del tipo de concreto solicitado.

2.1.2 Análisis del entorno competitivo (PORTER)

A continuación, se realiza un análisis de la empresa LIDERMIX S.A.C. para determinar la competencia y rivalidad de la industria en base a las 5 fuerzas del sector:

La amenaza de nuevos participantes: “Este poder permite analizar qué tan complicado o no es para los competidores ingresar al mercado y saber así qué servicios ofrecen” (5 fuerzas de Porter, 2016). La amenaza es baja debido a que la instalación de una planta de producción de concreto premezclado presenta una gran variedad de barreras de entrada al sector y segmento correspondiente, las cuales se detallan a continuación:

La economía de escala para las empresas productoras del rubro requiere de una estrategia competitiva de liderazgo en costos para poder alcanzar un amplio margen de beneficios. Puesto que, las empresas productoras, actualmente presentes en el mercado, lidian con ofertar precios más bajos al de la competencia y abarcar la mayor demanda posible a satisfacer en base a la capacidad de producción de cada una. “Estas economías surgen cuando las empresas que producen a mayor escala volúmenes disfrutan de menores costos por unidad porque pueden repartir los costos fijos entre más unidades” (Córdova, 2020, sección de Michael E. Porter)

La identidad de marca corresponde a la imagen de la empresa de acuerdo al nivel de servicio y la calidad del concreto premezclado. Atributos esenciales a adoptar por empresas del rubro respecta al nivel de atención al cliente, estrecha relación con proveedores reconocidos, servicio logístico de entrega del material con una capacidad de respuesta sobresaliente y brindar un producto con todos los estándares de calidad.

Las políticas gubernamentales, tales como las leyes y normativas establecidas por el Gobierno peruano, pueden limitar el funcionamiento continuo de la planta por los requerimientos de cumplimiento de normas para la fabricación de pretensados (Resolución Ministerial N.º 330-2015-VIVIENDA, 2015), sello calidad de producto, control del medio ambiente regulados por OEFA, normas técnicas del cemento y concreto en el Perú, entre otras exigencias mínimas para poder operar (Z. Aguirre Laos, comunicación personal, 8 de junio de 2020).

El poder de negociación de los proveedores: “Esta fuerza analiza cuánto poder tiene el proveedor de una empresa y cuánto control tiene sobre el potencial de aumentar sus precios” (5 fuerzas de Porter, 2016). El poder es medio.

Un Mercado o Segmento del mercado no será atractivo cuando los proveedores estén muy bien organizados gremialmente. La situación será aún más complicada si los insumos que suministran son claves para nosotros, no tienen sustitutos o son pocos y de alto costo” (Fabbri, 2012)

A continuación, los siguientes puntos de análisis:

El incremento del costo de reemplazo de proveedor surge por el considerable aumento de costos de transporte de materias primas e insumos debido a la ubicación distante de los demás proveedores respecto a la planta.

La sustitución de insumos es inexistente porque cada uno de ellos cumple una función esencial para poder mantener las propiedades del producto final, en este caso para el concreto premezclado. Sin embargo, las fibras de polipropileno o fibras de acero suelen añadirse a la mezcla como, por ejemplo, la adición de SikaFiber® PE sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto (Aplitek S.R.L., 2018).

La integración hacia atrás corresponde a la decisión de fabricar las materias primas e insumos necesarios para la fabricación del concreto premezclado. Sin embargo, en el año 2013 la empresa LIDERMIX S.A.C. desiste de continuar sus actividades de extracción de una cantera ubicada en Carapongo, Lurigancho-Chosica para posteriormente abastecerse de agregados por medio de Cantera Jicamarca con la finalidad de la carga laboral y reducción de costos. Z. Aguirre Laos, (comunicación personal, 8 de mayo de 2020) El cambio de estrategia de suministro de agregados gruesos permitió abaratar costes por volumen de compra y distancia a la planta, y disminuir la carga laboral de las operaciones encargadas del abastecimiento de insumos.

El poder de negociación de los compradores: “Esta fuerza analiza el poder del cliente y el efecto que tiene sobre los precios y la calidad. Mientras más se organicen los compradores, más exigencias y condiciones impondrán en la relación de precios, calidad o servicios” (5 fuerzas de Porter, 2016). El poder es alto debido a que depende del nivel de organización de los consumidores, exigencias y condiciones en base al precio, calidad o servicios, entre otros factores explicados a continuación:

La concentración de compradores, en el caso de la empresa LIDERMIX S.A.C., cuenta con una demanda alta en su mayoría por parte de constructoras y municipalidades que solicitan desde un volumen pequeño hasta grandes pedidos de m³ de concreto premezclado (I. Taboada Castillo, comunicación personal, 7 de mayo de 2020) La demanda del concreto premezclado ha tenido un importante crecimiento, cuando iniciamos la empresa, el crecimiento era de 15% a 18%, hoy en día se ha incrementado entre 40% y 45%. El volumen de compradores fuerza a la empresa a ceder en ciertas condiciones que dictan sus clientes y obstaculizan con el objetivo de la organización de

crear un valor económico de las ventas elevado. Además, el cliente tiene la potestad de poder elegir cualquier otro servicio de la competencia que le sea más rentable, lo cual genera una situación en la empresa de tener que aceptar la reducción frecuente de sus de precio de venta frente a grandes pedidos.

El costo de reemplazo para el comprador suele favorecerlos siempre y cuando negocien con un proveedor que se adapte a sus necesidades. “Los altos costes fijos y los bajos costes marginales amplifican la presión sobre los rivales para mantener la capacidad llena a través de descuentos” (Córdova, 2020, sección de Michael E. Porter). Por ello, la importancia para la empresa concretera de cumplir con todas las especificaciones de los clientes y brinden flexibilidad frente a la variación de pedidos de los clientes.

La amenaza de los productos sustitutos: Esta fuerza analiza la posible aparición de empresas nuevas que ofrezcan productos que pueden llegar a reemplazar el producto que actualmente se está vendiendo. La amenaza es media debió a que, actualmente, se encuentra la siguiente alternativa innovadora en el mercado peruano:

Blotek Perú S.A.C. ingresa a nuestro país en el año 2019, con experiencia en la fabricación en el mercado argentino por más de 5 años de concreto celular, mezcla que se compone de cemento, arena, agua y espuma especial. El material de construcción novedoso aplica para módulos de viviendas, contrapisos, relleno de losas, tabique, entre otras aplicaciones en obras del departamento de Lima (Blotek Perú, 2019). El concreto celular se comporta de manera similar al concreto convencional, a diferencia que proporciona los siguientes principales beneficios en cualquier estructura: reducción de peso por la baja densidad de la mezcla, velocidad de construcción por la ausencia de agregados gruesos, mayor aislamiento térmico, propiedades acústicas y mayor durabilidad por poseer menor porosidad vulnerable a daños físicos. Sin embargo, el precio por m³ de concreto tiene un mayor costo que la propuesta de la empresa.

La rivalidad de los competidores: “Esta fuerza indica que tan elevado es el número de estrategias entre los competidores. La rivalidad aumenta a medida que aparecen más competidores, con mayor tamaño y mayor capacidad” (5 fuerzas de Porter, 2016). La rivalidad es alta debido al análisis de los siguientes puntos:

Es posible afirmar que en el sector existe un gran número de competidores igualmente equilibrado. Entre las empresas más destacadas, se tienen las siguientes empresas concreteras: UNICON. Según Céspedes Cervantes (2018), la empresa

anteriormente mencionada es una “firma líder en el sector, con una participación del 75% del mercado de Lima y Callao” (p. 1). Concretera Mixercon, Concretera Supermix, Concretera Polmix, Fullmix. Concretera Prome y Perumix. La participación de mercado no se puede medir con exactitud porque habría que tomar en cuenta los pequeños y medianos productores, de los que incluso, no se tiene información clara de su participación de mercado y crecimiento.

El crecimiento de la industria es relativamente bajo. Según Viacava Espinoza “el mercado del concreto en Lima debe producir mensualmente unos 230 mil m³, lo que representa aproximadamente 2 millones 800 mil m³ al año” (Perú Construye, 2018, p. 1).

Los intereses corporativos de las diversas empresas competidoras son altas. Actualmente, se tiene a UNICON como líder del sector, seguida por Mixercon. Es posible afirmar, según la visión del resto de empresas competidoras, que tienen como meta lograr un mayor abastecimiento al mercado.

2.1.3 Identificación y evaluación de las oportunidades y amenazas (EFE)

“La matriz de evaluación de factores externos (EFE) permite identificar y evaluar las oportunidades que la empresa puede aprovechar y las amenazas de riesgo. El conocimiento del entorno externo incrementa el grado de probabilidad de alcanzar los objetivos. (“Evaluación de Factores Externos Matriz EFE MEFE”, 2018).

El listado de los factores externos claves considerados se clasifican, en esta ocasión con 5 oportunidades y 5 amenazas. La asignación de peso oscila desde con un peso relativo que indica la importancia de cada factor, 0,0 (sin importancia) a 1,0 (muy importante). La calificación corresponde al valor según la eficacia de las estrategias de la empresa entre 1 (calificación más baja) hasta 4 (calificación más alta). La ponderación se realiza mediante la multiplicación del peso y valor correspondiente a cada factor. El resultado final del procedimiento se presenta a continuación.

Lidermix tiene un puntaje ponderado total de 2,50 lo que indica que la empresa está por encima del promedio en su esfuerzo por perseguir estrategias que capitalicen las oportunidades y eviten las amenazas del entorno. Ver Tabla 2.1

Tabla 2.1*Matriz de evaluación de factores externos (EFE)*

Factores	Peso	Calificación	Ponderación
Oportunidades			
1. Reparación civil de obras públicas paralizadas (Ley 2408)	0,11	4	0,44
2. Normativa que respalda la comercialización de prefabricados	0,07	3	0,21
3. Desarrollo de nuevas tecnologías nacionales y extranjeras que mejora la competitividad	0,13	2	0,26
4. Constante crecimiento del sector construcción	0,15	3	0,45
5. Inexistencia de productos sustitutos	0,05	3	0,15
Amenazas			
1. Desaceleración del PBI (Recesión del último trimestre del 2019)	0,11	2	0,22
2. Urbanización alrededor de las plantas de concretos	0,07	2	0,14
3. Pseudosindicatos de construcción civil	0,11	1	0,11
4. Fiscalización del cumplimiento de normas ambientales por entidades regulatorias	0,12	3	0,36
5. Baja lealtad del cliente por ser un producto estandarizado	0,08	2	0,16
Total:	1		2,50

2.2 Análisis Interno de la Empresa

2.2.1 Análisis del direccionamiento estratégico: visión, misión y objetivos organizacionales

- **Visión:** Ser reconocidos como una de las mejores empresas especialistas en concreto premezclado, mediante el uso de alta tecnología, personal comprometido al servicio y satisfacción al cliente en todo el Perú.
- **Misión:** Mejorar la calidad de vida de las familias peruanas contribuyendo al desarrollo del país y promoviendo la seguridad y protección del medio ambiente, generando beneficios al sector construcción a través de la producción y entrega del mejor concreto premezclado y derivados.
- **Objetivos Organizacionales:**
 - Reducir costes directos.
 - Reducir el Tiempo Promedio entre Fallas a 20 h/falla.
 - Mejorar el nivel de servicio en la entrega oportuna a unas 1,5 horas en promedio como máximo.
 - Aumentar en 3% la participación de mercado.

2.2.2 Análisis de la estructura organizacional

Se presenta una organización de producción masiva e industrializada con trabajos estandarizados. Basados en la revisión de los fundamentos organizacionales se explican los siguientes 5 puntos de análisis:

Especialización laboral: La tareas y funciones en la organización se definen bajo un nivel específico de especialización para cada puesto de trabajo debido al conocimiento técnico necesario en la materia correspondiente. Es decir, no puede realizarse una generalización de roles por lo que los supervisores y operarios de producción requiere de mayores competencias que los operarios de carga de materiales o conductores. Los trabajadores a cargo del transporte cuentan conocimientos básicos y reciben constantes capacitación por parte de los supervisores del área de producción.

Departamentalización: Los trabajos se agrupan en departamentalización por funciones, divididos por la actividad que desarrolle cada área que conforman la empresa. Por ejemplo, departamentalización por ingeniería incluido por todo el personal responsable de la producción, calidad de insumos y producto final, departamentalización comercial y ventas, departamentalización administrativa y departamentalización de contabilidad.

Centralización: La empresa no cuenta con socios ni accionistas por lo que la autoridad de toma de decisiones es únicamente por parte del fundador y gerente general, que cuenta con un grupo de asesores y equipo de trabajo para lograr el cumplimiento de los objetivos definidos.

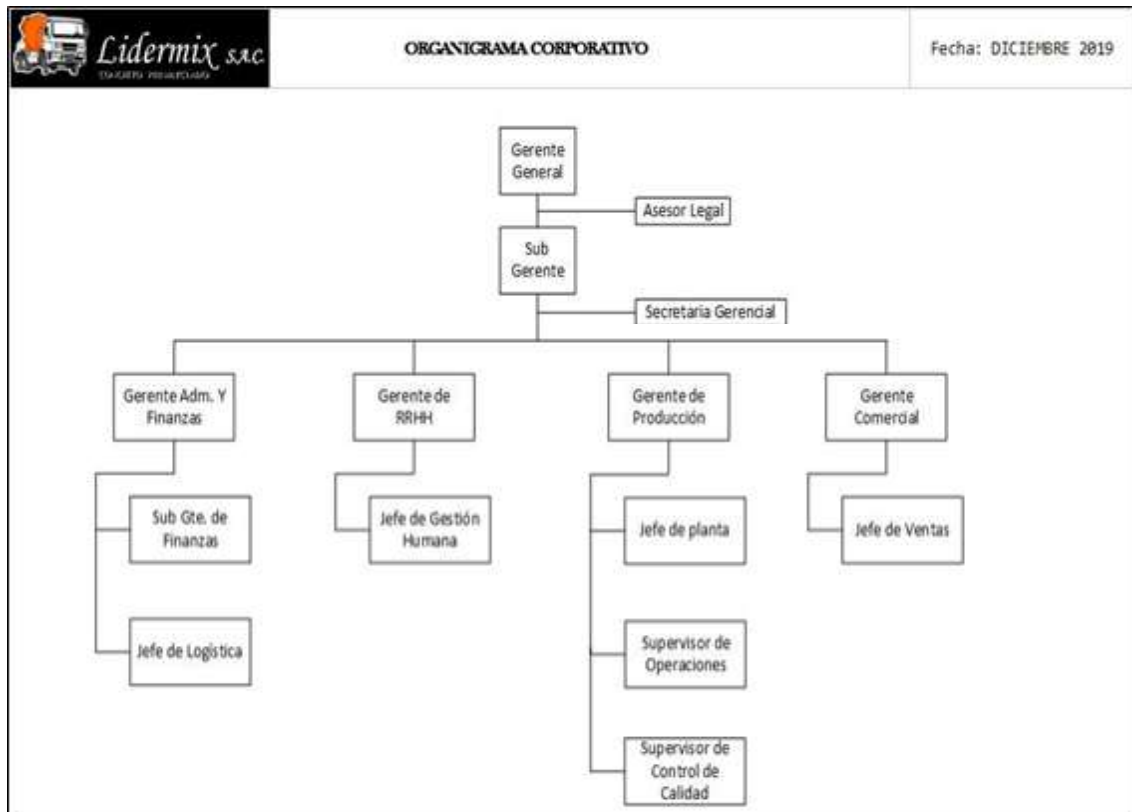
Cadena de mando: En la empresa cada colaborador que forma parte de un departamento reporta a los respectivos supervisores, jefes o gerentes de línea. La cadena de mando está constituida básicamente por los jefes de línea que elevan la información hacia instancias superiores. Un ejemplo claro es el cargo de jefatura de créditos y cobranzas que recibe los reportes por parte de contabilidad.

Amplitudes de control: La dirección eficiente y eficaz de un gerente debe tener una cantidad de colaboradores que oscila entre 5 a 15 trabajadores dependiendo del departamento. El área de transporte cuenta con 23 conductores los cuales deben ser orientados en las tareas diarias por el supervisor a cargo. Cabe recalcar, que la empresa cuenta con aproximadamente 54 trabajadores en planilla.

La representación gráfica del organigrama de la empresa se presenta a continuación:

Figura 2.2

Organigrama Corporativo



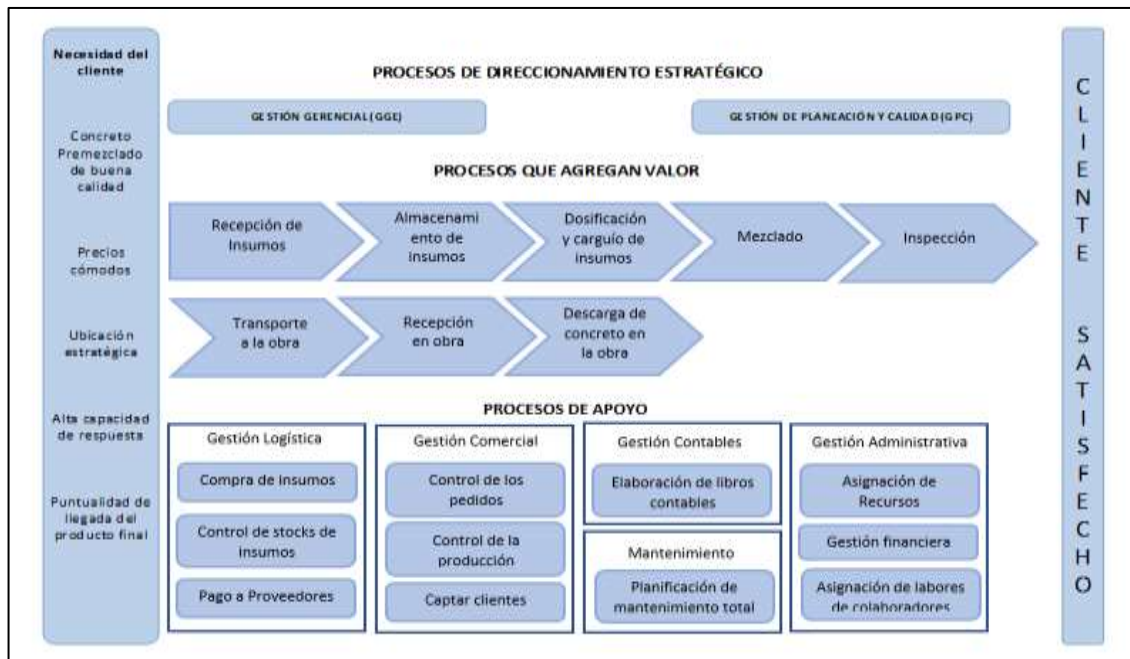
Nota. De Lidermix, 2019 (<https://www.lidermix.com.pe>)

2.2.3 Identificación y descripción general de los procesos claves

A continuación, se procede a identificar y describir los procesos claves de la empresa dedicada a la fabricación y comercialización de concreto premezclado. Motivo por el cual, se elabora un Mapa de Procesos en el que se detalla el direccionamiento estratégico, valor agregado y procesos de apoyo orientados a los requerimientos y exigencias a fin de cumplir plena satisfacción de los clientes.

Figura 2.3

Mapa de procesos



2.2.4 Análisis de los indicadores generales de desempeño de los procesos claves

La importancia de la identificación de las oportunidades de mejora recabe en el análisis a realizar según las ratios generales en el que se puede evidenciar cuantitativamente las consecuencias problemática del proceso en estudio.

Figura 2.4

Indicadores generales de desempeño del último cuatrimestre del 2019

Indicadores	Unidad	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total de periodo	Meta
Volumen producido	m3	5 531	5 472	6 225	6 082	5 828	m3 10 000
Nº Total de pedidos al mes	pedidos	50	50	65	65		
Volumen promedio por pedido	m3/pedidos	111	109	96	94	102	m3/pedidos 150
Nº devoluciones de abonos por demora	devoluciones	3	2	6	7		
Tasa de pedidos con solicitud de reembolso	devoluciones/guías emitidas	6%	4%	9%	11%	8%	devoluciones/guías emitidas 2%
Nº Pedidos mal generados	pedidos errados	5	7	7	9		
Tasa de pedidos mal generados	pedidos errados/guías emitidas	10%	14%	11%	14%	12%	pedidos errados/guías emitidas 5%
Precio del m3 de concreto premezclado (inc. IGV)	soles	295	295	300	300	297,50	soles 300

Nota. Información brindada por el Gerente de Producción de Lidermix.

Se detallan los resultados obtenidos en el desarrollo de los indicadores generales de desempeño bajo los siguientes puntos:

- Volumen producido (m³): por debajo de la meta 5 828 < 10 000 m³, por la disminución considerable de ventas.
- Volumen promedio por pedido: por debajo de la meta 102 < 150 pedidos mensualmente debido a pérdida de clientes por empresas de la competencia.
- Tasa de pedidos con solicitud de reembolso: por debajo de la meta 8% > 2% debido por errores en la logística de solicitud.
- Porcentaje de pedidos mal generados: por debajo de la meta 12% > 5%, por conflictos de comunicación con el sistema de información.
- Precio por m³ del concreto premezclado: por debajo de la meta 297,50 < 300 soles, debido a la estrategia competitiva de la empresa en ofertar el producto a menor precio que el promedio de la competencia sin dejar de maximizar los márgenes de contribución o utilidades.

2.2.5 Determinación de posibles oportunidades de mejora

Las posibles oportunidades de mejora identificadas a lo largo del análisis en los puntos anteriores se detallan a continuación:

- Debido a los cálculos realizados, se observa en la Tabla 2.2, el porcentaje de disponibilidad real el cual se encontraba por debajo de la meta esperada (75%). El motivo por el cual no se puede llegar al objetivo, incluye diversos factores que intervienen al momento de ejercer la práctica, entre ellos, se puede observar que la Tiempo Promedio entre Fallas (20 h/falla) es alta y genera paradas en la producción, lo que conlleva a que el Lead Time aumente. Siendo los factores mencionados anteriormente los principales motivos de la baja disponibilidad, se identifica la posibilidad de realizar mejoras en la gestión de mantenimiento de la maquinaria y vehículos pesados.

Tabla 2.2*Cuantificación de la disponibilidad de las maquinarias*

	Fórmula	Promedio
Tiempo Disponible	Hora	960 hora
Paradas Planificadas	Hora	128 hora
Tiempo de Carga	Hora	832 hora
Paradas No Planificadas	Hora	280 hora
Tiempo de Operación	Hora	552 hora
Disponibilidad	T.op/T.carga	66%

Nota. Información brindada por Lidermix.**Tabla 2.3***Cuantificación del Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)*

	Fórmula	Promedio
Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)	T.op/N° de falla	20 h/falla

Nota. Información brindada por Lidermix.

- El cuello de botella más resaltante es al momento de realizar la dosificación de las materias primas. La forma en que se ejecuta es semi-automática, siendo la labor de 2 operarios encargados de verificar que el pesaje. Cabe recalcar que no afecta la calidad del producto final de manera significativa, sin embargo; se generan mayor tiempo de espera y esfuerzo humano. Por tal motivo, es conveniente reemplazar las actividades actuales por sistemas productivos precisos para mejorar la efectividad de la producción actual.

Tabla 2.4*Cuantificación del tiempo de ciclo de producción de 8 m³ de producto*

	Fórmula	Promedio
Tiempo de producción	minuto	13,6 min
Verificación visual	minuto	5,4 min
Entrega de producto	minuto	82,8 min
Tiempo de Ciclo de Producción	Hora	1,7 hora

Nota. Información brindada por Lidermix.

2.2.6 Identificación y evaluación de las fortalezas y debilidades de la empresa (EFI)

“La matriz de evaluación de factores internos (EFI) sirve para identificar y evaluar las fortalezas y debilidades más relevantes, permitiendo realizar una auditoría interna de la administración de la organización” (Min Shum, 2018)

El listado de los factores internos claves considerados se clasifican, en esta ocasión con 5 fortalezas y 5 debilidades. La asignación de peso oscila desde con un peso relativo que indica la importancia de cada factor, 0,0 (sin importancia) a 1,0 (muy importante). La calificación corresponde al valor según la eficacia de las estrategias de la empresa entre 1 (calificación más baja) hasta 4 (calificación más alta). La ponderación se realiza mediante la multiplicación del peso y valor correspondiente a cada factor. El resultado final del procedimiento se presenta a continuación:

Tabla 2.5

Matriz de evaluación de factores internos (EFI)

Factores	Peso	Calificación	Ponderación
Fortalezas			
1. Flexibilidad en la producción	0,04	3	0,13
2. Alta capacidad de respuesta	0,17	3	0,50
3. Cumplimientos oportuno con solicitud de clientes	0,13	4	0,50
4. Personal con experiencia en diseño y producción	0,04	3	0,13
5. Calidad y eficacia del soporte postventa al cliente	0,13	4	0,50
Debilidades			
1. Baja implementación de nuevas tecnologías	0,08	1	0,08
2. Inadecuado plan de mantenimiento a las unidades de transporte	0,15	1	0,15
3. Limitada capacidad de inversión en activos	0,14	2	0,28
4. Ausencia de claridad en los roles establecidos por ser empresa familiar	0,04	2	0,08
5. Inexistencia de certificaciones internacionales	0,08	1	0,08
Total	1		2,42

Lidermix tiene un puntaje ponderado total de 2,42 lo que indica que la empresa está por debajo del promedio, por lo tanto, se concluye que estamos frente a una organización vulnerable a las debilidades.

2.2.7 Selección del sistema o proceso a mejorar

Luego de haber definido el Mapa de Procesos (ver figura 2.3), se realizará un análisis para determinar el proceso a mejorar. Para el estudio en mención, se utilizará el método

de Análisis Factorial de Alfred W. Klein, con el fin de obtener el desempeño real de cada uno de estos. Se tendrá la tabla de ponderación de Klein como base.

Al finalizar con la ponderación de los distintos procesos involucrados en la empresa, se muestra un consolidado con el desempeño de cada uno con la finalidad de escoger el más adecuado.

Tabla 2.6

Ponderación de Klein

Variables	Ponderación
Muy adecuado (A)	4
Adecuado (B)	2
Poco adecuado (C)	1

Procesos de direccionamiento estratégico:

Tabla 2.7

Análisis Klein - Gestión gerencial

Gestión Gerencial	A	B	C
Definición de metas mensuales	X		
Identificación de problemas y oportunidades		X	
Inversión constante en tecnología			X
Definición de roles y responsabilidades	X		
Comunicación constante con los colaboradores	X		
	3	1	1
	75%		

Procesos que agregan valor

Tabla 2.8

Análisis Klein - Producción

Producción	A	B	C
Calidad del Concreto Premezclado	X		
Utilización de maquinaria			X
Sistema de control de producción automatizado			X
Exposición de los colaboradores al peligro		X	
Cortos tiempos de espera			X
	1	2	2
	50%		

Debido a que los Procesos de Apoyo se dividen en distintas áreas, se tomará un ponderado de todos los procesos analizados.

Procesos de Apoyo

Tabla 2.9

Análisis Klein – Administrativa y Contable

Contable	A	B	C
Puntualidad en la entrega de Estados de Resultados	X		
Elaboración del Presupuesto Anual		X	
Seguimiento de liquidez de la empresa	X		
	2	1	0
	83,3%		

Tabla 2.10

Análisis Klein – Logística

Logística	A	B	C
Pago puntual a proveedores	X		
Proveedores confiables y certificados	X		
Control de stock de insumos	X		
	3	0	0
	100%		

Tabla 2.11

Análisis Klein - Comercial

Operaciones	A	B	C
Búsqueda de nuevos clientes	X		
Control de Pedidos	X		
Control de Producción	X		
Obtención de información de la competencia		X	
Publicidad		X	
	3	2	0
	80%		

Tabla 2.12

Análisis Klein - Mantenimiento

Mantenimiento	A	B	C
Paradas por Fallas		X	
Adecuado mantenimiento preventivo y correctivo			X
Seguimiento de plan de mantenimiento			X
	0	1	2
	33,33%		

Se concluyó que los procesos que agregan valor son los cuáles tienen mayor oportunidad de mejora y lo que cuentan con problemas más críticos en comparación a los procesos de apoyo, por tal motivo, el resultado obtenido es de bajo desempeño.

Tabla 2.13

Ponderación de Desempeños

Proceso	Desempeño (%)
Procesos de Direccionamiento Estratégico	75%
Procesos que agregan valor	50%
Procesos de Apoyo	74,16%

Se puede afirmar que a partir de una ponderación del 75%, se considerar un desempeño óptimo. Si bien en los procesos de apoyo se puede observar que la mayoría de las áreas cuentan con un desarrollo óptimo, al momento de ponderar existe una desviación notable a causa del proceso de mantenimiento.



CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO OBJETO DE ESTUDIO

3.1 Análisis del proceso objeto de estudio

3.1.1 Descripción detallada del proceso objeto de estudio

De acuerdo al Mapa de Procesos de la figura 2.3, este punto se va enfocar en el proceso de mantenimiento, el cual constituye un proceso de apoyo dentro del mapa de procesos. Previo a la explicación del proceso en estudio, se procederá a detallar el proceso productivo.

La fabricación del concreto premezclado requiere de 3 materias primas y 2 insumos, nombradas a continuación: piedra, arena, agua, cemento y aditivos. Se inicia con el control de recepción de materias primas e insumos en el que se verifica la calidad con muestras en el laboratorio según el plan de inspección. Como parte de la verificación, se realiza una inspección a la piedra y arena del tamaño, granulometría, porcentaje de humedad, pasante de malla y nivel de pureza de los agregados. El control se realiza de acuerdo a las especificaciones de normas nacionales e internacionales. El cemento y aditivos se adquiere de proveedores que garantizan la buena calidad de los insumos que son entregadas en la misma fábrica; sin embargo, se realiza una verificación de calidad en la planta industrial al igual que el agua proveniente de pozos propios antes de ingresar al proceso.

Se procede con las etapas de carguío, medición y pesado de las materias primas e insumos para su posterior dosificación según el tipo de diseño de mezcla descrita en la Guía de Remisión entregada al operario controlador, quien ordena la carga de agregados al proceso. La piedra y la arena, previamente trasladadas a sus respectivas áreas de almacenamiento por los 2 operarios encargados de los cargadores frontales, son trasladadas a la tolva receptiva principal por separado para ser distribuidos por medios de fajas transportadoras de 13 metros de largo con una inclinación de 30 grados a la tolva dosificadora que cuenta con 4 compartimientos de 15 m³ cada una. El cemento se encuentra en 2 silos de almacenamientos de 120 toneladas cada una, previamente succionado verticalmente desde los camiones cisterna que llegan a la planta. El aditivo y el agua, que se encuentran almacenados en tanques de 10 000 litros y 20 000 litros,

respectivamente se trasladan mediante tuberías de PVC instaladas horizontalmente. Una vez listas las 3 materias primas y 2 insumos, el operario controlador apertura las compuertas y válvulas de cada almacenamiento para que pasen a las balanzas respectivas según las medidas exactas establecidas por normas nacionales e internacionales. Los agregados, piedra y arena, se pesan en una balanza semi-automática que se encuentra exactamente debajo de los 4 compartimientos de la tolva dosificadora. El cemento se pesa en una balanza semi-automática se encuentra a 1.5 metros de distancia por debajo del silo de almacenamiento con la seguridad de una manga para evitar la contaminación de aire por partículas de polvo. El aditivo y agua se miden a través de válvulas volumétricas. Cabe recalcar, que todos los medidores tanto de las balanzas como válvulas se encuentran acoplados en un tablero de control. El operario controlador verifica visualmente la dosificación mientras acciona mediante pulsaciones en el tablero de control para la apertura de las compuertas que trabajan por medio de pistones hidráulicos.

Posteriormente, los agregados se derivan por medio de una sola faja transportadora accionada por un motorreductor e instalada horizontalmente de 12 metros de largo y ubicada debajo de las balanzas a otra faja transportadora de 12 metros de largo instalada con una inclinación de 45 grados hasta la altura de 5 metros. El cemento pesado se deja caer desde una altura de 10 metros por medio de gravedad y recubierto de otra manga conectada al embudo del tambor mezclador. El aditivo y agua medidos son vertidos por medio de una bomba volumétrica hacia el embudo del tambor mezclador.

Las materias primas e insumos pasan a ser mezclado por medio a la rotación mixer o tambor mezclador a una velocidad de 95 vueltas por minuto. Los tambores internamente cuentan con paletas afiladas que permiten la homogenización continua de los materiales para obtener el concreto premezclado. Seguidamente, el conductor dirige el camión hacia el puente de lavado donde un operario limpia principalmente el embudo de material y resto de partes del camión con una manguera a presión con agua proveniente de un pozo, mientras que otro verifica visualmente su consistencia y, en caso de ser necesario, se adiciona agua o aditivo para lograr el diseño de mezcla según las especificaciones de la Guía de Remisión. La etapa nombra se basa netamente a la experiencia del operario y supervisor de planta. Para garantizar que las medidas dosificadas por el operario controlador, se le entrega un certificado anexado a la Guía de Remisión para contrastar información. Luego, el camión pasa a la báscula en donde se coloca un precinto para

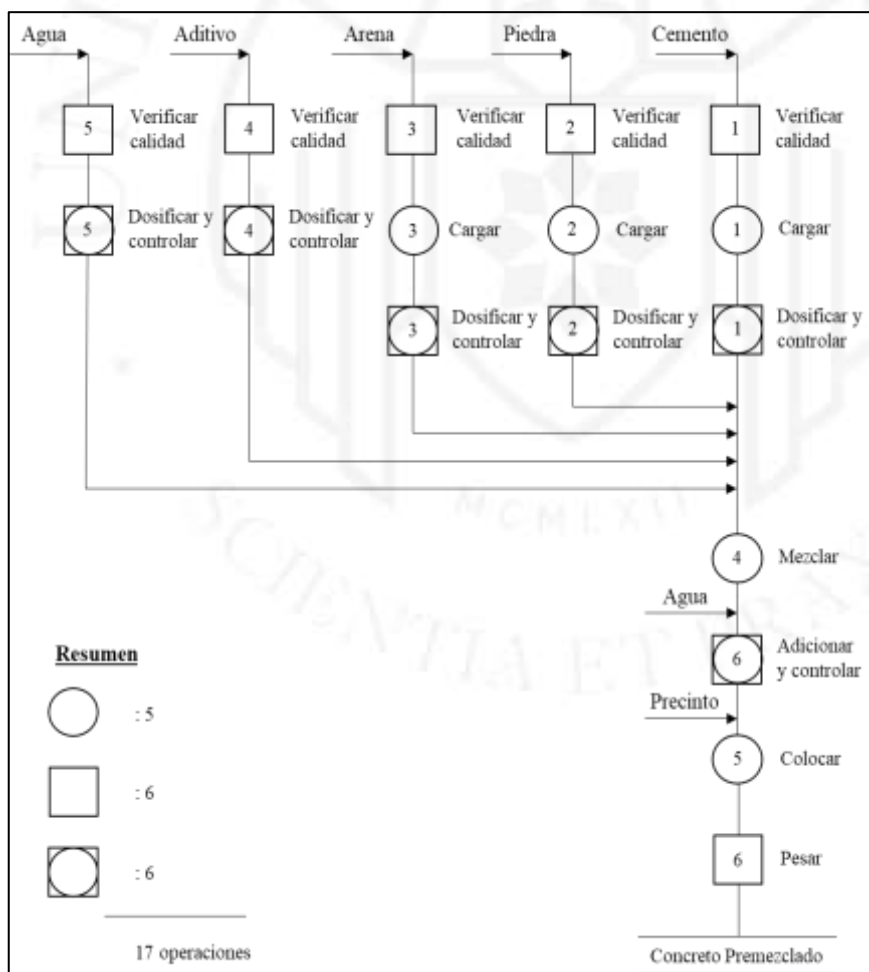
asegurar una entrega segura sin pérdidas y que el peso de la mezcla en metros cúbicos esté de acuerdo al pedido con otro certificado.

El conductor controla las revoluciones que oscilan entre 15-20 rpm del eje giratorio para que el concreto no se solidifique en el tambor de mezcla durante la ruta hacia la obra en la que se realizará el despacho del material. En el destino final, el conductor, el cual está capacitado por la empresa, realiza la inspección visual de la mezcla y aplica la cantidad mínima necesaria de aditivo para completar la homogeneización del diseño de mezcla y ser despachada en obra.

A continuación, se muestra una representación gráfica del proceso de producción del concreto premezclado mediante el siguiente diagrama con las operaciones e inspecciones correspondientes a lo largo del todo el proceso productivo.

Figura 3.1

Diagrama de Operaciones del Proceso de Producción del Concreto Premezclado



Nota. Información brindada por el Jefe de Producción de Lidermix.

Lidermix tiene el objetivo de obtener mayor efectividad de la maquinaria y equipos perteneciente al proceso de producción, motivo por el cual, el proceso en estudio de la presente propuesta de mejora se basa en el proceso de mantenimiento. Anualmente, la empresa elabora un programa de mantenimiento preventivo, en el cual se planifican las actividades a realizar de acuerdo con el periodo establecido por cada máquina y equipo.

Previo a las actividades a realizar se deberá contar con la aprobación del Gerente de Producción, por lo cual se iniciará el trámite para poder llevar a cabo el cronograma planificado. Una vez aprobada la solicitud, los técnicos llevan a cabo las actividades de mantenimiento del programa.

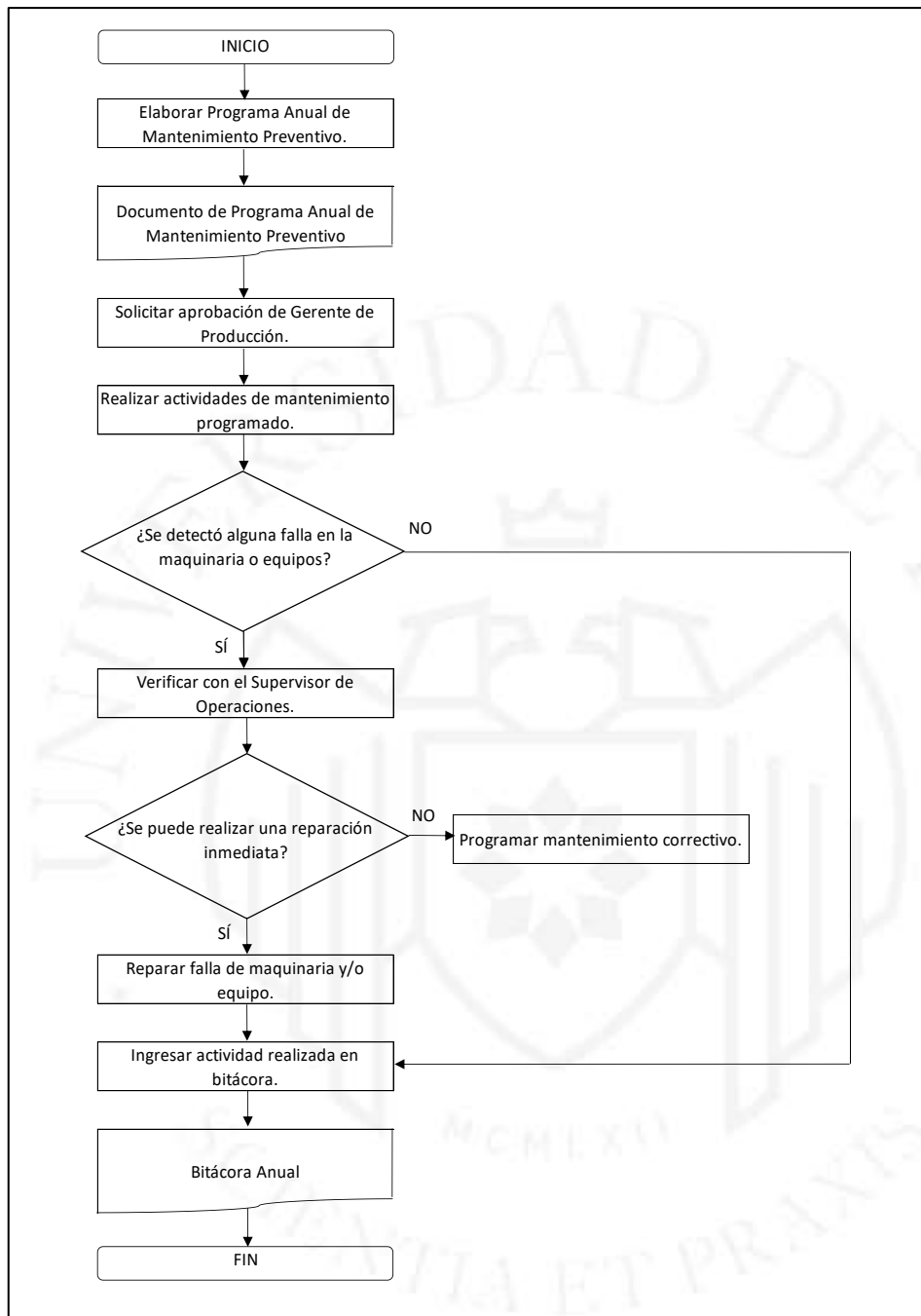
Cabe mencionar, que la frecuencia de capacitaciones a los técnicos y conductores se ve interrumpida por la necesidad de cumplir con programación de atención de pedidos. En este sentido, el personal encargado, al no contar con debida capacitación, realiza las actividades de mantenimiento con el conocimiento y experiencia obtenida independientemente.

En caso se alguna falla, el Supervisor de Operaciones verifica si pueda realizarse la reparación de forma inmediata con los repuestos que se encuentra en almacén o, caso contrario, programa un mantenimiento correctivo a la brevedad a fin de evitar mayor retraso en la producción.

Toda actividad realizada se registra en una bitácora de seguimiento, la cual es revisada mensualmente por el Gerente de Producción como buena práctica de control. Sin embargo, se evidencia con los resultados obtenidos en la Tabla 3.3 una oportunidad de mejora a la gestión del actual programa de mantenimiento que inclusive logre predecir antes que se generen inconvenientes. La propuesta de nuevas estrategias para la gestión del mantenimiento que reemplacen o complementen las actuales puede resultar beneficioso en relación con el costo-eficiente por cada tipo de maquinaria y equipos.

Figura 3.2

Flujograma de Mantenimiento de Maquinaria y Equipos



Nota. Información brindada por Lidermix S.A.C.

3.1.2 Análisis de los indicadores específicos de desempeño del proceso

El análisis de los hechos respecto a la problemática se evidencia según las siguientes ratios específicos que representan las consecuencias relacionadas a la gestión de recursos tales como tiempo principalmente.

Figura 3.3

Indicadores específicos de desempeño del último cuatrimestre del 2019.

	Unidad	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total de periodo	Meta	
Tiempo Disponible	hora	240	240	240	240	960	hora	
Paradas Planificadas	hora	32	32	32	32	128	hora	
Tiempo de Carga	hora	208	208	208	208	832	hora	
Paradas No Planificadas	hora	60	70	70	80	280	hora	
Tiempo de Operación	hora	148	138	138	128	552	hora	
Disponibilidad	T.op/T.carga	71%	66%	66%	62%	66%	%	90%
N° de Fallas	número	6	7	7	8	28	número	
Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)	T.op/N° de falla	25	20	20	16	20	hora/falla	50
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)	T.Par.No.Planif/N° de falla	10	10	10	10	10	hora/falla	5
Rendimiento	(T. Ciclo Ideal * m3 procesados) / T.operación	75%	79%	90%	95%	85%	hora	95%
Calidad	m3 procesados / m3 producidos aceptable	99%	99%	99%	99%	99%	m3	99%
Efectividad Global de los Equipos (OEE)	Disponibilidad* Rendimiento*Calidad	53%	52%	59%	58%	56%	%	85%
Tiempo de Producción	minuto/pedido	12,5	13,7	13,9	14,1	13,6	minuto	
Verificación visual del producto terminado	minuto/pedido	4,7	4,8	5,9	6,2	5,4	minuto	
Entrega de producto terminado al cliente	minuto/pedido	79,0	81,0	84,0	87,0	82,8	minuto	
Tiempo de Ciclo de Producción	hora/pedido	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	hora	1,5
Número de mixers rechazados	unidades	5	5	7	9	7		
Número de veces de llegada de camiones mixers a obra	veces	691	684	778	760	728		
Tasa de Rechazo	unidades rechazadas / veces	0,7%	0,7%	0,9%	1,2%	0,9%	%	0,5%

Nota. Información brindada por el Gerente de Producción de Lidermix.

Se detallan los resultados obtenidos en el desarrollo de los indicadores específicos de desempeño bajo los siguientes puntos:

- Disponibilidad: por debajo de la meta con 66% < 90%, por las excesivas paradas no planificadas a causa de un deficiente programa de mantenimiento.
- Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF): por debajo de la meta 20 horas/falla < 50 horas/falla.
- Tiempo Medio de Reparación (MTTR): por encima de la meta 10 horas/falla > 5 horas/falla.
- Efectividad Global de los Equipos: por debajo de la meta 56% < 85%, se evidencia la problemática más relevante por el bajo nivel de disponibilidad.
- Tiempo de Ciclo de Producción: por encima de la meta 1 hora y 42 minutos > 1 hora y 30 minutos, debido a la metodología semi-automática en la etapa de dosificación de materias primas que impide reducir el tiempo de producción.
- Tasa de Rechazo: por encima de la meta 0,9% > 0,5%, evidencia que lo deseable corresponde a 1 pedido rechazo por cada 200 pedidos atendidos como máximo.

3.2 Determinación de las causas raíces del problema hallado

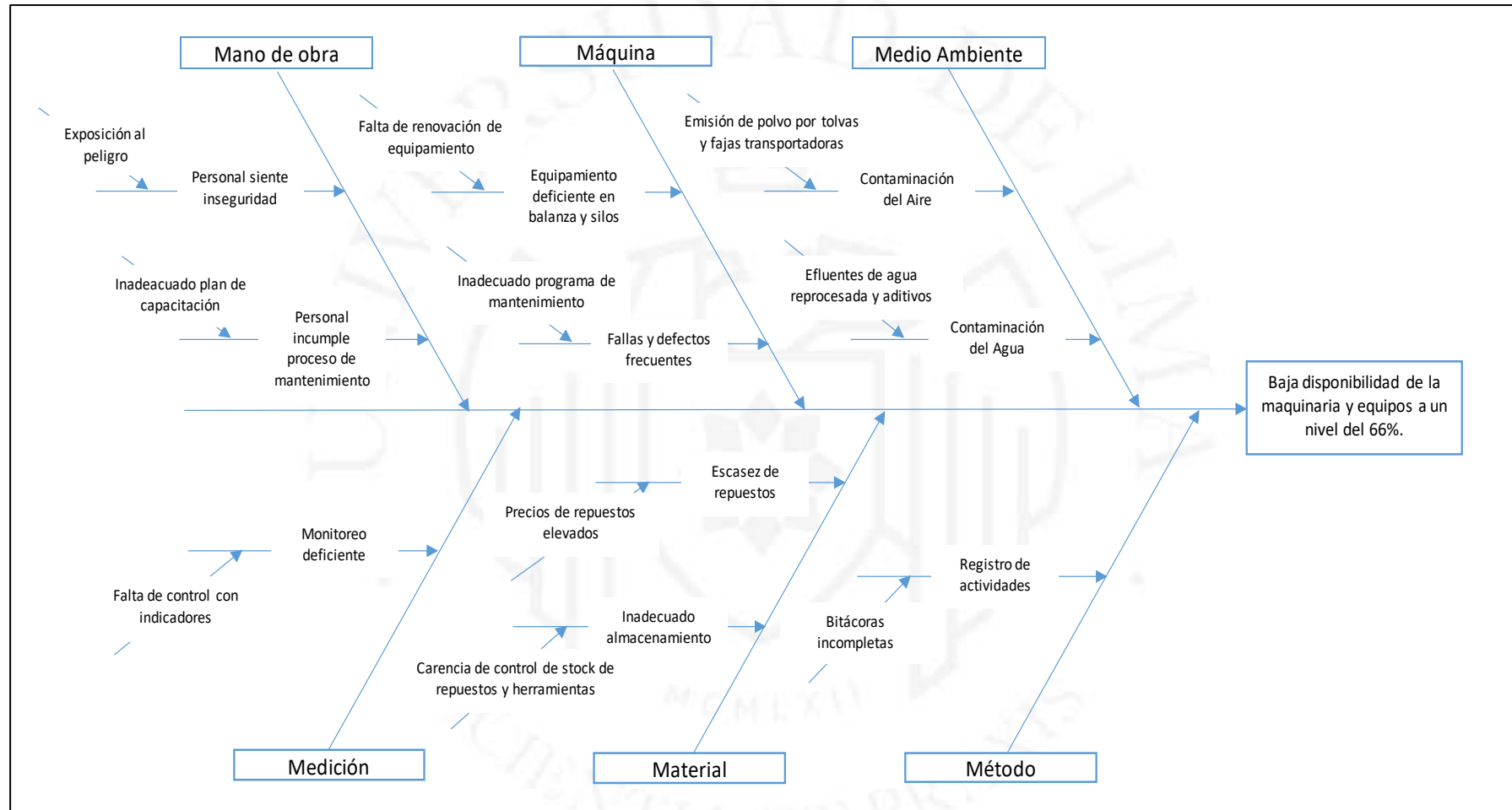
La identificación de las causas raíz de uno de los actuales problemas de la empresa, es la Efectividad Global de los Equipos (OEE), se realizará mediante la herramienta del “Diagrama de Ishikawa”.

Cabe mencionar, que el indicador OEE está compuesto por los siguientes 3 componentes: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Para efectos de la presente propuesta, se analizarán las causas para los componentes con un porcentaje menor al teórico, los cuales fueron identificados y analizados en las visitas técnicas a la planta industrial.

La disponibilidad de la maquinaria y equipos es considerada como el primer componente a analizar relacionado al tiempo disponible, tiempo de carga y tiempo de operación para el último cuatrimestre del 2019. Según la data de tiempos brindados por la empresa, se pudo realizar el cálculo y se obtuvo como resultado el 66% de disponibilidad para el periodo de análisis, siendo un resultado por debajo y alejado del valor teórico del 90%. Motivo por el cual, se procede a determinar las causas raíz de forma detallada para el componente en mención.

Figura 3.4

Diagrama de Ishikawa – Disponibilidad



La disponibilidad se considera como el primer componente del indicador OEE y presenta 10 causas raíz, las cuales se procede a numerar la cantidad de evidencias para el último mes del periodo en estudio, último cuatrimestre de 2019:

Tabla 3.1

Número de incidencias por etapas – Disponibilidad

Causas	N° incidencias al mes				
	Programación	Premezclado	Despacho	TOTAL	PROMEDIO
A. Exposición al peligro	0	5	4	9	3
B. Inadecuado plan de capacitación	0	16	8	24	8
C. Falta de renovación de equipamiento	1	32	8	41	14
D. Inadecuado programa de mantenimiento	0	42	42	84	28
E. Emisión de polvo por tolvas y fajas transportadoras	0	16	0	16	5
F. Efluentes de agua reprocesada y aditivos	0	4	2	6	2
G. Falta de control con indicadores	4	32	4	40	13
H. Precios de repuestos elevados	8	0	0	8	3
I. Carencia de control de stock de repuestos y herramientas	0	34	34	68	23
J. Bitácoras incompletas	4	0	0	4	1

Nota. Información brindada por el Jefe de Planta de Lidermix.

Se realiza posteriormente el ordenamiento correspondiente para poder identificar las causas más relevantes de forma descendente.

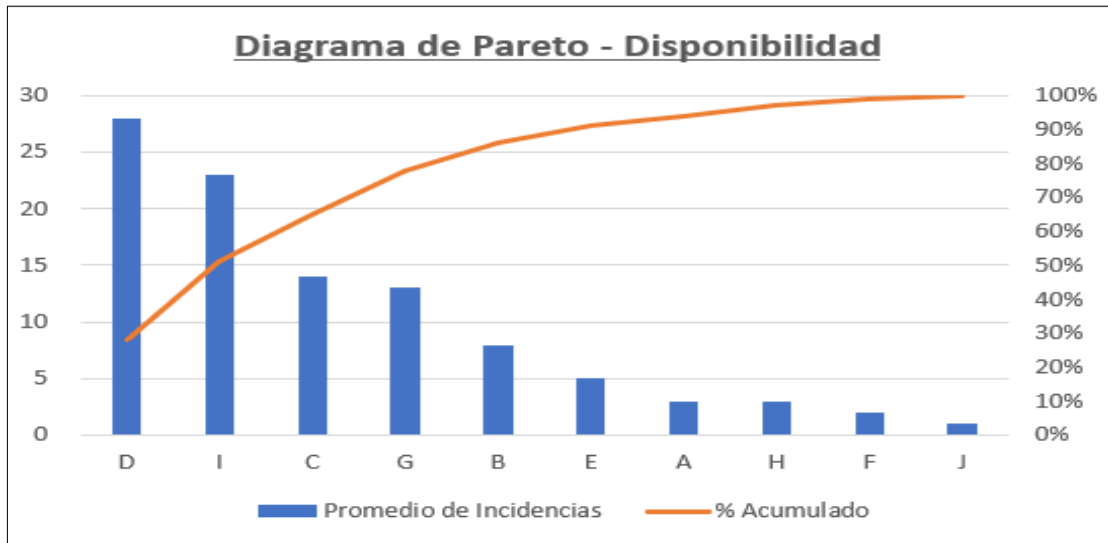
Tabla 3.2

Ordenamiento descendente de las causas identificadas - Disponibilidad

Causa	Promedio de Incidencias	Porcentaje	% Acumulado
D	28	28%	28%
I	23	23%	51%
C	14	14%	65%
G	13	13%	78%
B	8	8%	86%
E	5	5%	91%
A	3	3%	94%
H	3	3%	97%
F	2	2%	99%
J	1	1%	100%
TOTAL	100	100%	

Figura 3.5

Diagrama Pareto – Disponibilidad



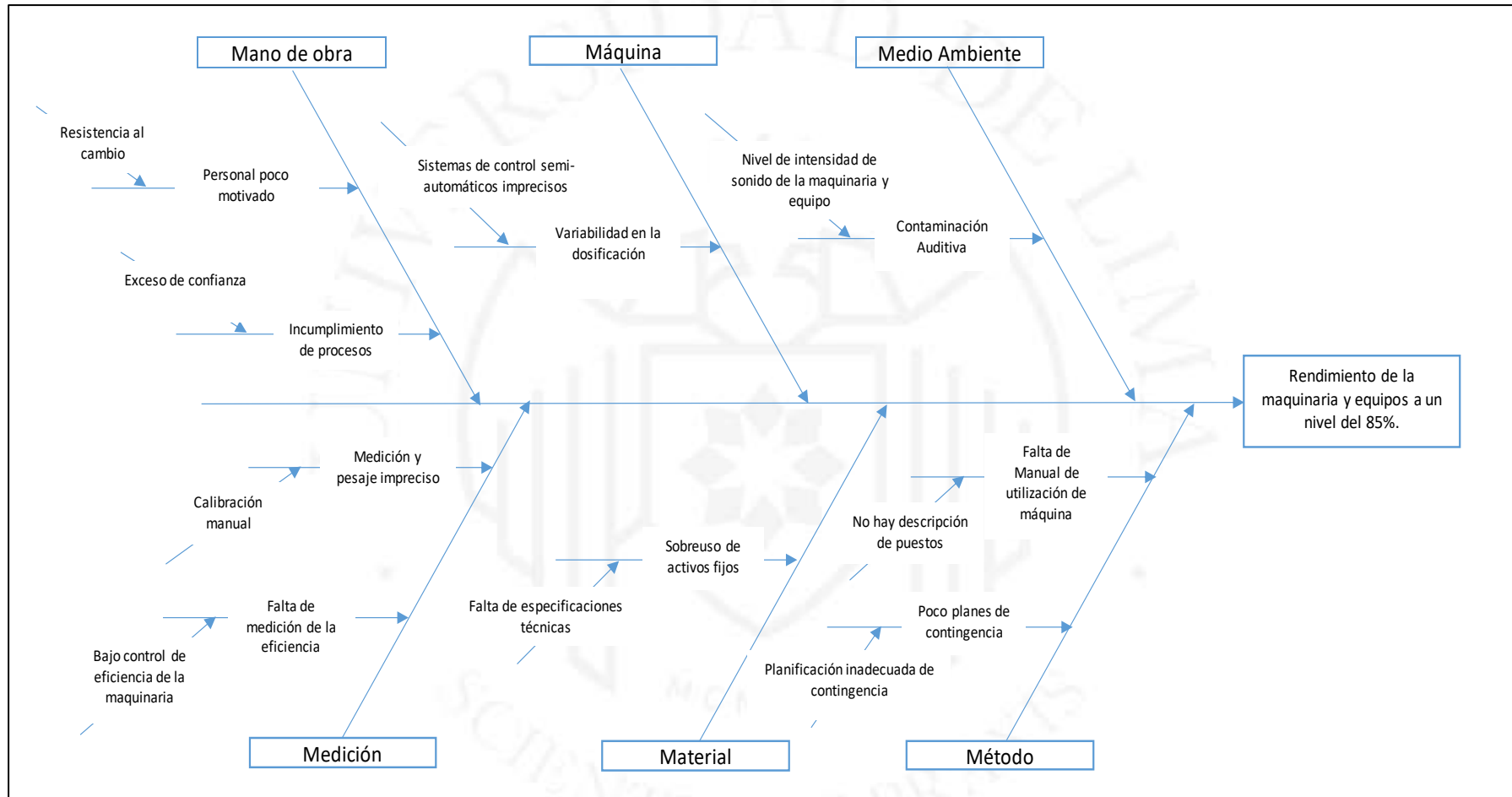
Por medio del Diagrama de Pareto, se identifica las siguientes 4 principales causas, las cuales representan un 78% de la causalidad, respecto a la problemática en el proceso de mantenimiento:

- D: Inadecuado programa de mantenimiento. (28%)
- I: Carencia de control de stock de repuestos y herramientas. (23%)
- C: Falta de renovación de equipamiento. (14%)
- G: Falta de control con indicadores. (13%)

El rendimiento se considera como el segundo componente a analizar relacionado al tiempo de ciclo ideal, capacidad nominal, cantidad procesada y tiempo de operación para el último cuatrimestre del 2019. Según la data de tiempos brindados por la empresa, se puede realizar el cálculo y se obtuvo como resultado el 85% de disponibilidad para el periodo de análisis, siendo un resultado por debajo y alejado del valor teórico del 95%. Motivo por el cual, se procede a determinar las causas raíz de forma detallada para el componente en mención.

Figura 3.6

Diagrama de Ishikawa – Rendimiento



Se presenta a continuación un listado de las 9 causas identificadas con la cantidad de evidencias para el último mes del periodo en estudio, último cuatrimestre de 2019:

Tabla 3.3

Número de incidencias por etapas – Rendimiento

Causas	N° incidencias al mes				
	Programación	Premezclado	Despacho	TOTAL	PROMEDIO
A. Resistencia al cambio	1	2	2	5	2
B. Exceso de confianza	0	4	2	6	2
C. Sistemas de control semi-automáticos imprecisos	0	48	48	96	32
D. Nivel de intensidad de sonido de la maquinaria y equipo	0	24	0	24	8
E. Calibración manual	2	12	6	20	7
F. Bajo control de eficiencia de la maquinaria	0	24	24	48	16
G. Falta de especificaciones técnicas	0	24	8	32	11
H. No hay descripción de puestos	1	2	4	7	2
I. Planificación inadecuada de contingencia	3	2	2	7	2

Se realiza el ordenamiento correspondiente para poder identificar las causas más relevantes de forma descendente.

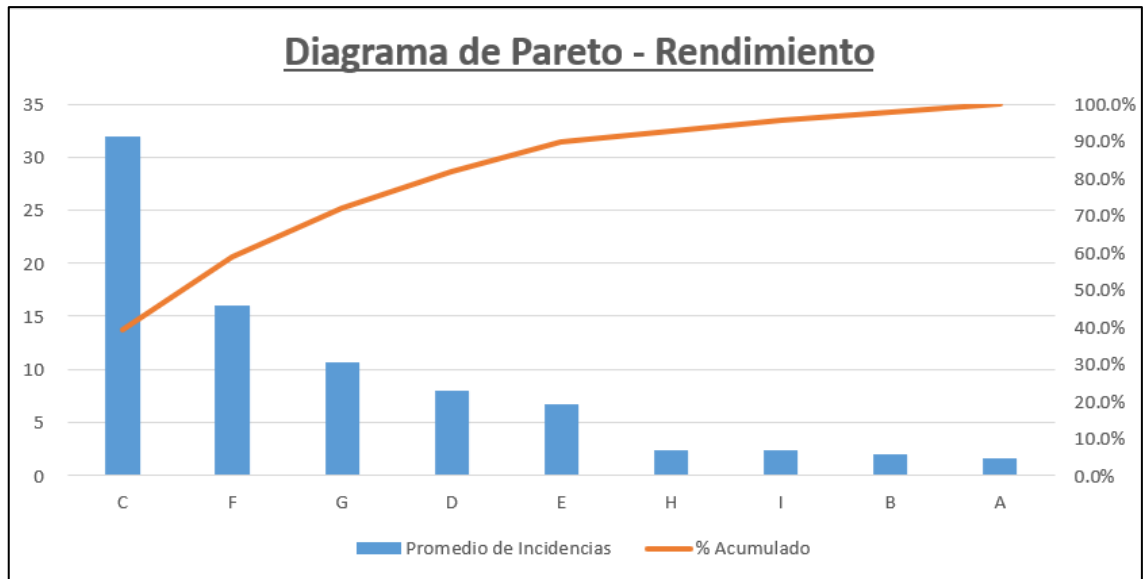
Tabla 3.4

Ordenamiento descendente de las causas identificadas – Rendimiento

Causa	Promedio de Incidencias	Porcentaje	% Acumulado
C	32	39,2%	39,2%
F	16	19,6%	58,8%
G	11	13,1%	71,8%
D	8	9,8%	81,6%
E	7	8,2%	89,8%
H	2	2,9%	92,7%
I	2	2,9%	95,5%
B	2	2,4%	98%
A	2	2%	100%
TOTAL	82	100%	

Figura 3.7

Diagrama Pareto – Rendimiento



Luego de realizar el ejercicio con la metodología indicada, se identifican que la 3 principal causa, que representan el 71,8% de la causalidad, respecto a la problemática en el proceso de mantenimiento son las siguientes:

- C: Sistemas de control semi-automáticos imprecisos. (39,2%)
- F: Bajo control de eficiencia de la maquinaria. (19,6%)
- G: Falta de especificaciones técnicas. (13,1%)

La Calidad, considerada como el tercer y último componente a analizar con relación al OEE, evalúa la cantidad de producción aceptable entre cantidad procesada. El resultado se verá afectado por los defectos existentes en el producto final. De acuerdo con la data brindada por la organización, se puede observar que el resultado promedio del último cuatrimestre del 2019 es del 99%, esto quiere decir, que la calidad del producto es considerada excelente. Motivo por el cual, este componente al carecer de defectos, no se utiliza la herramienta “Diagrama de Ishikawa”.

En base a los resultados obtenidos, se brinda prioridad a las primeras causas raíz de los componentes disponibilidad y rendimiento para efectos del posterior análisis.

CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4.1 Planeamiento de alternativas de solución

El nivel bajo del 56% del OEE requiere de una propuesta de mejora debido a que se ve afectado por el actual programa de mantenimiento para la maquinaria y equipos. Adicionalmente, en las visitas a la planta industrial se evidenció la inexistencia de un sistema de control automatizado de alta precisión.

En primer lugar, el Tiempo Promedio entre Fallas del área de producción requiere de una reducción considerable que podría lograrse con la adecuación de un plan de mantenimiento integral con el objetivo de minimizar las paradas planificadas y no planificadas. Por consiguiente, se lograría una mayor continuidad en el tiempo de operación con el incremento del actual valor de Lead Time, 1 hora y 42 minutos, en promedio por pedido la cual se reduciría en beneficio a la capacidad de respuesta de la empresa. En segundo lugar, las metodologías de ejecución manual en la etapa de dosificación de materias primas desfavorecen un sistema de control preciso de los recursos necesarios para la elaboración del concreto premezclado. El diseño de cada tipo de mezcla requiere de una dosis exacta por cada insumo, en el que está involucrado no solo la precisión sino también la vida útil de la maquinaria y equipo. Por ende, la implementación de un sistema de control automatizado garantizaría la prevención de los sobreusos y permitiría el ahorro de tiempo necesario por el tipo de producción saturada que presenta la empresa.

Las propuestas de mejora mencionadas brindarían la posibilidad de que los resultados reales respecto a los indicadores se aproximen a cumplir con el objetivo de lograr las metas planteadas por la empresa.

4.2 Selección de alternativas de solución

4.2.1 Determinación y ponderación de criterios de evaluación de las propuestas

De acuerdo con el punto 3.2, se procede a nombrar las siguientes propuestas de solución para cada una de las causas identificadas:

Tabla 4.1*Tabla de causa y propuestas de solución*

Causa – Raíz	Propuesta de solución
Inadecuado programa de mantenimiento	P1: Implementación de TPM
Carencia de control de stock de repuestos y herramientas	P3: Compras de nuevas tecnologías para la producción con los proveedores adecuados.
Falta de renovación de equipamiento	P3: Compras de nuevas tecnologías para la producción con los proveedores adecuados.
Sistemas de control semi-automáticos imprecisos	P3: Compras de nuevas tecnologías para la producción con los proveedores adecuados.
Bajo control de eficiencia de maquinaria	P2: Estandarización de procesos
Falta de especificaciones técnicas	P1: Implementación de TPM

En primer lugar, se realizará una ponderación tomando en cuenta las propuestas de solución. El análisis de ponderación se encuentra alineada principalmente al grado de importancia de acuerdo con la empresa. Con el fin de analizar el nivel de importancia de cada propuesta, se utilizará la Matriz de Enfrentamientos. Previamente, se obtendrá un ponderado aproximado para determinar la importancia de las propuestas, siendo el criterio más Importante con valor de 1 y el criterio menos importantote con valor de 0.

Tabla 4.2*Tabla de Enfrentamiento de propuestas de solución*

	P1	P2	P3	Puntaje	Peso
P1	-	1	1	2	50%
P2	0	-	1	1	25%
P3	0	1	-	1	25%
				4	

El objetivo de la tabla es priorizar la secuencia de aplicación de las herramientas. De acuerdo con la ponderación, se concluye que la propuesta número 1 es la más relevante, la cual corresponden a la Implementación de un Plan de Mantenimiento para la maquinaria y equipos. Sin embargo, para efectos de incrementar el nivel de OEE, se consideran las propuestas número 2 y 3 para el presente estudio.

4.2.2 Evaluación cualitativa y cuantitativa de alternativas de solución

La implementación de TPM, primera alternativa de solución conllevaría a cambios significativos respecto al cálculo de los indicadores generales y específicos, en el que se corroboró que el porcentaje del nivel del OEE se encuentra por debajo de la meta esperada. El objetivo de la implementación de la propuesta de solución está enfocado en la maximización de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) con la minimización a

40 horas/falla de las paradas por fallas y defectos y, así, asegurar un flujo continuo de producción que no afecte los componentes del indicador en estudio.

La organización proporcionó el costo anual de mantenimiento por un importe de S/ 300 000,00 aproximado, el cual se utiliza como dato de referencia para la evaluación cuantitativa en base a la relación del ahorro, tal como se detalla a continuación:

Tabla 4.3

Evaluación cuantitativa de la propuesta de solución 1

Costo Mantenimiento		OEE	
S/	300 000,00	56%	Actual
S/	197 647,00	85%	Mejorado
S/	102 353,00	Ahorro anual	
S/	8 529,00	Ahorro mensual	

Nota. Cálculo realizado con una relación directamente proporcional.

Se puede evidenciar que el ahorro en costo mensual respecto a la primera alternativa de solución sería de S/ 8 529,00.

La estandarización de procesos y compras de nuevas tecnologías para la producción con los proveedores adecuados, segunda y tercera alternativa de solución, conllevaría a la reducción del tiempo de ciclo de producción actual de 1 hora con 42 minutos o 1,7 horas a 1 hora con 30 segundos o 1,5 horas. Por consiguiente, generar un ahorro de costos gracias al incremento en la producción en m³ en un tiempo de ciclo menor, según los resultados en el punto 5.2.2. y detalle de la siguiente tabla:

Tabla 4.4

Evaluación cuantitativa de las propuestas de solución 2 y 3

Tciclo (hora)	m³	Ingreso	
1,7	5 828,00	S/	1 733 830,00
1,5	6 605,00	S/	1 965 007,00
Precio	297,50	S/	231 177,00

Nota. Cálculo realizado con una relación directamente proporcional.

Se puede evidenciar que el ahorro en costo mensual respecto a la primera alternativa de solución sería de S/ 231 177,00.

CAPÍTULO V: DESARROLLO Y PLANIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES

5.1 Ingeniería de la solución

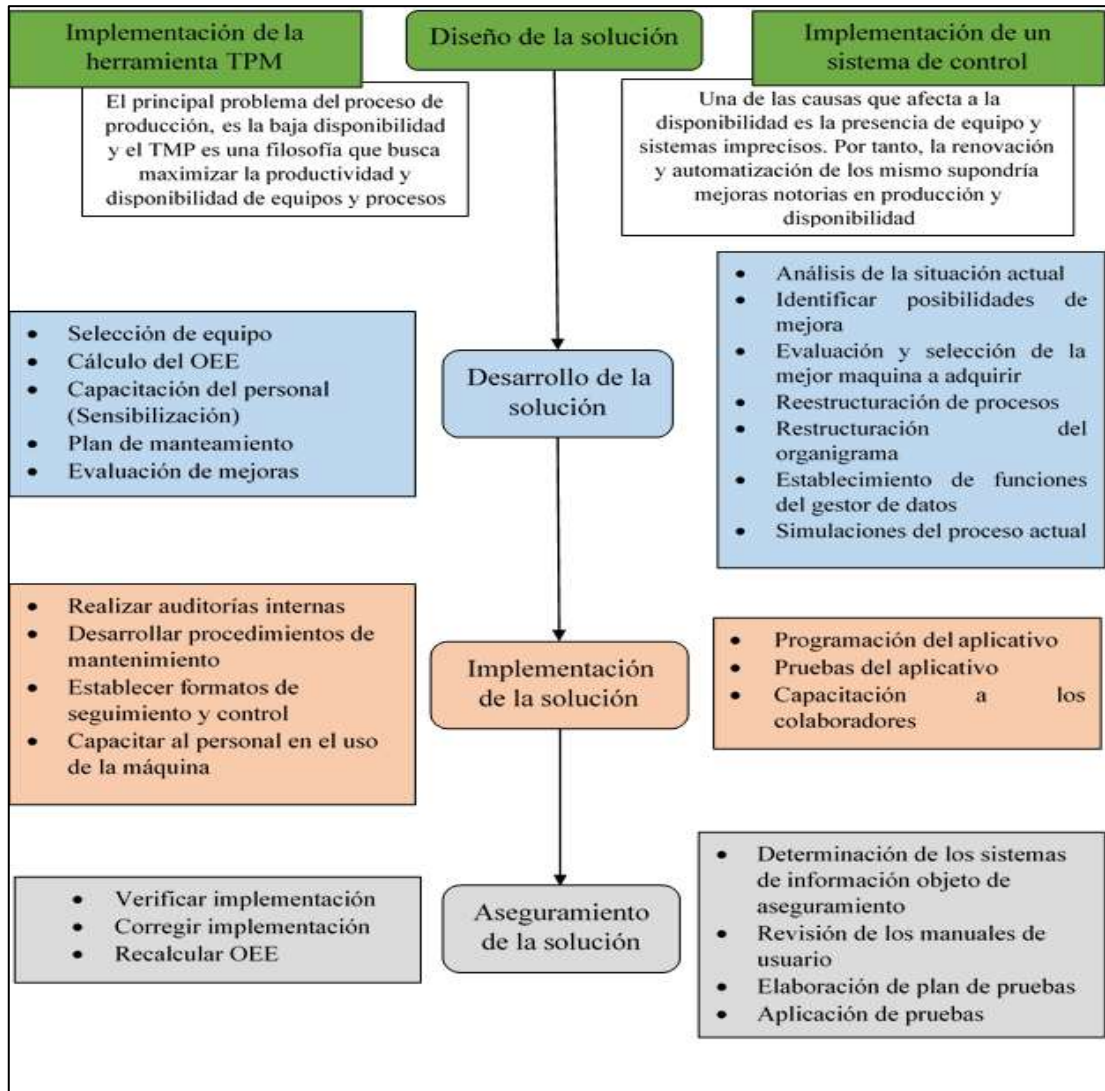
En la presente sección, se tomará como punto de partida los resultados obtenidos en la Sección 3.1.2, en la cual se identificó el problema principal; un nivel bajo de OEE de la maquinaria y equipos en el proceso de mantenimiento, debido a las 6 principales causas nombradas en la Tabla 4.1. Motivo por el cual, con el objetivo de dar solución al problema principal se utilizarán las siguientes técnicas y herramientas de ingeniería:

- Implementación de la herramienta TPM. Levitt (2010) afirma “el TPM se diseñó para identificar y eliminar sistemáticamente las pérdidas de equipos (tiempo de inactividad, ineficiencia, defectos” (p. 28). Bajo este concepto el TPM se establece como la herramienta adecuada para solucionar parte del problema del bajo nivel de OEE a través de una metodología de mantenimiento que permite mejorar la disponibilidad, rendimiento y calidad.
- Implementación de la herramienta VSM. Flores Bonilla y Yáñez Maji (2018) afirma “se emplea esta herramienta debido a que representa de forma esquemática el proceso productivo y logístico. Permitiendo identificar las operaciones que aportan valor al proceso de las que no (mudas), de esta manera se prioriza la acción de mejora futura” (p. 3). Por lo tanto, ante la presencia de sistemas y equipos imprecisos surge la necesidad de optimizar el proceso productivo y preservar la vida útil de los equipos.
- La gestión de compras. SAP Ariba (s.f.) afirma “proceso multietapas de iniciar y desarrollar relaciones con proveedores de bienes y servicios que una empresa compradora necesita para sus operaciones diarias y el cumplimiento de su misión.” (p. 1). Por lo tanto, en base al suministro óptimo de bienes para el mantenimiento de maquinaria y equipos se requiere una planificación de la gestión de proveedores.

La implementación de las metodologías para la mejora del proceso de mantenimiento y productivo de concreto premezclado se llevarán a cabo según las 3 etapas que se muestran y explican en la siguiente figura.

Figura 5.1

Etapas del despliegue de la solución



5.2 Guía de implementación de la solución

5.2.1 Guía de implementación de la herramienta TPM

Para la implementación de la herramienta TPM se propone un plan de trabajo que se muestra a continuación en siguiente tabla, donde se detalla las actividades a realizar dentro de la empresa.

Tabla 5.1*Lista de actividades planificadas para la implementación del TPM*

TAREA	RESPONSABLE	OBJETIVO	FECHAS		ACTIVIDAD
			INICIO	FIN	
Selección de equipo TPM	Jefe de Producción	Formar el equipo TPM de líderes de la implementación.	01/03	02/03	Capacitar a los miembros del equipo TPM.
Preparar al equipo	Jefe de Producción	Capacitar a los miembros del equipo.	03/03	05/03	Capacitar a través de programas educativos
Definir estrategias	Equipo TPM	Seleccionar las mejores estrategias de implementación.	8/03	11/03	Seleccionar las estrategias pertinentes para la propuesta de mejora.
Seleccionar Línea de Producción	Equipo TPM	Elegir la línea que genere valores altos de ingresos o bajos rendimientos.	15/03	19/03	Analizar las líneas/máquinas que representen el mayor valor para la cadena de producción.
Calcular OEE	Equipo TPM	Identificar el valor de OEE de la línea de producción.	22/03	01/04	Calcular el nivel de OEE y comparar con el nivel mundial.
Entrenar Operadores	Equipo TPM	Capacitar a los operarios que forman parte del proceso productivo.	02/04	03/05	Diseñar y ejecutar plan de capacitación interna.
Implementar	Equipo TPM	Implementar. Pilares establecidos.	04/05	28/05	Realizar auditorías internas para conocer la situación actual. Desarrollar procedimientos de mantenimiento y formatos de seguimiento y control.
Verificar Implementación	Equipo TPM	Identificar el estado en el que se encuentra la implementación	07/06	18/06	Realizar el seguimiento al estado después de la implementación.
Corregir Implementación	Equipo TPM	Llegar a las condiciones de la implementación planteada.	21/06	30/06	Realizar las correcciones necesarias para alcanzar el plan establecido.
Calcular OEE	Equipo TPM	Obtener el nuevo valor de OEE después de la implementación.	01/07	09/07	Realizar el cálculo OEE para evaluar los resultados de la implementación.

(Continúa)

(Continuación)

TAREA	RESPONSABLE	OBJETIVO	FECHAS		ACTIVIDAD
			INICIO	FIN	
Calcular disponibilidad	Equipo TPM	Obtener el nuevo valor de disponibilidad después de la implementación.	12/07	16/08	Realizar el cálculo de disponibilidad para evaluar los resultados de la implementación.
Calcular rendimiento	Equipo TPM	Obtener el nuevo valor índice de rendimiento después de la implementación.	19/08	23/08	Realizar el cálculo de índice de productividad para evaluar los resultados de la implementación.
Calcular tiempo de ciclo	Equipo TPM	Obtener el nuevo valor de tiempo de ciclo después de la implementación.	26/08	30/08	Realizar el cálculo de tiempo de ciclo para evaluar los resultados de la implementación.

Nota. Incluye tareas y fechas acorde al plan de implementación. De *Propuesta de Mejora para reducir los productos no Conformes en una empresa de Plástico, utilizando herramientas de Lean Manufacturing*, por O. Estrella y L. Fuentes, 2019

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/651566>

Establecido el TPM como herramienta de solución al problema principal; la baja disponibilidad de los equipos y maquinarias en el proceso productivo, se inicia la implementación con base en los 11 pasos planteados en la siguiente tabla.

Paso 1: Anuncio a la alta dirección

El correcto funcionamiento de la herramienta TPM es dependiente del interés y compromiso por parte de la alta dirección, debido a que de ellos depende la sostenibilidad a largo plazo. Por este motivo, la gerencia debe validar el plan de implementación de TPM en las áreas de producción y comunicarlo públicamente a todas las jefaturas involucradas en las reuniones internas.

Paso 2: Seleccionar al equipo TPM

Una vez se tiene el respaldo de la alta gerencia se debe constituir el equipo encargado de guiar la implantación en el área de producción. Razón por la cual, se ha constituido un equipo como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.2*Estructura propuesta de los equipos para el área de mantenimiento*

Actividad	Mantenimiento	Premezclado	Despacho
Líder	Gerente de Producción	Jefe de Producción	Jefe de Logística
Miembros	<ul style="list-style-type: none"> • Maestro mecánico • 2 mecánicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor de Operaciones • 2 operarios de cargador frontal • Operario de Producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor de Control de Calidad • 23 conductores
Total			34 personas

Paso 3: Lanzamiento de campaña educacional de TPM

El objetivo es la difusión para que los colaboradores estén más involucrados con la implementación. Las capacitaciones de formación en el TPM podrían dividirse en dos etapas, una primera de implicación, y otra segunda más pedagógica, como se observa en siguiente tabla.

Tabla 5.3*Temas de capacitación*

Etapas de implicación de los actores TPM	Etapas pedagógicas
<p>Su objetivo es aclarar las misiones de cada uno de los actores.</p> <p style="text-align: center;">Temas de capacitación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las 5S • El plan de mantenimiento programado • El auto mantenimiento • La transmisión de experiencia 	<p>Su objetivo es presentar la metodología TPM, conceptos básicos, medios disponibles, entre otros.</p> <p style="text-align: center;">Temas de capacitación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concepto, objetivos y beneficios del proyecto. • Capacitación sobre la correcta forma de la metodología TPM • Efectuar evaluaciones de los aprendidos en la capacitación. • Efectuar reuniones para aclaración de dudas y retroalimentaciones. • Ejecutar reuniones de seguimiento

Tabla 5.4

Costo estimado de capacitación inicial

PARÁMETRO	ESTIMACIÓN
TIEMPO	10 horas
RECURSOS	Curso de capacitación Implementos
COSTO	s/ 6 539,00

Nota. Cotización por parte del Instituto Peruano de Mantenimiento (Ver Anexo 5).

Paso 4: Establecer metas, indicadores y políticas del TPM

El objetivo principal de la implementación es incrementar la disponibilidad de los equipos del área de producción, de forma conjunta se tienen metas que se desean lograr como es el caso de: alcanzar una disponibilidad del 90%, un índice de productividad del 60%. Para el cumplimiento de estos objetivos y el alcance de estas metas, se utiliza como método de solución la herramienta de TPM y se establecen indicadores como: OEE, disponibilidad, índice de productividad, tiempo de ciclo de producción que permitirán medir la influencia de la implantación del sistema en la organización. Además, también se tienen otras metas que cumplir asociadas a la implantación del TPM, como son:

- Propagar la cultura de TPM.
- Desarrollar los pilares seleccionados y lograr su implementación.
- Comprometer a los colaboradores de las áreas de implementación a velar por el cumplimiento de la herramienta de TPM.
- Controlar la implementación de TPM y asegurar el cumplimiento mediante mejora continua.

Paso 5: Seleccionar la línea de producción

En este paso se debe identificar las condiciones actuales de los equipos correspondientes a la línea de producción. Las condiciones son evaluadas por: máquina y operario, quienes son los principales involucrados. Para finalizar, se calcula el indicador OEE (eficiencia productiva) para cada proceso. En lo referente a las condiciones de la máquina, se realiza un análisis en relación a: calidad, disponibilidad y rendimiento, información relevante para el cálculo del OEE. Mientras que las condiciones de operario están relacionadas con: conocimientos técnicos, resistencia al cambio, conocimientos operativos, entre otros.

Tabla 5.5*Análisis de la situación actual*

Equipo	Condiciones de la máquina	Condiciones del operario
Cargadores Frontales	<ul style="list-style-type: none"> - Motor diésel en óptimas condiciones. - Neumáticos nuevos. - Dientes del cucharón presenta desgaste. - Varillaje de Inclinación defectuosa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores cuenta con los EPP necesarios para la actividad.
Bomba Volumétrica	<ul style="list-style-type: none"> - Rodamientos de motor eléctrico requieren lubricación. - Pernos, tornillos y tuercas correctamente ajustadas. - Cables de alimentación requieren mayor aislamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo presencia de operarios encargados del mantenimiento preventivo. - Presencia de operarios con botas dieléctricas y con punta de acero.
Silos de Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Barandillas mal sujetadas. - Válvulas de sobrepresión - depresión en óptimas condiciones. - Filtro de mangas en óptimas condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo presencia de operarios encargados del mantenimiento preventivo.
Tolva Receptiva Rectangulares	<ul style="list-style-type: none"> - Sección Vertical y Convergente en óptimas condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operario cuentan con los EPP necesarios para la actividad.
Faja Transportadora Receptiva	<ul style="list-style-type: none"> - Banda transportadora de agregados gruesos presenta desgaste. - Tambor motriz y rodillos superiores requieren mantenimiento preventivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo presencia de operarios encargados del mantenimiento preventivo.
Tolva Dosificadora	<ul style="list-style-type: none"> - Sección Vertical y Convergente en óptimas condiciones. - Compartimientos divisores sin abolladuras ni corrosión. - Correcto funcionamiento eléctrico de sensores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sin presencia de operarios.
Balanzas Semi-Automática	<ul style="list-style-type: none"> - Plataforma sin abolladuras ni corrosión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operario requieren realizar actividad de alta riesgo para visualizar la correcta dosificación.
Fajas Transportadoras Alimentadoras	<ul style="list-style-type: none"> - Banda transportadora de mezcla de agregados gruesos presenta desgaste. - Tambor motriz y rodillos superiores requieren mantenimiento preventivo. - 4 unidades inoperativas por motor y/o tanques mezclados defectuosos. - 8 unidades operativas presentan desgaste considerable en los rodillos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo presencia de operarios encargados del mantenimiento preventivo.
Camiones Mixer	<ul style="list-style-type: none"> - 5 unidades operativas presentan desgaste en las paletas internas del tanque. - 5 unidades operativas requieren cambio en más de 3 neumáticos por unidad. - Sistema de localización GPS en unidades operativas en óptimas condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores capacitados para completar la homogenización del concreto premezclado con la adición condicional de agua o aditivos. - Conductores capacitados para completar la homogenización del concreto premezclado con la adición condicional de agua o aditivos.

Adicionalmente, se deben analizar las habilidades de los operarios. Aclarando que en la empresa se trabaja 1 turno de 10 horas efectivas por día, 6 días a la semana, para conocer la habilidad que posee un operario se desarrolla una calificación inicial sobre: conocimientos operativos y técnicos básicos de la máquina a cargo. De esta manera, se presenta el modelo para la calificación de las habilidades de los operarios cuyos cálculos previamente realizados por cada equipo y maquinaria se muestran en el Anexo 1, en donde se detalla la valoración asignada a los operarios para conocer respecto a las habilidades por cada equipo y máquinas según requerimientos de la empresa. Se realizó por cada una de éstas una matriz de habilidades, la cual consiste en ponderar el puntaje obtenido de los operarios. El criterio de calificación es el siguiente: 0: No conoce. No recibió instrucción, 1: Tiene conocimientos escasos. Opera con limitaciones. Necesita ayuda para realizar sus funciones, 2: Tiene conocimientos regulares. Opera sin ayuda. No conoce los fundamentos teóricos, y 3: Tiene buenos conocimientos. Aplica la teoría. Realiza sus funciones sin cometer errores.

Adicionalmente, se presenta un cuadro resumen de las calificaciones de las habilidades de los operarios.

Tabla 5.6

Calificaciones Cargador frontal

Operario	C. Operativos	C. técnicos	Promedio
1	73,33	85	79,17
2	73,33	85	79,17

- Cargador Frontal: Se ha identificado que ambos conductores al manejo de estos vehículos pesados poseen el nivel esperado para realizar de forma óptima su trabajo, esto se debe a las políticas de contratación y capacitaciones por la empresa, sin embargo, se pueden incrementar mediante la planificación de capacitaciones planteadas para mejorar las habilidades de los operadores.

Tabla 5.7

Calificaciones Tolva receptiva

Operario	C. Operativos	C. técnicos	Promedio
1	73,33	50	61,67

- Tolva Receptiva: Se ha identificado que el operario al manejo de estas máquinas posee el nivel mínimo esperado para realizar de forma óptima su trabajo, debido a un bajo nivel de conocimientos técnicos. Mismos que se pueden incrementar mediante la planificación de capacitaciones para mejorar las habilidades de los operadores. Cabe destacar que los conocimientos operativos de ambos son muy aceptables.

Tabla 5.8

Calificaciones Bomba Volumétrica

Operario	C. Operativos	C. técnicos	Promedio
1	73,33	50	61,67

- Bomba Volumétrica: Se ha identificado que los dos operarios al manejo de estas máquinas poseen el nivel mínimo esperado para realizar de forma óptima su trabajo, debido a un bajo nivel de conocimientos técnicos en hidráulica y eléctrica. Mismos que se pueden incrementar mediante la planificación de capacitaciones para mejorar las habilidades de los operadores. Cabe destacar que los conocimientos operativos de ambos son muy aceptables.

Tabla 5.9

Calificaciones Balanzas Semi-automáticas

Operario	C. Operativos	C. técnicos	Promedio
1	73,33	85	79,17

- Balanzas Semi-automáticas: Se ha identificado que el operario posee un nivel mayor al esperado al igual que la máquina anterior, debido a que también fueron partícipes de la instalación de las balanzas. Sin embargo, los conocimientos se pueden incrementar mediante la planificación de capacitaciones para mejorar las habilidades de los operadores.

Tabla 5.10*Calificaciones Camiones Mixer*

Operario	C. Operativos	C. técnicos	Promedio
1	85	85	85

- Camiones Mixer: Se ha identificado los conductores con el mismo perfil, ya que manejan los camiones mixer de características similares posee un nivel esperado para realizar de forma óptima su trabajo debido al requisito previo a su contratación sobre conocimientos mecánicos, hidráulicos y eléctricos. Estos que se pueden incrementar mediante la planificación de capacitaciones para mejorar las habilidades de los operadores.

Paso 6: Cálculo OEE por periodo y máquinas de la empresa

Una vez han sido evaluados cualitativamente operarios y maquinaria, el siguiente paso a seguir es el análisis de la OEE por el periodo en evaluación y de las maquinarias. Para esto se emplearán parámetros como: disponibilidad, rendimiento y calidad, los cuales al multiplicarse permitirán conocer el valor de OEE para cada periodo y máquina, y compararlo.

Figura 5.2*Escala de valoración del OEE.*

OEE	Valoración	Descripción
OEE<65%	Deficiente (Inaceptable)	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65%≤OEE<75%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejor. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75%≤OEE<85%	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85%≤OEE<95%	Buena	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95%≤OEE≤100%	Excelente	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Nota. Adaptado del curso de Gestión de Mantenimiento de la Universidad de Lima.

Figura 5.3*Ponderación ideal del OEE.*

OEE	=	Disponibilidad	*	Rendimiento	*	Calidad
>85%	=	>90%		>95%		>99%

Nota. Adaptado del curso de Gestión de Mantenimiento de la Universidad de Lima.

Se detalla procedimiento para el cálculo del OEE por periodo correspondiente al último cuatrimestre del 2019.

Tabla 5.11

Cálculo de la Disponibilidad del último cuatrimestre del 2019.

Mes 2019	T. operación (horas)	T. carga (horas)	Disponibilidad (%)
Setiembre	148	208	71%
Octubre	138	208	66%
Noviembre	138	208	66%
Diciembre	128	208	62%

Nota. Información obtenida en visitas guiadas a la Planta Industrial de Lidermix.

Tabla 5.12

Cálculo del Rendimiento del último cuatrimestre del 2019.

Mes 2019	T. Ciclo Ideal (horas)	Cap. Nominal (m ³ /hora)	Cant. Procesada (m3)	T. operación (horas)	Rendimiento (%)
Setiembre	0,02	41,67	5 531	148	75%
Octubre	0,02	41,67	5 472	138	79%
Noviembre	0,02	41,67	6 225	138	90%
Diciembre	0,02	41,67	6 082	128	95%

Nota. Información obtenida en visitas guiadas a la Planta Industrial de Lidermix.

Tabla 5.13

Cálculo de la Calidad del último cuatrimestre del 2019.

Mes 2019	Cant. Prod. Aceptables (m ³)	Defectuosos (m3)	Cant. Procesada (m3)	Calidad (%)
Setiembre	5 491	40	5 531	99%
Octubre	5 432	40	5 472	99%
Noviembre	6 179	46	6 225	99%
Diciembre	6 025	57	6 082	99%

Nota. Información obtenida en visitas guiadas a la Planta Industrial de Lidermix.

Tabla 5.14

Cálculo del OEE del último cuatrimestre del 2019.

Mes 2019	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
Setiembre	71%	75%	99%
Octubre	66%	79%	99%
Noviembre	66%	90%	99%
Diciembre	62%	95%	99%
PROMEDIO	66%	85%	99%
OEE		56%	

Nota. Información obtenida en visitas guiadas a la Planta Industrial de Lidermix.

Se puede observar que se obtuvo un OEE de 56% del último cuatrimestre del 2019, la cual es considerado como deficiente. Motivo por el cual, las mejoras son esenciales para aumentar la valoración, competitividad y reducir las pérdidas monetarias de la empresa por efecto del proceso productivo. Cabe recalcar, que el OEE del periodo fue afectado por el 66% de Disponibilidad y 85% de Rendimiento por debajo de las metas globales del 90% y 95%, respectivamente.

A continuación, se presenta el cuadro resumen del 2019 respecto al OEE por cada equipo y máquina que forma parte del proceso de producción. La data de la Tabla 5.15 corresponde al resultado de la multiplicación de los 3 componentes, tales como disponibilidad, rendimiento y calidad, del OEE como se puede observar en el Anexo 6. Cabe señalar, que la empresa no contaba con un sistema de registro de data para obtener los porcentajes por cada componente con exactitud, motivo por el cual, el área de producción brindó la data posterior validación verbal con los técnicos especializados en la operatividad y mantenimiento de los equipos y máquinas.

Tabla 5.15

Cálculo del OEE por equipo y máquina

Tipo de Máquina o Equipo	OEE 2019	Valoración	¿Aplicar TPM?
Cargador Frontal	76%	Aceptable	No requiere
Silos de Almacenamiento	80%	Buena	No requiere
Bomba Volumétrica	63%	Regular	Requiere
Tolvas Receptivas y Dosificadoras	76%	Buena	No requiere
Fajas Transportadoras	65%	Regular	Requiere
Compuertas Abatibles por Pistones	76%	Aceptable	No requiere
Balanzas Semi-Automáticas	76%	Aceptable	No requiere
Camiones Mixer	63%	Deficiente	Requiere
PROMEDIO	72%		

Nota. Solo el personal autorizado puede acceder a la información detallada del OEE por cada máquina; sin embargo, se pudo obtener un cuadro resumen con valores exportados de valores recibidos por correo electrónico por el personal administrativo.

- Cargador Frontal: Los 2 cargadores para agregados, piedra y arena, tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel 76% teniendo una valoración aceptable, es decir con una competitividad buena, ya que las unidades cuentan con 3 años de antigüedad.
- Silos de Almacenamiento: Ambos silos de cemento tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel del 80% teniendo una valoración aceptable, es

decir con una buena competitividad por lo que se le realiza un correcto mantenimiento para evitar la corrosión de las paredes de los silos.

- **Bomba Volumétrica:** Tiene un indicador OEE de competitividad con un nivel del 63% teniendo una valoración deficiente, es decir que requiere la aplicación de TPM debido al bajo rendimiento del 75% tal como se observa en el Anexo 6.
- **Tolvas Receptiva y Dosificadoras:** Ambos tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel del 76% teniendo una valoración aceptable, es decir con una buena competitividad por el mismo mantenimiento que se realiza a los silos de almacenamiento.
- **Fajas Transportadoras:** Tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel del 65% teniendo una valoración regular, es decir con una baja competitividad. La faja transportadora que se encuentra debajo de la balanza de la tolva dosificadora, fajas transportadoras alimentadoras, sufren un desgaste en las bandas y rodillos con mayor frecuencia debido a la fricción que se genera por la combinación de la piedra y arena. Adicionalmente, sucede lo mismo con la faja que está direccionada hacia el embudo del tambor del mixer.
- **Compuertas Abatibles por pistones:** Tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel del 76%, teniendo una valoración aceptable, es decir con una competitividad buena, ya que la estructura y el sistema de compresión de las compuertas se encuentra en óptimas condiciones. Cabe mencionar que el accionar es independiente y semi-automático para la compuerta de cada insumo y materia prima.
- **Balanzas Semi-Automáticas:** Tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel del 76% de teniendo una valoración aceptable, es decir con una competitividad buena debido a que son equipos con menos de 10 años de antigüedad y no ha sufrido corrosión debido al recubrimiento antioxidante realizado al momento de la adquisición de la máquina.
- **Camiones Mixer:** Tienen un indicador OEE de competitividad con un nivel del 63% teniendo una valoración deficiente, es decir con una muy baja competitividad, debido a aproximadamente el 36% de la flota de camiones mixer, 9 de 25 vehículos, se encuentran inoperativos por falta de reparaciones

o mantenimientos, y con el restante no se cumple en su totalidad con el programa de mantenimiento anual.

En resumen, se ha identificado a través del OEE con valoración más crítica (regular y deficiente) las máquinas a las cuales es adecuado aplicar la herramienta TPM.

Tabla 5.16

Tabla de resumen OEE de máquinas

Tipo de máquina	OEE	Valoración	¿Aplicar TPM?
Fajas Transportadoras	63%	Regular	Requiere
Bomba Volumétrica	65%	Regular	Requiere
Camiones Mixer	63%	Deficiente	Requiere

Paso 7: Análisis de causa raíz de bajo nivel de OEE

Identificadas las máquinas con valoración críticas se procede a reconocer las causas principales del bajo nivel de OEE que poseen. La herramienta seleccionada para el diagnóstico será el Diagrama de Ishikawa.

- Análisis de bajo OEE en las Fajas Transportadoras

Figura 5.4

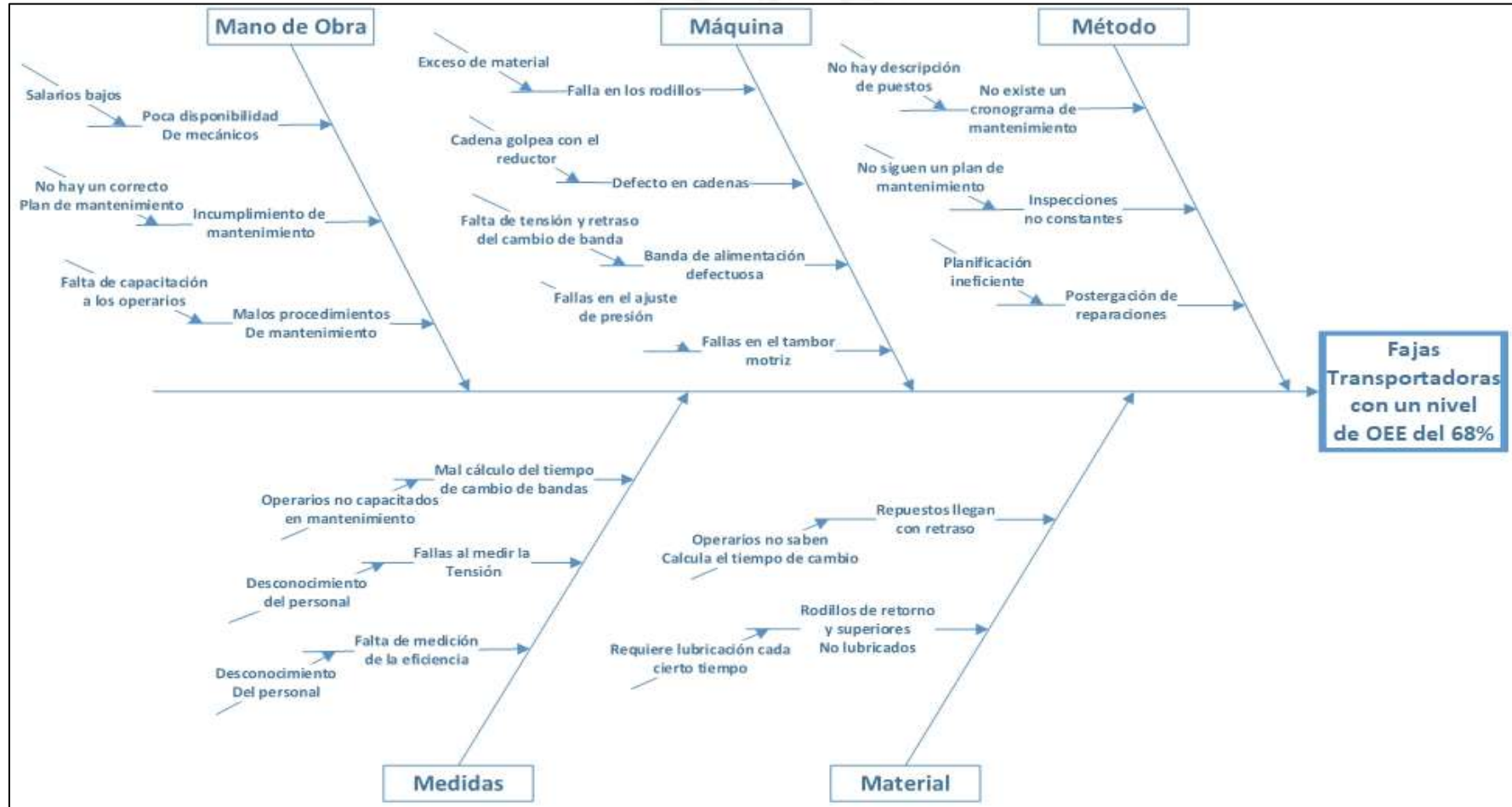
Ficha Técnica de la Faja Transportadora

• <u>DATOS GENERALES</u>	
Ancho de faja	: 30"
Dist. C/C final	: 22.467 mt.
Polines de carga	: Ø6" CEMA D
Polines de retorno	: Ø6" CEMA D
• <u>TRANSMISION</u>	
❖ Motor	NEMA IEEE841326TC
❖ Motorreductor	: KAD SX168-K2TC-326
❖ Índice de reducción	: 34.55
❖ Velocidad de salida	52.09 RPM
❖ Acople	SHAFT MOUNTED
• <u>DATA DE ALIMENTACION ELÉCTRICA:</u>	
Energía principal	: 480 V
Frecuencia	: 60 Hz
Fases	: 3
Tensión para control	: 120/1/160

Nota. De *Manual de Operación y Mantenimiento*, por Volcán Compañía Minera, 2003 (<https://fdocuments.ec/document/faja-transportadora-5655828b2100f.html>)

Figura 5.5

Diagrama de Ishikawa para las Fajas Transportadoras



- Análisis de bajo OEE en la Bomba Volumétrica

Figura 5.6

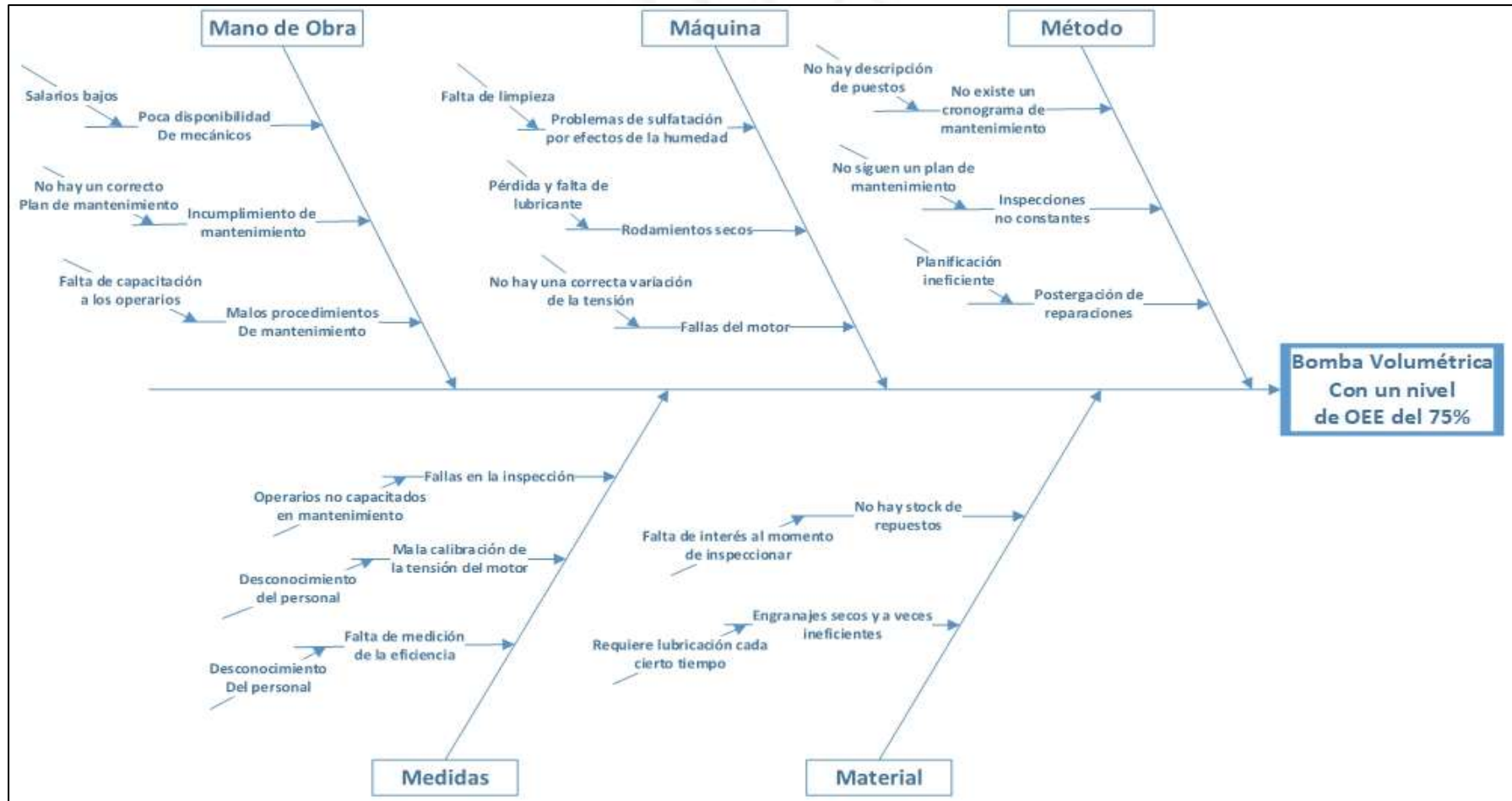
Ficha Técnica del Bomba Volumétrica

MOTOR TRIF. Y2-160M-4P 15HP 220-380-440V/60HZ - BEIJING
Características:
* Motor Beijing carcasa de Fierro Fundido Serie Y2, Protección IP54.
* Potencia: 15HP / 11KW
* Tensión de trabajo: 220/380/440 Vac, 60Hz
* Corriente: 38 / 21.9 / 19 Amp
* F.P: 0.84 Eficiencia: 88.4% Torque: 59.69 N.m. Peso: 123Kg.
* RPM: 1760, 4 polos
* Clase de aislamiento "F": 155°C, Rodamientos de marca "SKF" - Italiano
* Frame 160M, Diámetro eje: 42mm, Posición de trabajo B3: Con patas, sin brida.

Nota. De Motor Eléctrico Serie Y2, por Taizhou Dongchun Motor Co., 2020 (<https://www.dongchunmotor.com/es/motor-electrico-trifasico/detail/26.html>)

Figura 5.7

Diagrama de Ishikawa para el Bomba Volumétrica



- Análisis de bajo OEE en los Camiones Mixer

Figura 5.8

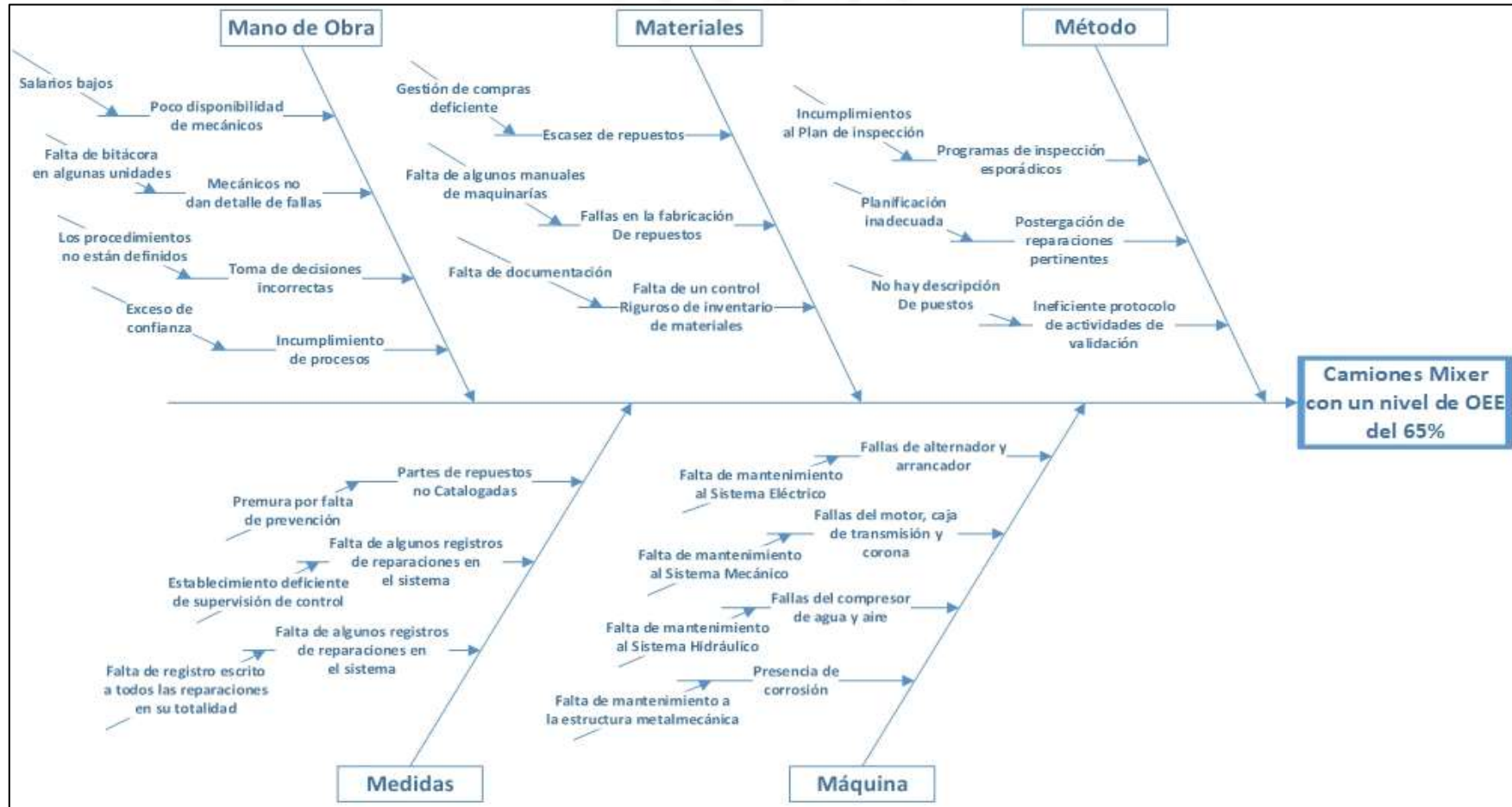
Ficha Técnica de Camiones Mixer

MOTOR	Mack E7-400 V-Mac III (E-TECH). Troqué 1460 lbft a 1200 RPM.
Potencia	400 HP a 1800 RPM
Capacidad de aceite (incluyendo filtros)	32 lts.
Freno motor	Jacobs sobre culatas de motor.
Compresor de aire	BendixMod. Tu-Flo 550 de 13,2 CFM (6,3 lts/seg.).
SISTEMA ELÉCTRICO	
Motor de arranque	Delco de 12 voltios tipo 400.
Baterías	3 de 12 voltios (1000 amp.) c/u.
Alternador	Delco de 12 voltios (110 amp.) 22 SI.
SISTEMA DE ADMISIÓN	
Purificador de elemento	CMCAC inter-cooler de aire montado sobre chasis.
Escape	simple tipo seco instalado dentro del compartimiento del motor.
SISTEMA REFRIGERACIÓN	
Fan Clutch	vertical simple con trampa de agua
Cap. del sistema	Bomba de agua centrifuga accionada por correas.
Acondicionador de refrigerante	EATON (Tipo Viscoso)
EMBRAGUE	12,3 lts. tipo cartucho
	EatonFuller CL 7981S 15.5

Nota. De *Productos Camiones Mixer*, por Salfa Camiones, 2020
(<https://salfacamiones.cl/productos/camion-granite-pjl-14-6-lbs-mdrive-12-vel/>)

Figura 5.9

Diagrama de Ishikawa de los Camiones Mixer



De los diagramas de causa y efecto de las máquinas analizadas existe una gran relación en las siguientes causas:

- Falta de un plan de mantenimiento optimizado
- Falta de entrenamiento del personal
- Falta de planificación del stock

Problemas para los cuales el TPM es la herramienta más adecuada para solucionarlos.

Paso 8: Diseñar el plan maestro de TPM

Este paso contiene las definiciones más relevantes e importantes del proyecto. Debido a que en él se definen: las actividades a realizar y los recursos necesarios que permitan alcanzar las metas y objetivos planeados. El equipo TPM se debe reunir con el fin de determinar los pilares a ser implementados, la selección de los mismos se debe hacer con base en una priorización de aquellos que más se requieran y que mayor impacto generen en la organización. Los pilares analizados para este proyecto fueron los que se mencionan a continuación:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Seguridad y entorno
- Formación y adiestramiento

Posterior al análisis de cada uno de estos pilares, se decidió desarrollar los siguientes pilares: mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, y formación y adiestramiento, como solución a los problemas de la empresa.

Paso 9: Implementación de los pilares establecidos.

Establecidos los pilares a ejecutar, como paso final se tiene la implementación. Para lo cual, se propone el siguiente desarrollo:

Desarrollo del Pilar I: Formación y adiestramiento

El TPM es una metodología que a través de su implementación busca la mejora continua dando la misma importancia a la maquinaria y al capital humano. Motivo por el cual, este

pilar busca generar que todo el personal vinculado con la línea de producción tenga la capacidad de ejecutar actividades de mantenimiento autónomo en su lugar de trabajo. Para el desarrollo de este pilar se establecen las siguientes etapas.

Tabla 5.17

Etapas del Pilar de Formación y Adiestramiento

Etapas	Actividad	Propuesta
1	Análisis de habilidades	Matriz de habilidades
2	Mejora de habilidades	Cronograma y temario actividades de capacitación
3	Lecciones de un punto (LUP)	Guías de LUP

Etapas 1: Análisis de habilidades

Esta etapa ya ha sido ejecutada en el paso 5, misma en la que se detalla el análisis de los conocimientos técnicos y operativos que poseen cada uno de los operarios y las áreas de conocimiento que deben ser mejoradas.

Etapas 2: Mejorar las habilidades técnicas

Una vez identificadas las áreas de bajo conocimiento técnico y operativo se considera necesario desarrollar un plan de capacitaciones brindadas por especialistas en cada una de estas áreas. Con la finalidad de poseer operarios capaces de identificar y solucionar fallas menores, siendo necesario que estos posean conocimientos básicos de electricidad y mecánica.

Los responsables de la gestión de las actividades de capacitación serán: área de producción, mantenimiento y recursos humanos. Para las recibir las capacitaciones se formarán grupos por turno de trabajo y tendrán una duración de 60 minutos.

Tabla 5.18

Costo estimado de capacitación inicial

Grupo 1	Grupo 2
Tolva receptiva	Camiones Mixer
Operario 1	23 conductores
Bomba volumétrica	Cargador Frontal
Operario 1	Operario 1
Balanza Semi-automática	Operario 2
Operario 1	-

El siguiente paso para seguir es definir las áreas de capacitación requeridas por el personal. Con base en la matriz de habilidades mostrada en el paso 5 se ha determinado que el personal requiere capacitación en las áreas de electricidad y mecánica básica.

Tabla 5.19

Cronograma grupos de capacitación

PERIODO	GRUPO 1	GRUPO 2
Semana 1	MECÁNICA	MECÁNICA
Semana 2	ELECTRICIDAD	MECÁNICA
Semana 3	MECÁNICA	MECÁNICA
Semana 4	ELECTRICIDAD	ELECTRICIDAD
Semana 5	MECÁNICA	MECÁNICA

Tabla 5.20

Temas a impartir en las capacitaciones

Temario electricidad básica	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> Identificar los riesgos asociados a la manipulación o contacto con sistemas y herramientas eléctricas Reconocer los sensores existentes, funcionamiento y limpieza de cada máquina Identificar los fallos asociados a la activación de las diferentes alarmas 	
Descripción	Dirigido a
Riesgos eléctricos	Grupo 1 y 2
Seguridad eléctrica en máquinas	Grupo 1 y 2
Uso de herramientas eléctricas	Grupo 1 y 2
Tipos de sensores, características, funcionamiento y limpieza	Grupo 1 y 2
Sistemas eléctricos: conceptos y mantenimiento	Grupo 1 y 2
Identificación de alarmas en máquinas	Grupo 1 y 2
Temario de mecánica básica	
Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> Identificar los componentes y funcionamiento de cada uno de los sistemas tratados Conocer las actividades básicas de sustitución o reemplazo de componentes Conocer los lubricantes y frecuencia de lubricación de las máquinas 	
Descripción	Dirigido a
Uso correcto de instrumentos de medición	Grupo 1 y 2
Uso correcto de herramientas manuales (llaves, tacómetro, termógrafo, etc.)	Grupo 1 y 2
Sistema de transmisión: conceptos, mantenimiento y riesgos relacionados	Grupo 1 y 2
Sistema de hidráulico: conceptos, mantenimiento y riesgos relacionados	Grupo 2
Sistema neumático: conceptos, mantenimiento y riesgos relacionados	Grupo 2
Fundamentos de lubricación de máquinas.	Grupo 1 y 2

Etapa 3: Lecciones de un punto (LUP)


El objetivo principal de estas lecciones es formar al operario para la ejecución de tareas de mantenimiento básico mediante una sencilla explicación. Mismas se registran en documentos que irán colocados en los lugares de trabajo.

Para línea de producción analizada se considera la creación de lecciones puntuales para las actividades que se realizan con mayor frecuencia y que pueden ser ejecutadas por los operadores. A continuación, se enlistan cada una de estas actividades:

- Verificar el nivel de aceite de cárter del motor.

Figura 5.10

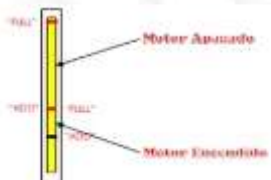
Guía verificación del estado y nivel de aceite del cárter del motor

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
Nº	1	Autor	
Máquina	Cargador Frontal	Sección	Motor
Actividad			
Verificar el nivel de aceite de cárter del motor			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
 <p>Ilustración 10 [10-Motor "Low"/10-Motor "High"]</p>			
Advertencia	<p>El aceite caliente y los componentes calientes pueden producir lesiones personales. No permita que el aceite o los componentes calientes toquen la piel.</p> <p>Efectúe este mantenimiento con el motor parado</p>		
Paso	Descripción		
1	Asegúrese de que el motor esté horizontal o en la posición normal de operación para obtener una indicación correcta del nivel de aceite.		
2	Después de que el motor haya sido DESCONECTADO, espere diez minutos para permitir que el aceite del motor drene al colector antes de comprobar el nivel del aceite.		
3	Mantenga el nivel del aceite entre la marca "Low" (Y) y la marca "High" (X) en la varilla de medición de aceite del motor. No llene el cárter por encima de la marca "High" (X) (Ver ilustración).		
4	Quite la tapa del tubo de llenado del aceite y añada aceite, si es necesario. Limpie e instale la tapa del tubo de llenado del aceite.		
Atención	<p>La operación de su motor cuando el nivel del aceite está por encima de la marca "High" (Alto) puede ocasionar que su cigüeñal quede sumergido dentro del aceite. Las burbujas de aire que se crean cuando el cigüeñal se sumerge en el aceite reducen las características lubricantes del aceite y podría dar como resultado una pérdida de potencia del motor.</p>		

- Verificar el nivel de aceite de transmisión.

Figura 5.11

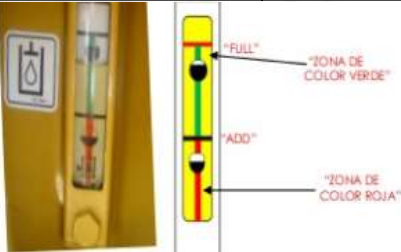
Guía verificación del nivel de aceite de transmisión

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
N°	2	Autor	
Máquina	Cargador Frontal	Sección	Motor
Actividad			
Verificar el nivel de aceite de la transmisión			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
			
Advertencia	Puede efectuarse con el motor encendido o apagado		
Paso	Descripción		
1	Asegúrese de que el motor esté horizontal o en la posición normal de operación para obtener una indicación correcta del nivel de aceite.		
2	Mantenga el nivel del aceite entre la marca “ADD” y la marca “FULL” en la mirilla de medición del aceite hidráulico (Ver ilustración).		
3	Quite la tapa del tubo de llenado del aceite y añada aceite, si es necesario. Limpie e instale la tapa del tubo de llenado del aceite.		

- Verificar el nivel de aceite hidráulico.

Figura 5.12

Guía verificación del nivel de aceite de transmisión

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
N°	2	Autor	
Máquina	Cargador Frontal	Sección	Motor
Actividad			
Verificar el nivel de aceite hidráulico			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
			
Advertencia	<p>El aceite hidráulico bajo presión y los componentes calientes pueden producir lesiones personales. No permita que el aceite o los componentes calientes toquen la piel.</p>		
	<p>Efectúe este mantenimiento con el motor parado</p>		
Paso	Descripción		
1	Asegúrese de que el motor esté horizontal o en la posición normal de operación para obtener una indicación correcta del nivel de aceite.		
2	Asegúrese de que el motor se encuentre apagado		
3	Mantenga el nivel del aceite entre la marca “ADD” y la marca “FULL” en la mirilla de medición del aceite hidráulico (Ver ilustración).		
4	Quite la tapa del tubo de llenado del aceite y añada aceite, si es necesario (Cuando se encuentre en la zona roja). Limpie e instale la tapa del tubo de llenado del aceite.		

- Inspección del estado de las puntas del cucharón.

Figura 5.13

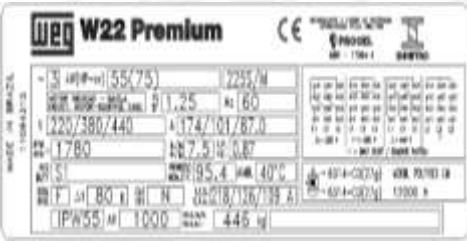
Guía verificación del nivel de aceite de transmisión

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
N°	3	Autor	
Máquina	Cargador Frontal	Sección	Cucharón
Actividad			
Inspección del estado de las puntas del cucharón			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
Advertencia	La caída del cucharón puede causar lesiones graves o fatales al personal		
	Ponga el soporte adecuado al cucharón antes de cambiarle las puntas o las orejetas		
Paso	Descripción		
1	Compruebe las puntas del cucharón para determinar si están gastadas (ver ilustración). Si presenta un agujero reemplácela.		
<p>Ilustración 255 (1) Nueva punta (2) Punta con agujero (3) Punta con agujero grande</p>			
Actividad			
Reemplazo de las puntas del cucharón			
Paso	Descripción		
1	Quite el pasador de la punta del cucharón. Se puede usar un martillo y punzón para expulsar el pasador desde el lado del reten		
2	Limpie el adaptador y el pasador		
3	Encaje el conjunto de reten en el abocardado que está en el lado del adaptador. Asegúrese que sea visible la cara del conjunto reten que tienen la marca “OUTSIDE”		
<p>Ilustración 256 (1) Conjunto de reten (2) Adaptador</p>			
4	Instale la punta nueva del cucharón en el adaptador		
<p>Ilustración 256</p>			
5	Introduzca el pasador por la punta del cucharón, el conjunto retén y el adaptador		
Atención	Las puntas del cucharón pueden ser giradas 180 grados para permitir que la punta se desgaste uniformemente. Además, las puntas se pueden mover de los dientes exteriores a los interiores. Verifique a menudo el estado de las puntas. Los dientes exteriores generan la mayor parte del desgaste		

- Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la banda

Figura 5.14

Guía lubricación de los rodamientos del motor eléctrico

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
N°	1	Autor	
Máquina	Faja transportadora	Sección	Motor Eléctrico
Actividad			
Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
Advertencia	El motor debe estar detenido y los controles eléctricos abiertos y bloqueados para evitar que sea energizado mientras se le hace mantenimiento		
	Nunca usar una sonda mecánica cuando el motor está operando.		
Paso	Descripción		
1	Sacar el tapón del drenaje		
2	Revisar el drenaje y eliminar cualquier obstrucción (grasa endurecida o materias extrañas) con una sonda mecánica. Tener cuidado de no dañar el rodamiento.		
3	Agregar grasa nueva. Ver en placa del motor la cantidad de grasa requerida. La grasa nueva debe ser compatible con la que tiene actualmente el motor.		
			
4	Correr el motor por 15 a 30 minutos sin el tapón de drenaje para permitir purgar el exceso de grasa (para evitar la posibilidad de sobre engrase).		
5	Detener la unidad y poner el tapón de drenaje.		
6	Poner el motor nuevamente en operación.		
Atención	Grasas de diferente base (litio, poliuretano, arcilla, etc.) pueden no ser compatibles para mezclarlas. Mezclar dichas grasas puede reducir la vida del lubricante y causar falla prematura del rodamiento. Evitar mezclas desarmando el motor, sacando toda la grasa antigua y lubricando con grasa nueva.		
	El sobre engrase puede producir temperatura excesiva de los rodamientos, falla prematura del lubricante y falla del rodamiento. No engrasar en exceso.		

- Limpieza de los controladores de faja.

Figura 5.15


Guía de limpieza de los controladores de faja

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
N°	2		Autor
Máquina	Faja transportadora	Sección	Controlador
Actividad			
Limpieza de los controladores de faja			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
Advertencia	La falta de un adecuado mantenimiento al equipo puede tener como resultado muerte, lesiones severas o fallas en el producto y puede impedir el funcionamiento correcto del aparato conectado.		
Paso	Descripción		
1	Limpiar periódicamente el controlador de polvo y desperdicios.		
2	Dejar limpias todas las superficies a intervalos regulares. El polvo puede acumular humedad provocando interrupción de voltaje.		
Atención	No usar aire comprimido ya que repartirá los contaminantes en otras superficies.		

- Control del nivel y estado del aceite

Figura 5.16

Guía de control de nivel y estado del aceite de la bomba

Guía de Lecciones de un punto (LUP)			
N°	1	Autor	
Máquina	Bomba volumétrica	Sección	Cuerpo
Actividad			
Control del nivel y estado del aceite			
Tipo de actividad			
Operacional	Mecánica	Eléctrica	Otros
Advertencia	Efectúe este mantenimiento con la máquina en frío		
Paso	Descripción		
1	Asegúrese de que la bomba esté horizontal o en la posición normal de operación para obtener una indicación correcta del nivel de aceite.		
2	Compruebe la cantidad de aceite en el indicador de nivel (situado en la parte posterior del cuerpo de la bomba, elemento G)		
			

Desarrollo del Pilar II: Mantenimiento Autónomo

Este pilar tiene como objetivo poseer operarios capaces de ejecutar las actividades básicas de mantenimiento y no únicamente ocupados en la operación de la máquina. Denotando de esta manera que el Mantenimiento Autónomo involucra al operario en actividades de limpieza, ajustes, lubricación, calibración, entre otras actividades que favorezcan a la disponibilidad operativa. Las capacitaciones establecidas en el Pilar I son fundamentales para el cumplimiento del objetivo. El Plan de mantenimiento autónomo se establecerá de forma independiente debido a que cada máquina presenta un modo de funcionamiento y operación diferente.

Plan de Mantenimiento Autónomo Camión Mixer

La implementación de mantenimiento autónomo se desarrollará mediante las siguientes etapas.

Etapas 1: Programa de inspección

Las actividades de inspección son de vital importancia para este tipo de maquinarias donde es difícil la predicción de roturas, fisuras o desgaste, que pueden llegar a generar fugas o comprometer a la totalidad de los sistemas. Previo a la implementación del TPM no se contaba con un registro de la ejecución de estas actividades, es por esto que será de vital importancia la concientización a los operarios sobre la importancia de cumplir con el plan de inspecciones. No obstante, se requiere del compromiso de los líderes de cada equipo para garantizar la ejecución en los tiempos establecidos y de la forma correcta.

Etapas 2: Programa de verificación

Las actividades de verificación son importantes ya que permite conocer el estado de los consumibles que usa la máquina, así como también, para identificar el funcionamiento que presentan diversos componentes, previo a la puesta en marcha. Debido a que un fallo de estos puede conducir a un bajo desempeño de la máquina o poner en riesgo la vida del operario y otros miembros de las áreas de trabajo. Una vez sean expuestas estas condiciones, se define y presenta el cronograma de inspección semanal a cargo de cada operario de máquina.

Etapa 3: Programa de limpieza

Siempre previo a la ejecución de actividades es necesario efectuar una limpieza ya que la presencia de suciedad u objetos extraños puede con llevar a errores en la operación de los equipos. Una vez sean expuesto estas condiciones, se define y presenta el cronograma de inspección semanal a cargo de cada operario de máquina.

Etapa 4: Control de actividades

Para controlar y registrar la ejecución de cada uno de los programas se establecen proponen los siguientes formatos. Un CheckList para las actividades de inspección donde se muestran cada una de las zonas a ser inspeccionadas en el cual se debe registrar con una X aquellas que presenten anomalías y un CheckList para las actividades de limpieza y verificación donde se debe registrar el cumplimiento de las mismas. De igual manera, será deber del supervisor en turno verificar que estos CheckList se llenan completa y adecuadamente.

Figura 5.17

Formato de Registro de actividades de inspección

Registro de Actividades	
<i>Nombre del responsable</i>	
<i>Fecha</i>	
<i>Supervisor a cargo</i>	
Actividades de Inspección	
<i>Motor</i>	<i>Sistema de transmisión</i>
Encendido de motor	Soporte de cardan con juego
Excesivo humo negro	Fuga de aceite por empaques
Recalentamiento	Revisión de tuercas de neumáticos
Excesivo humo blanco	Cambios bruscos
Fugas de aceite del motor por balancines	Se sueltan los cambios
Fugas de aceite de motor por el cárter	Demora en el embrague
Fugas de aceite por el turbo	Soporte de caja en mal estado
<i>Sistema de admisión y escape</i>	<i>Sistema Neumático</i>
Filtro de aire primario	Fuga por el tanque de aire
Filtro de aire secundario	Fuga por manguera de aire
Mangueras de admisión	Fuga por cañería de aire
Fugas en el turbo	Fuga de aire por válvulas
Intercooler con rajaduras	Fuga de aire por gobernador
Falta de mantenimiento en el intercooler	Filtro de compresora
<i>Sistema de combustible</i>	<i>Sistema de suspensión</i>
Fugas de combustible por cañerías	Estado de muelles delanteros
Mangueras de combustible resacas	Estado de abrazaderas de muelles
Indicador de combustible defectuoso	Estado de perno central
Tapa de tanque de combustible con fuga	Estado de amortiguadores
Fuga de petróleo por la bomba manual	Estado de muelles posteriores
Filtro de combustible con fuga	Estado de bogies
Fuga por la bomba de inyección	Estado de templadores
Tapa de combustible con fuga	Estado de llantas
<i>Sistema de refrigeración</i>	<i>Cabina del operador</i>
Ventilador	Panel de instrumentos e indicadores
Nivel de líquido refrigerante	Hrómetro
Fuga de refrigerante por la tapa del radiador	Asiento del operador
Mangueras del radiador rotas	Aire acondicionado
Fuga de refrigerante por el radiador	Espejos
Faja del ventilador reseca	Correa de seguridad
<i>Sistema Eléctrico</i>	<i>Parabrisas y plumillas</i>
Alternador	Estribos de acceso
Indicadores de tablero	Amortiguadores de la cabina
Faros y luces en general	Chapas y manijas de puerta
Alarmas de retroceso	Vidrios de puertas
Claxon	Control de frenos de parqueo
<i>Chasis</i>	<i>Hidráulico/ Mecánico</i>
Estado del embudo	Fuga de aceite de bomba
Estado de los chutes	Fuga de aceite de motor hidráulico
Estado de la escalera	Fuga de aceite reductor
Estado de polines	Enfriador de aceite
Accesorios de lavado	Estado de crucetas

*Marcar con X donde se encuentre el fallo

Mantenimiento Autónomo Faja transportadora Alimentación

Las actividades de inspección en este tipo de máquinas son fundamentales debido a que trabaja en condiciones altamente severas al recibir y transportar materiales altamente abrasivos que afectan considerablemente la vida útil. Motivo por el cual, se vuelve necesario ejecutar inspecciones frecuentes con la finalidad de identificar fallos impredecibles como son las fisuras en la faja o fugas de fluidos.

Etapas 2: Programa de verificación

Las actividades de verificación permiten garantizar la correcta operación debido a que buscan comprobar previo a la operación que cada uno de los componentes funcionales se encuentren en sus respectivas posiciones (alineamiento, contacto y distancia).

Etapas 3: Programa de limpieza

Las actividades de limpieza constituyen un factor determinante para el óptimo funcionamiento de la faja debido a que no llevarlas a cabo supondrían problemas de estancamiento, desborde del material y fallo de componentes, además son las más simples de ejecutar.

Etapas 4: Control de actividades

Para controlar y registrar la ejecución de cada uno de los programas se establecen proponen los siguientes formatos. Un CheckList para las actividades de limpieza, inspección y verificación donde se debe registrar el cumplimiento de estas.

Plan de Mantenimiento Autónomo Tolva Dosificadora

Etapas 1: Programa de inspección

En este tipo de máquinas se llevan a cabo actividades de inspección debido a que permiten conocer cómo se encuentra el estado general de la estructura y de los elementos de unión.

Etapas 2: Programa de verificación

Las actividades de verificación permiten evitar la presencia de cuerpos o materiales ajenos al proceso que comprometan al estado físico y funcional de la tolva.

Etapa 3: Programa de limpieza

Las actividades de limpieza se establecen como el mecanismo más sencillo para alargar la vida útil de este tipo de estructuras. Una vez sean expuesto estas condiciones, se define y presenta el cronograma de inspección semanal a cargo de cada operario de máquina.

Etapa 4: Control de actividades

Para controlar y registrar la ejecución de cada uno de los programas se establecen proponen el siguiente formato. Un Checklist para las actividades de limpieza, inspección y verificación donde se debe registrar el cumplimiento de estas.

Figura 5.18

Formato de Registro de actividades de limpieza, inspección y verificación

Actividades de Inspección	
Inspección visual del estado de la tolva	
Inspección del ajuste de pernos, tornillos y tuercas.	
Inspección visual que la tolva soporta el peso de los agregados.	
Inspección en búsqueda de tornillos o empaques en malas condiciones.	
Actividades de verificación	
Verificar que no exista material ajeno en la tolva.	
Actividades de Limpieza	
Limpieza de polvo y desechos de la estructura de la tolva	

Plan de Mantenimiento Autónomo Bomba volumétrica

Etapa 1: Programa de inspección

Se consideran necesarias actividades de inspección para el control del nivel de aceite y búsqueda de fallas, debido a que problemas con estos puede limitar seriamente el desempeño de la bomba. Una vez sean expuesto estas condiciones, se define y presenta el cronograma de inspección semanal a cargo de cada operario de máquina.

Etapa 2: Programa de limpieza

Siempre son necesarias actividades de limpiezas en los componentes expuestos a condiciones adversas como el caso de los filtros con la finalidad de prolongar la vida útil. Una vez sean expuesto estas condiciones, se define y presenta el cronograma de inspección semanal a cargo de cada operario de máquina.

Etapa 3: Control de actividades

Para controlar y registrar la ejecución de cada uno de los programas se establecen proponen el siguiente formato. Un CheckList para las actividades de limpieza, inspección y verificación donde se debe registrar el cumplimiento de estas.

Figura 5.19

Formato de Registro de actividades de limpieza, inspección y verificación

Actividades de Inspección	
Inspección del nivel y estado del aceite	
Inspección en búsqueda de fugas de agua o aceite	
Actividades de Limpieza	
Limpieza de los filtros	

Desarrollo del Pilar III: Mantenimiento Planificado

Este pilar permite la optimización de los procesos de mantenimiento y consecuentemente la reducción de tiempo de paradas no programadas y costos operativos. Como se pudo identificar en los diagramas causa raíz existe un plan de mantenimiento preventivo en la empresa, pero con la dificultad de que no se cumplen con las frecuencias programas ni la correcta ejecución de las actividades. Lo cual se ve reflejado en la baja disponibilidad de máquinas como: Camiones Mixer, fajas transportadoras y bomba volumétrica (ver Paso 6).

Identificados estos problemas, en el desarrollo de este pilar se propone un nuevo plan de mantenimiento preventivo. Mismo que poseerá frecuencias programadas para su ejecución en grupos generales de actividades (limpieza, lubricación, reemplazo, verificación y otros) para cada sistema. Además, con el objetivo de verificar y registrar el cumplimiento del plan se establecerán formatos de registro que permitan asegurar el cumplimiento de las actividades necesarias por cada intervención de mantenimiento.

Plan de Mantenimiento Planificado Camión Mixer

Etapa 1: Programa de Mantenimiento

Con base en los manuales de operación y mantenimiento del fabricante sumado a la experticia por parte del área de mantenimiento se han fijado las actividades de mantenimiento a realizar con su respectiva frecuencia y encargado.

Tabla 5.21*Plan de mantenimiento Camión Mixer*

Plan de Mantenimiento Camiones Mixer			
Acción de mantenimiento	Mtto.	Encargado	Frec. (h)
Reemplazo del aceite del motor	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de aceite	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de agua	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de combustible	Preventivo	Mecánico	300
Limpieza de filtro de aire primario y secundario	Preventivo	Mecánico	300
Verificación del estado del radiador	Predictivo	Mecánico	300
Limpieza del aire comprimido	Preventivo	Mecánico	300
Regulación la zapata de freno delantero y posterior	Preventivo	Mecánico	300
Drenaje de tanques de aire	Preventivo	Mecánico	300
Inspección del estado de la batería y la fijación de cables	Preventivo	Mecánico	300
Inspección del estado de la bomba y motor hidráulico	Preventivo	Mecánico	300
Lubricación de articulaciones, rotulas, eje y perno maestro del puente delantero	Preventivo	Mecánico	300
Lubricación de las crucetas de árbol de dirección	Preventivo	Mecánico	300
Lubricar polines, pista, eje y articulaciones de chute	Preventivo	Mecánico	300
Lubricar levas y reguladores de frenos delanteros y posteriores	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de aire	Preventivo	Mecánico	600
Inspección del turbo compresor (desmontaje tubería admisión)	Preventivo	Mecánico	600
Inspección del ventilador y polea	Preventivo	Mecánico	600
Regulación del juego de terminales de dirección	Preventivo	Mecánico	600
Regulación del conjunto embrague	Preventivo	Mecánico	600
Inspección del estado de la pintura del trompo y chasis	Preventivo	Mecánico	600
Verificación del funcionamiento del termostato	Predictivo	Mecánico	1 200
Calibración de válvulas	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo del O-ring de control de giro	Preventivo	Mecánico	1 200
Verificación del nivel de aceite hidráulico	Predictivo	Mecánico	1 200
Lubricación del mando posterior del trompo (giro y aceleración)	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo del filtro hidráulico	Preventivo	Mecánico	2 400
Reemplazo del líquido refrigerante	Preventivo	Mecánico	2 400
Inspección del estado de las mangueras de agua	Preventivo	Mecánico	2 400
Verificar el nivel de desgaste de forros de freno	Predictivo	Mecánico	2 400
Inspección del estado de las válvulas de freno	Preventivo	Mecánico	2 400
Rectificación del tambor	Preventivo	Mecánico	2 400
Vulcanizado de zapatas	Preventivo	Mecánico	2 400
Inspección de ratchet eje z y rodamientos	Preventivo	Mecánico	2 400
Reemplazo del aceite hidráulico	Preventivo	Mecánico	2 400
Inspección total del enfriador de aceite	Preventivo	Mecánico	2 400

Etapa 2: Identificación de insumos

Una vez se han establecido las actividades a realizar, se procede a reconocer los insumos necesarios durante su ejecución cuyas cantidades se determinan con base en los catálogos del fabricante.

Tabla 5.22

Insumos a utilizar Camión Mixer

Descripción	Cant.	Unidad
Filtro de aceite	1	UND
Filtro de combustible	1	UND
Filtro separador de agua	1	UND
Filtro de admisión primario y secundario	1	UND
Empaque catalizador	2	UND
Aceite 15W 40	9	GL
Desengrasante	1,5	GL
Trapo Industrial	0,25	KG
Filtro Hidráulico	2	UND
Kit de tapa de combustible	1	UND
O-ring de tapa de F. hidráulico	2	UND
O-ring de F. transmisión	1	UND
O-ring de MF y diferenciales	8	UND
Aceite Mobil DTE 26	8	GL
Aceite SAE 80W 90	4,5	GL
Aceite SAE 85W 140	0,5	GL
Grasa Mobil LUX EP-2	2,5	KG
Desincrustante	1,5	GL

Etapa 3: Control de actividades

En esta etapa se establecerán los formatos de registro para la verificación del cumplimiento del plan. Se propone un CheckList donde las actividades se agrupan de acuerdo con el tipo: inspección, lubricación, limpieza, reemplazo, verificación (Anexo 2) y las casillas de registro se establecen de acuerdo con la frecuencia de ejecución en horas.

Figura 5.20*Formato de registro actividades de lubricación Mixer*

Responsable									
Equipo	Camión Mixer								
Tema	Plan de Mantenimiento Planificado								
Actividades de Lubricación									
	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	Encargado
Lubricación de articulaciones, rotulas, eje y perno maestro del puente delantero									Mecánico
Lubricación de crucetas, cardan principal, intermedia y de bomba									Mecánico
Lubricar polines, pista, eje y articulaciones de chute									Mecánico
Lubricar levas y reguladores de frenos delanteros y posteriores									Mecánico
Lubricación del mando posterior del trompo (giro y aceleración)									Mecánico

Plan de Mantenimiento Planificado Cargador frontal**Etapas 1: Programa de Mantenimiento**

Con base en los manuales de operación y mantenimiento del fabricante sumado a la experticia por parte del área de mantenimiento se han fijado las actividades de mantenimiento a realizar con su respectiva frecuencia y encargado.

Tabla 5.23*Plan de mantenimiento Cargador frontal*

Plan de mantenimiento Cargador Frontal			
Acción de mantenimiento	Mtto.	Encargado	Frec. (h)
Reemplazo del aceite del motor	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de aceite del motor	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de combustible	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro separador del agua	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de admisión primario	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del filtro de admisión secundario	Preventivo	Mecánico	300
Reemplazo del empaque del catalizador	Preventivo	Mecánico	300
Inspección el nivel de aceite del radiador	Predictivo	Mecánico	300
Lubricación de los pines de la articulación central	Preventivo	Mecánico	300
Lubricación de los pines del cucharón	Preventivo	Mecánico	300
Lubricación de los pines de cilindro de dirección	Preventivo	Mecánico	300
Inspección del estado del arrancador y del alternador	Preventivo	Eléctrico	300
Inspección del nivel de aceite hidráulico	Preventivo	Mecánico	300
Verificación de la sujeción de la bomba	Predictivo	Mecánico	300
Inspección del estado de las mangueras hidráulicas	Preventivo	Mecánico	300
Verificación del funcionamiento del freno de parqueo	Predictivo	Mecánico	300
Verificación del funcionamiento del freno de servicio	Predictivo	Mecánico	300

(Continúa)

(Continuación)

Plan de mantenimiento Cargador Frontal			
Acción de mantenimiento	Mtto.	Encargado	Frec. (h)
Inspección del estado de los soportes del motor	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo del filtro de transmisión	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo del O ring del filtro de transmisión	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo de O ring del filtro magnético del convertidor	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo del aceite de diferenciales y mandos finales	Preventivo	Mecánico	1 200
Reemplazo del aceite de transmisión	Preventivo	Mecánico	1 200
Revisión de la temperatura de admisión de aire 10 a 50 °C	Predictivo	Mecánico	1 200
Verificación de la presión de la válvula de alivio de dirección 17250 +/- 550 kPa	Predictivo	Mecánico	1 200
Verificación de presión de frenos de servicio 6890 +/- 345 kPa	Predictivo	Mecánico	1 200
Verificación de presión de frenos de parqueo 3450 +/- 140 kPa	Predictivo	Mecánico	1 200
Verificación de la carga del acumulador	Predictivo	Mecánico	1 200

Etapa 2: Identificación de insumos

Una vez se han establecido las actividades a realizar, se procede a reconocer los insumos necesarios durante su ejecución cuyas cantidades se determinan con base en los catálogos del fabricante.

Tabla 5.24

Insumos a utilizar Cargador Frontal

Descripción	Cant.	Unidad
Filtro de aceite	1	UND
Filtro de petróleo	1	UND
Filtro separador de agua	1	UND
Filtro de admisión primario	1	UND
Filtro de admisión secundario	1	UND
Empaque catalizador	2	UND
Aceite 15W 40	6,7	GL
Desengrasante	1,5	GL
Trapo Industrial	0,25	KG
Filtro de transmisión	1	UND
Filtro Hidráulico	2	UND
Kit de tapa de combustible	1	UND
O-ring de tapa de F. hidráulico	2	UND
O-ring de tapa de cárter	1	UND
O-ring de F. transmisión	1	UND
O-ring de MF y diferenciales	8	UND
O-ring del convertidor Mag.	1	UND
Aceite SAE HD 30	12	GL
Aceite SAE 80W 90	22	GL
Desincrustante	1,5	GL

Etapa 3: Control de actividades

En esta etapa se establecerán los formatos de registro para la verificación del cumplimiento del plan. Se propone un CheckList donde las actividades se agrupan de acuerdo con el tipo: lubricación, inspección, limpieza, reemplazo, verificación y las casillas de registro se establecen de acuerdo a la frecuencia de ejecución en horas.

Figura 5.21

Formato de registro actividades de lubricación del Cargador Frontal

Responsable	Cargador Frontal								
Equipo	Cargador Frontal								
Tema	Plan de Mantenimiento Planificado								
	Actividades de Lubricación								
	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	Encargado
Lubricación de los pines de la articulación central									Mecánico
Lubricación de los pines del cucharón									Mecánico
Lubricación de los pines del Link									Mecánico
Lubricación de los pines del Boom									Mecánico
Lubricación de los pines de cilindro de dirección									Mecánico

Figura 5.22

Formato de registro actividades de limpieza Cargador Frontal

Responsable	Cargador Frontal								
Equipo	Cargador Frontal								
Tema	Plan de Mantenimiento Planificado								
	Actividades de Limpieza								
	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	Encargado
Lavado del radiador, intercooler y enfriador									Mecánico
Lavado del catalizador									Mecánico
Limpieza de los terminales de la batería									Mecánico

Plan de Mantenimiento Planificado Faja Transportadora Alimentadora

Etapa 1: Programa de Mantenimiento

Con base en los manuales de operación y mantenimiento del fabricante sumado a la experticia por parte del área de mantenimiento se han fijado las actividades de mantenimiento a realizar con su respectiva frecuencia y encargado.

Tabla 5.25*Plan de Mantenimiento Faja Transportadora Alimentadora*

Plan de mantenimiento Faja transportadora Alimentadora			
Acción de mantenimiento	Mtto.	Encargado	Frec. (h)
Inspección del reductor mediante un ensayo termográfico (aceite) y ensayo vibracional (estado del reductor)	Predictivo	Mecánico	50
Inspección del estado, contacto y alineación de la faja y polines	Preventivo	Mecánico	50
Lubricación de los rodamientos de las chumaceras	Preventivo	Mecánico	50
Inspección de los limpiadores (ajuste de conectores, alineamiento, desgaste)	Preventivo	Mecánico	50
Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico	Preventivo	Eléctrico	50
Inspección de los dispositivos de parada de emergencia	Preventivo	Mecánico	100
Inspección del ajuste de pernos, tornillos y tuercas	Preventivo	Mecánico	100
Inspección del estado y nivel de tensión de la banda transportadora	Preventivo	Mecánico	100
Inspección del nivel y estado del aceite del reductor	Predictivo	Mecánico	100
Lubricación de la cabeza del perno del brazo del enclavamiento mecánico	Preventivo	Mecánico	100
Reemplazo de las hojas limpiadoras	Preventivo	Mecánico	200
Limpieza del filtro de aceite y tapón del venteo del reductor	Preventivo	Mecánico	1 000
Inspección del estado de las chavetas	Preventivo	Mecánico	1 000
Inspección del estado de los sellos de los rodamientos	Preventivo	Mecánico	1 000
Inspección del nivel de desgaste en los polines y poleas	Predictivo	Mecánico	1 000
Lubricación del eje de salida del motor y del reductor	Preventivo	Mecánico	1 000
Reemplazo del aceite del reductor	Preventivo	Mecánico	2 000
Inspección del ajuste de los pernos de anclaje	Preventivo	Mecánico	2 000
Inspección del circuito de comando, cables de alimentación y arrancador del motor	Preventivo	Mecánico	2 000
Inspección de las uniones a presión y aplicar una capa de lubricante	Preventivo	Mecánico	2 000
Inspección del estado de la lubricación de los polines	Preventivo	Mecánico	2 000
Lubricación de los rodamientos del reductor	Preventivo	Mecánico	2 000
Reemplazo de las poleas y polines	Preventivo	Mecánico	4 000
Reemplazo de la Faja Transportadora	Preventivo	Mecánico	4 000

Etapa 2: Identificación de insumos

Una vez se han establecido las actividades a realizar, se procede a reconocer los insumos necesarios durante su ejecución cuyas cantidades se determinan con base en los catálogos del fabricante.

Tabla 5.26*Insumos a utilizar Faja Alimentadora*

Descripción	Cant.	Unidad
Aceite Shell Omala 220	7	L
Grasa EP2 / GRA-TM2	280	g
Grasa EP2 / GRA-TM2	330	g
Grasa Mobil Polyrex EM	18	g
Hoja limpiador primario	1	UND
Hoja limpiador de secundario	1	UND
Hoja limpiador de cola	1	UND
Desengrasante	1,5	GL
Desincrustante	1,5	GL
Polea diámetro 426 mm	1	UND
Polea diámetro 494 mm	1	UND
Rodillo de carga impacto	1	UND
Rodillo de carga normal	1	UND
Rodillo de retorno plano	1	UND
Rodillo de carga autoalineable	1	UND
Rodillo de retorno plano autoalineable	1	UND
Faja Dupond 30"	1	UND

Etapas 3: Control de actividades

En esta etapa se establecerán los formatos de registro para la verificación del cumplimiento del plan. Se propone un CheckList donde las actividades se agrupan de acuerdo con el tipo: lubricación, inspección, limpieza, reemplazo y las casillas de registro se establecen de acuerdo con la frecuencia de ejecución en horas.

Figura 5.23*Formato de registro actividades de lubricación Faja Transportadora Alimentadora*

Responsable																								
Equipo	Faja Transportadora Receptiva																							
Tema	Plan de Mantenimiento Planificado																							
Actividades de Lubricación																								
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	2000	4000	Encargado	
Lubricación de los rodamientos de las chumaceras																								Mecánico
Lubricación de la cabeza del perno del brazo del enclavamiento mecánico																								Mecánico
Lubricación del eje de salida del reductor y del reductor																								Mecánico
Lubricación de los rodamientos del reductor																								Mecánico

Plan de Mantenimiento Planificado Bomba Volumétrica

Tabla 5.27

Etapas implementación del Mantenimiento Planificado Bomba Volumétrica

Etapa	Actividad	Propuesta
1	Programa de Mantenimiento	Lista de acciones a realizar
2	Identificación de Insumos	Lista de consumibles
3	Control de actividades	Diseño de formatos y CheckList

Etapa 1: Programa de Mantenimiento

Tabla 5.28

Plan de Mantenimiento Bomba volumétrica

Plan de mantenimiento Bomba Volumétrica			
Acción de mantenimiento	Mtto.	Encargado	Frec. (h)
Inspección del reductor mediante un ensayo termográfico (aceite) y ensayo vibracional (estado del reductor)	Preventivo	Mecánico	50
Inspección del estado del sistema hidráulico	Preventivo	Mecánico	50
Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico	Preventivo	Eléctrico	50
Inspección de los dispositivos de parada de emergencia	Preventivo	Mecánico	100
Inspección del ajuste de pernos, tornillos y tuercas	Preventivo	Mecánico	100
Inspección del nivel y estado del aceite del reductor	Predictivo	Mecánico	100
Reemplazo del aceite de la bomba	Preventivo	Mecánico	500
Limpieza del filtro de aceite y tapón del venteo del reductor	Preventivo	Mecánico	1 000
Lubricación del eje de salida del motor y del reductor	Preventivo	Mecánico	1 000
Reemplazo de los sellos mecánicos	Preventivo	Mecánico	1 000
Reemplazo de las válvulas de aspiración e impulsión	Preventivo	Mecánico	1 500
Inspección del circuito de comando, cables de alimentación y arrancador del motor	Preventivo	Mecánico	2 000
Lubricación de los rodamientos del reductor	Preventivo	Mecánico	2 000

Etapa 2: Identificación de insumos

Tabla 5.29

Insumos a utilizar Bomba Volumétrica

Descripción	Cant.	Unidad
Aceite Shell Omala 220	7	L
Grasa Mobil Polyrex EM	18	g
Desengrasante	1,5	GL
Desincrustante	1,5	GL
Trapo Industrial	0,25	KG
Sellos mecánicos	2	UND

Etapa 3: Control de actividades

En esta etapa se establecerán los formatos de registro para la verificación del cumplimiento del plan. Se propone un CheckList donde las actividades se agrupan de acuerdo con el tipo: lubricación, inspección, limpieza, reemplazo y las casillas de registro se establecen de acuerdo a la frecuencia de ejecución en horas.

Figura 5.24

Formato de registro actividades de lubricación Faja Transportadora Receptiva

Responsable	Faja Transportadora Receptiva																			Encargado				
Equipo	Plan de Mantenimiento Planificado																							
Tema	Actividades de Reemplazo																							
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	2000	4000		
Reemplazo de las hojas limpiadoras																								Mecánico
Reemplazo del aceite del reductor																								Mecánico
Reemplazo de las poleas y polines																								Mecánico
Reemplazo de la Faja Transportadora																								Mecánico










Paso 10: Plan de aseguramiento de la implementación

En este paso se definen los indicadores y/o métricas que permitirán la valoración cuantitativa de la implementación.

Calcular Disponibilidad

Tabla 5.30


Ficha de indicador de Disponibilidad de equipos

Ficha de indicador Disponibilidad de equipos							
1. Objetivo del indicador	Asegurar que los equipos estén disponibles para la producción						
2. Expresión matemática	$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{T. producción}}{\text{T. producción} + \text{T. parada}} \times 100\%$						
Donde:							
•	Tiempo de producción en horas						
•	Tiempo de parada en horas						
3. Nivel de referencia	<table><tr><td></td><td>90% - 100%</td></tr><tr><td></td><td>80% - <90%</td></tr><tr><td></td><td>0% - <80%</td></tr></table>		90% - 100%		80% - <90%		0% - <80%
	90% - 100%						
	80% - <90%						
	0% - <80%						
Ficha de indicador Disponibilidad de equipos							
4. Responsable	Jefe de Mantenimiento						
5. Punto de lectura e instrumento	Punto de lectura Jefe de Mantenimiento Instrumento Base de datos						
6. Medición y reporte	Frecuencia Mensual Reporte Trimestral						
7. Relación Causa-Efecto	A menos tiempo de ciclo, entonces mayor productividad.						

Calcular Tiempo de ciclo

Tabla 5.31


Ficha de indicador de Tiempo de ciclo de equipos

Ficha de indicador Tiempo de ciclo de equipos					
1. Objetivo del indicador	Asegurar el rápido despacho de pedidos				
2. Expresión matemática	$T. \text{ Ciclo} = \frac{TP + TVV + TEF}{60}$				
Donde:					
• TP: Tiempo de producción en minutos					
• TVV: Verificación visual del producto terminado en minutos					
• TEF: Entrega de producto terminado en minutos					
• Tiempo de ciclo en horas					
3. Nivel de referencia	 <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;"><1.5</div> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">1.5 - <1.7</div> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">> 1.7</div> </div>				
4. Responsable	Jefe de Mantenimiento				
5. Punto de lectura e instrumento	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Punto de lectura</td> <td>Jefe de Mantenimiento</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Instrumento</td> <td>Base de datos</td> </tr> </table>	Punto de lectura	Jefe de Mantenimiento	Instrumento	Base de datos
Punto de lectura	Jefe de Mantenimiento				
Instrumento	Base de datos				
6. Medición y reporte	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Frecuencia</td> <td>Mensual</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">Reporte</td> <td>Trimestral</td> </tr> </table>	Frecuencia	Mensual	Reporte	Trimestral
Frecuencia	Mensual				
Reporte	Trimestral				
7. Relación Causa-Efecto	A menor tiempo de ciclo, entonces mayor productividad				

Calcular Índice de Productividad

Tabla 5.32


Ficha de indicador de Índice de productividad de equipos

Ficha de indicador Índice de productividad de equipos	
1. Objetivo del indicador	Asegurar que los equipos estén disponibles para la producción
2. Expresión matemática	$I. Productividad = Eficiencia * Calidad$
Donde:	
• I. Productividad en %	
• Eficiencia en %	
• Calidad en %	
3. Nivel de referencia	 >60% 40% - <60% <40%
4. Responsable	Jefe de Mantenimiento
5. Punto de lectura e instrumento	Punto de lectura Jefe de Mantenimiento Instrumento Base de datos
6. Medición y reporte	Frecuencia Mensual Reporte Trimestral
7. Relación Causa-Efecto	A mayor I. Productividad, entonces mayor productividad

Calcular Efectividad Global de los Equipos

Tabla 5.33

Ficha de indicador de Efectividad Global de los equipos

Ficha de indicador Efectividad Global de los Equipos de equipos	
1. Objetivo del indicador	Asegurar que los equipos estén disponibles para la producción
2. Expresión matemática	$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$
Donde:	
• OEE en %	
• Disponibilidad en %	
• Eficiencia en %	
• Calidad en %	
3. Nivel de referencia	 <85% 65% - < 85% > 65%
4. Responsable	Jefe de Mantenimiento

(Continua)

(Continuación)

Ficha de indicador Efectividad Global de los Equipos de equipos	
5. Punto de lectura e instrumento	
Punto de lectura	Jefe de Mantenimiento
Instrumento	Base de datos
6. Medición y reporte	
Frecuencia	Mensual
Reporte	Trimestral
7. Relación Causa-Efecto	
A menor tiempo de ciclo, entonces mayor productividad	

5.2.2 Plan de implementación del VSM

Para la implementación se empleará como herramienta al VSM, que permite analizar los flujos de materiales e información en el área de producción. La mejora que se plantea realizar es el adiconamiento de equipos e instrumentos a la vanguardia de la tecnología en las actividades de dosificación de insumos para aumentar la fluidez de las actividades e incluso eliminando algunas que ya no serán necesarias y que le restan valor al proceso.

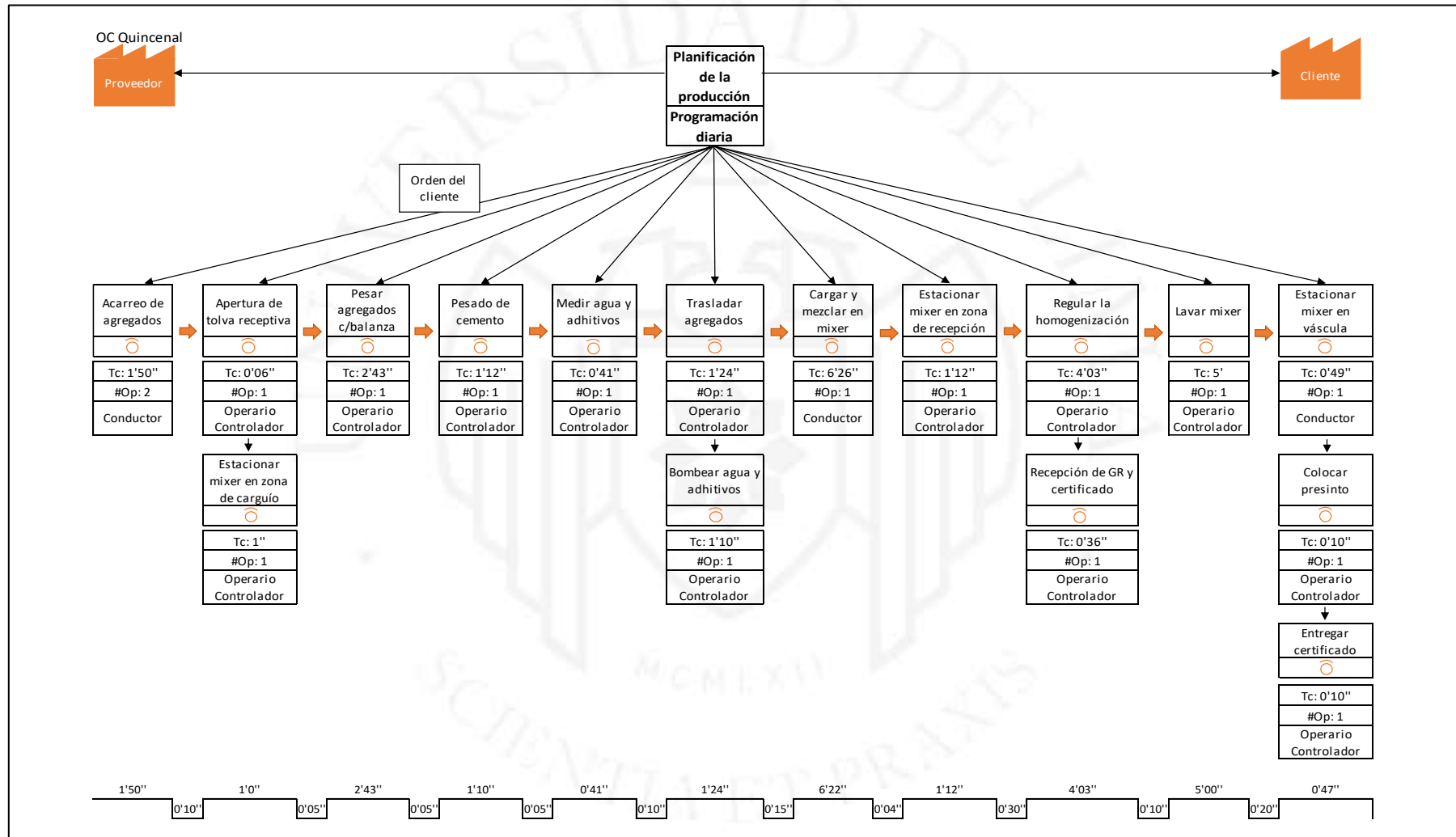
Actividad 1: Reestructuración del proceso original.

Para el desarrollo de esta actividad se desarrollan los siguientes pasos:

- Reconocer los objetivos que posee cada una de las áreas vinculadas a la producción
- Desglosar cada uno de los procesos (como se hace, porque se hace, para que se hace, cada cuanto, etc.)
- Enlistar las mejorar potenciales que se pueden identificar al describir los procedimientos realizados
- Identificar en el VSM original los puntos de mejora encontrados
- Generar el nuevo flujo considerando la implementación de las mejoras propuestas
- Comunicar a la alta gerencia y pedir su aprobación, además socializar con los trabajadores la reestructuración de los procesos.

Figura 5.25

VSM de la situación actual



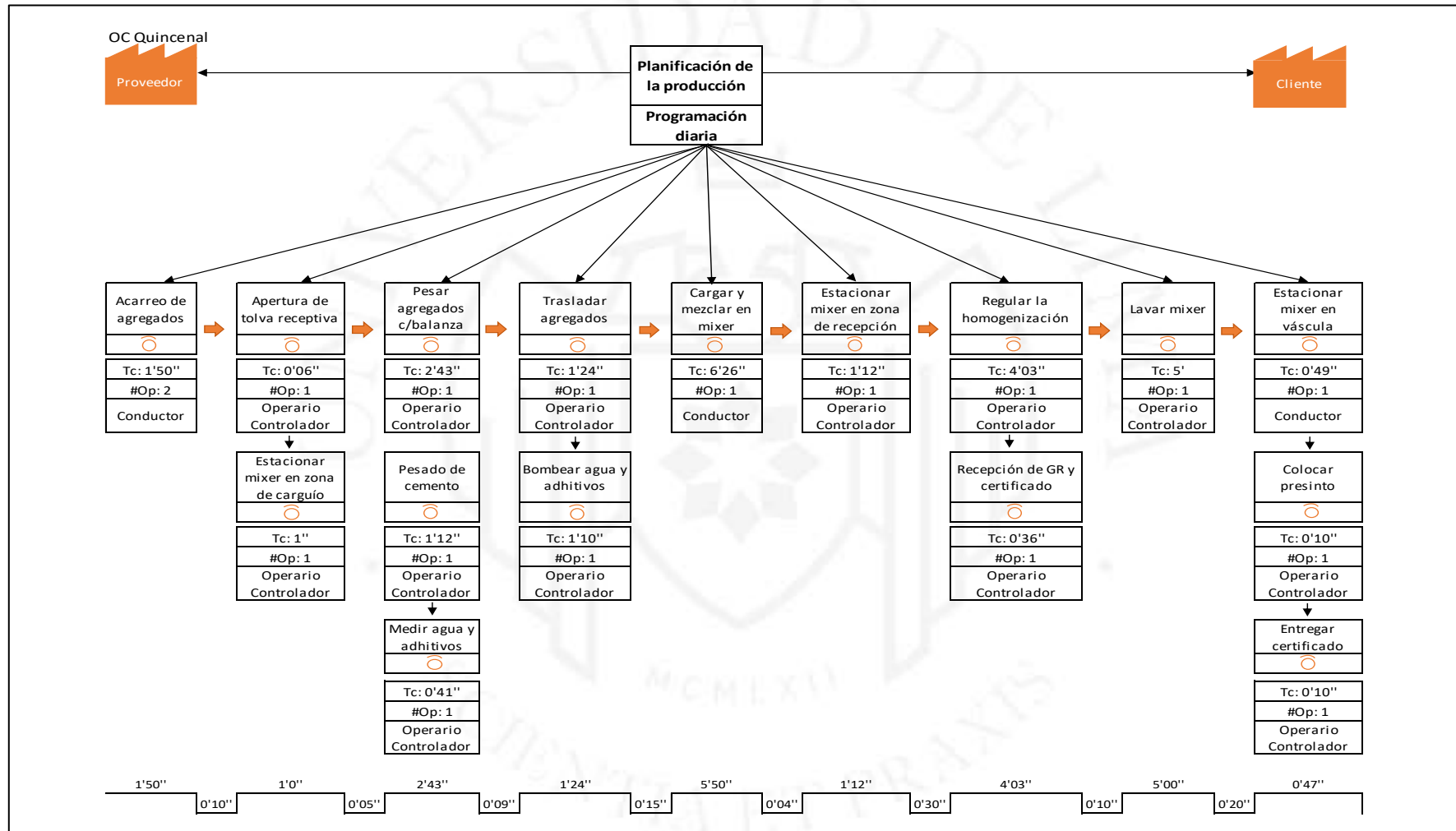
Como punto de partida de la implementación se obtendrá el VSM de la situación actual. En este diagrama de 16 actividades, se ha podido identificar que el proceso tiene un tiempo de valor agregado total de 26 minutos y 12 segundos y un tiempo de espera total de 1 minuto y 27 segundos, siendo un tiempo total por servicio de 27 minutos y 39 segundos de los cuales solo se está aprovechando el 94,76%.

Posterior al análisis de la situación actual, se procede con el desarrollo de un mapa de valor (VSM) identificando los puntos de mejora. Estos buscan facilitar las actividades realizadas en la dosificación. A continuación, se explica cuáles son los puntos de mejora más cruciales para la eliminación o reestructuración de actividades.

- Actualmente los procesos de pesar agregados, cementos y medir agua y aditivos se realizan de forma separada, existe la posibilidad de unificar estos procesos a través de la implementación de un controlador digital que permita realizarlas en forma simultánea.
- Posterior a la identificación de los puntos de mejora se debe elaborar el nuevo VSM.

Figura 5.26

VSM de la propuesta de mejora



A partir del VSM, se puede destacar que existe un flujo más fluido, debido a la presencia del controlador digital que permite una dosificación remota y poder reducir los tiempos de ejecución en esta área. Por consiguiente, se obtiene un tiempo de valor agregado total de 23 minutos y 49 segundos, y tiempo de espera total de 1 minuto y 16 segundos, siendo un tiempo total por servicio de 25 minutos y 05 segundos de los cuales se está aprovechando el 94,95%.

Actividad 2: Reestructuración del organigrama

La implementación del sistema de control digital trae consigo la necesidad de contratar personal calificado para la calibración y programación de los nuevos equipos y de igual forma para la ejecución de tareas de mantenimiento. Este proceso requerirá de varias etapas de evolución hasta lograr su optimización. Motivo por el cual, es necesario incluir al asesor externo en el organigrama.

Actividad 3: Establecer funciones al nuevo miembro del organigrama

Al ser parte de la organización el asesor contratado cumple un rol importante en la mejora continua que se pretende, motivo por el cual se establecen las siguientes tareas a realizar con la cooperación del personal interno de la planta:

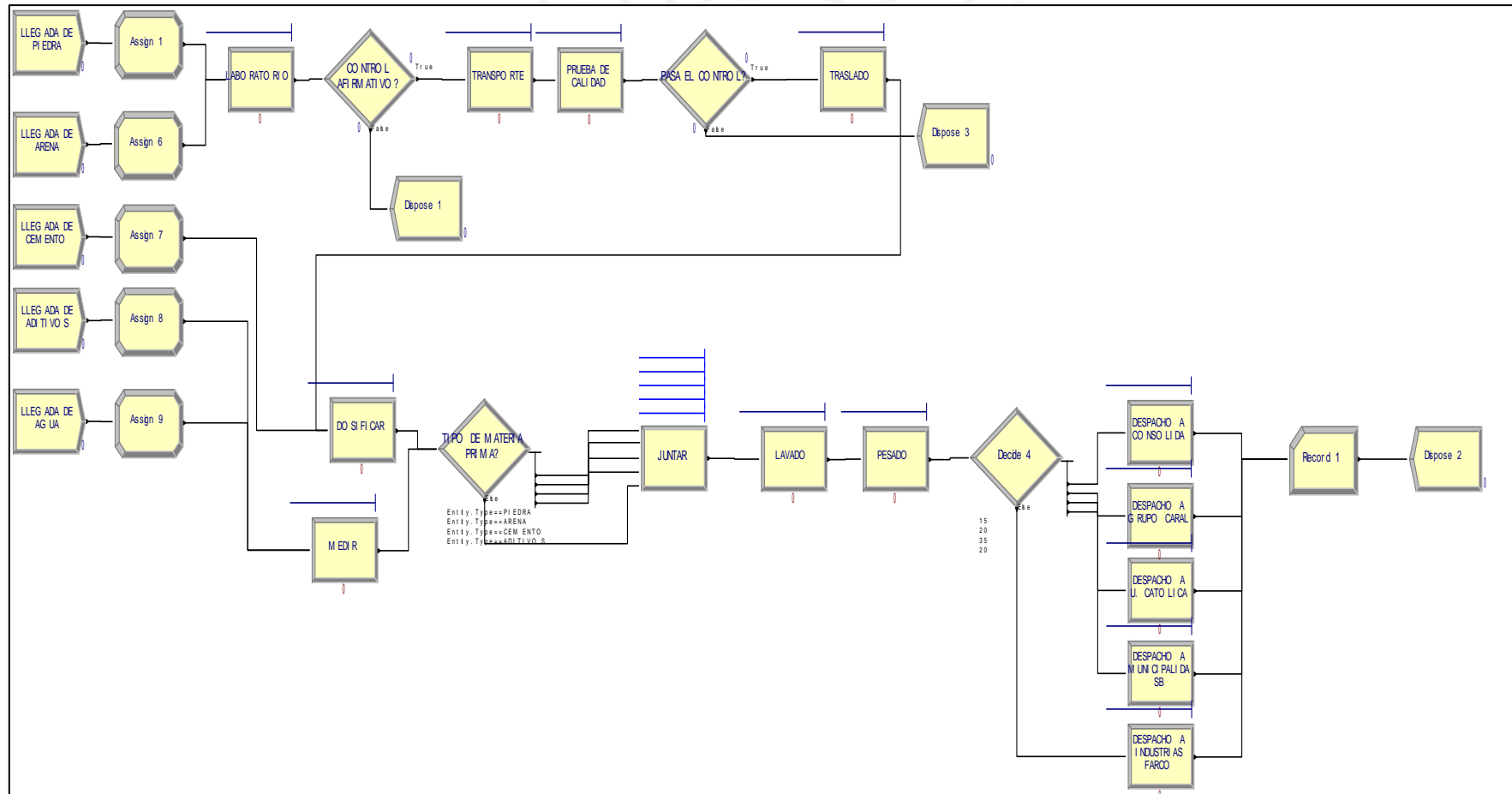
- Revisar y evaluar los procesos actuales de la etapa de dosificación y la interacción que tienen cada uno de los trabajadores del área.
- Definir los estándares necesarios a cumplir por parte del controlador digital, mismo que debe facilitar y a mejorar la interacción entre miembros del área.
- Aprobación por parte del asesor y el gerente a la capacidad que tendrá el controlador digital

La simulación de la situación actual (Ver Anexo 4) con los tiempos obtenidos en las visitas guiadas de un día laboral tiene un promedio de atención de 6 pedidos con una utilización de 9 camiones mixer tiene como un resultado de 9 horas y 38 minutos, viéndose afectado por el cuello de botella existente por el alto tiempo en la etapa de Dosificación y Medición, tiempo con distribución uniforme de 4 a 5 minutos, para las materias primas (piedra, arena y cemento) y, por ello, se genera el retraso para obtener el producto final.

Actividad 4: Simulaciones del proceso actual

Figura 5.27

Simulación del proceso actual en el programa



Actividad 5: Simulaciones del proceso mejorado

Con el cambio respecto a la aplicación de las mejoras planteadas de un sistema de control de producción automatizado, la propuesta de una etapa de Dosificación y Medición remota corresponde a un cambio en conjunto de con un tiempo constante de 2 minutos basados en la información recolectada en las visitas guiadas según el operario controlador quién laboró anteriormente en una planta automatizada productora de concreto premezclado, el tiempo de simulación disminuiría considerablemente a 8 horas y 22 minutos siendo un 13,1% más rápida el flujo de materias primas para un día laborable.

Actividad 6: Comparación de indicadores

Tabla 5.34

Comparación de indicadores de simulación

INDICADORES	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA DE MEJORA	RESULTADO
Replication ended at time	577,83 minutos	502,36 minutos	- 13,1%
Value Time	UNIF (4,5) minutos	2 minutos	- 55,6%

Se aprecia en el cuadro resumen el detalle de la situación actual con respecto a la propuesta de mejora en beneficio a la reducción de los tiempos del cuello de botella con la implementación de un sistema de control automatizado.

Actividad 7: Revisión del presupuesto

Con la finalidad de tener un respaldo económico que permita llevar a cabo la mejora se realiza un análisis del presupuesto.

Actividad 8: Aseguramiento de la implementación

Tabla 5.35

Tareas de Aseguramiento

Actividad	Duración	Métodos	Encargados
Determinación de los sistemas de información objeto de aseguramiento	1 día	Sesiones de trabajo	Jefe de operaciones Asesor externo
Revisión del catálogo de requisitos	1 día	Checklist	Jefe de operaciones
Revisión de los manuales de usuario	1 día	Manuales usuarios	Jefe de operaciones
Elaboración del plan de pruebas	1 día	Sesiones de trabajo	Jefe de operaciones Asesor externo
Aplicación de pruebas	2 días	Revisión técnica	Jefe de operaciones Asesor externo
Recomendaciones a partir de las pruebas aplicadas	1 día	Análisis de resultados	Asesor externo
Registro de la aprobación de las pruebas de aceptación del sistema	1 día	Entregables	Jefe de operaciones

Nota. De Estudio de mejora para el área de Operaciones de la empresa Diagnodent S.A.C a partir de un estudio de mejora de métodos, por R. Cerna Cuadra y I. R. Guerra Mantari, 2019 (<https://hdl.handle.net/20.500.12724/9342>)

5.2.3 Gestión de compras

Una gestión de compras óptima proporciona a la empresa la seguridad del suministro de bienes y servicios en el tiempo y cantidad adecuada en beneficio al ahorro de costos para el mantenimiento técnico. Por consiguiente, una buena técnica de gestión de compras o proveedores añade valor al desempeño del área de mantenimiento y garantiza la continuidad de la actividad operativa.

A continuación, se detalla en un listado clasificado según categoría de los repuestos de maquinaria y equipos con mayor frecuencia de sustitución que deben estar disponibles constantemente.

Lubricantes:

- Aceite motor 15W40
- Aceite compresor DTE 26
- Aceite ejes 80W90, 85W140, HD 30
- Aceite Omala S2 G 220
- Grasa EP 2 y EM
- Lubricantes de rodamientos del motor eléctrico NTN

Limpiadores químicos:

- Desengrasante D700-1
- Líquido desincrustante

Elementos básicos:

- Batería 23 placas
- Filtro de aceite
- Filtro de agua
- Filtro de combustible
- Mangueras de agua 10 BAR/150 PSI
- O-Ring 1/8", 1/4" y 3/16"
- Pines de cucharón
- Rodamientos y chumaceras
- Rodillos de carga
- Tornillos y tuercas
- Poleas 426-494 mm

Adicionalmente, se detalla el procedimiento propuesto en 3 etapas de la gestión de compras:

Actividad 1: Selección de proveedores

Consiste en la identificación de las empresas que suministran y/o abastecen los bienes y servicios necesarios con el objetivo de la operatividad se lleve de forma efectiva. La selección se realiza en base al listado de todos los proveedores desde inicio de actividades de la empresa.

En la siguiente imagen, la plantilla propuesta para el registro y posterior selección de proveedores:

Figura 5.28

Bitácora de servicio de proveedores

Razón Social	RUC	Fecha	Cód. Repuesto	Descripción	Personal de contacto	Correo de contacto

Actividad 2: Homologación de proveedores

La homologación consiste en que el detalle de requerimientos para la empresa coincida con el servicio que brindar o producto que vende el proveedor en beneficio a la efectividad de las actividades diarias. De modo que, previa selección se procede a registrar en la base de datos con los proveedores que cumplen con los estándares de Lidermix para cada etapa del proceso de mantenimiento.

Actividad 3: Evaluación de proveedores

Como resultado de la selección y homologación se procede con la evaluación del nivel de servicio a los proveedores con los que se mantiene contratos de por medio y se trabaja continuamente. En términos de unidades, el nivel de servicio se puede calcular dividiendo las unidades recibidas entre las unidades acordadas para obtener el porcentaje por cada proveedor. Por ejemplo, si el nivel de servicio es del 80%, se evidencia que el por cada 10 unidades acordadas, la empresa tuvo 8 unidades recibidas.

5.2.4 Objetivos y metas

Para la implementación propuesta del TPM se ha establecido como objetivo principal incrementar el OEE de maquinaria y equipos. Al tener un resultado actual de 56%, la meta consiste en alcanzar un nivel de hasta el 85% del OEE.

Tabla 5.36

Disponibilidad Mejorada

Mes 2019	T. operación (horas)	T. carga (horas)	Disponibilidad (%)
Setiembre	170	200	85%
Octubre	160	200	80%
Noviembre	160	200	80%
Diciembre	170	200	85%

Tabla 5.37

Rendimiento Mejorada

Mes 2019	T. Ciclo Ideal (horas/m3)	Cap. Nominal (m3/hora)	Cant. Procesada (m3)	T. operación (horas)	Rendimiento (%)
Setiembre	0,02	41,67	6 607	170	78%
Octubre	0,02	41,67	6 598	160	82%
Noviembre	0,02	41,67	7 506	160	94%
Diciembre	0,02	41,67	8 401	170	99%

Tabla 5.38*Calidad Mejorada*

Mes 2019	Cant. Prod. Aceptables (m ³)	Defectuosos (m ³)	Cant. Procesada (m ³)	Calidad (%)
Setiembre	6 567	40	6 607	99%
Octubre	6 558	40	6 598	99%
Noviembre	7 450	56	7 506	99%
Diciembre	8 329	72	8 401	99%

Tabla 5.39*Cuadro Resumen*

Mes 2019	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
Setiembre	85%	78%	99%
Octubre	80%	82%	99%
Noviembre	80%	94%	99%
Diciembre	85%	99%	99%
PROMEDIO	83%	88%	99%
OEE		72%	

Luego de haber aplicado un escenario óptimo, se realizó el análisis de cada uno de los componentes del OEE con la mejora del TPM aplicada. La disponibilidad no lograr alcanzar el 90% de objetivo, pero sí se logra un incremento del 66% al 83%, debido a que se redujeron las paradas no planificadas. En el caso del rendimiento, no se logra cumplir el 95% de meta, pero si se logra un ligero incrementa al 88% como consecuencia de que el tiempo de operación es mayor. Finalmente, la calidad se mantiene porque la cantidad de defectuosos no varía, eso quiere decir, que el producto cumple con los estándares de calidad.

5.2.5 Elaboración del presupuesto requerido para la ejecución de la solución

La implementación del TPM, un sistema de control de producción automatizado y una buena gestión de compras requiere de inversión para optimizar las actividades a partir de las modificaciones propuestas para el área de mantenimiento.

Tabla 5.40*Presupuesto para la implementación del TPM*

Presupuesto Mantenimiento Productivo Total						
N°	Concepto / Rubro	Cantidad	Frecuencia	Unidad	Valor Unitario	Valor total
1	Capacitación					
	Gerente de Producción	1	30	Horas	S/ 250	S/ 7 500
	Jefe de Planta	1	30	Horas	S/ 160	S/ 4 800
	Supervisor de Operaciones	1	30	Horas	S/ 120	S/ 3 600
	Supervisor de Control de Calidad	1	30	Horas	S/ 120	S/ 3 600
	Operarios	5	30	Horas	S/ 40	S/ 6 000
	Conductores	23	30	Horas	S/ 40	S/ 27 600
2	Insumos					
	Cargador Frontal	2	3	veces	S/ 4 269	S/ 25 611
	Faja Transportadora	3	1	veces	S/ 10 284	S/ 30 851
	Bomba Volumétrica	1	6	veces	S/ 969	S/ 5 815
	Camión Mixer	25	3	veces	S/ 3 678	S/ 275 850
3	Implementos					
	Señalización de áreas	15	-	-	S/ 45	S/ 45
	Lapiceros	32	-	-	S/ 38	S/ 192
	Sillas	32	-	-	S/ 7	S/ 224
	Proyector	1	-	-	S/ 350	S/ 350
	Impresión de guías	32	-	-	S/ 48	S/ 48
	Copia de guías	32	-	-	S/ 48	S/ 48
	Cuadernos	32	-	-	S/ 38	S/ 192
	Total					S/ 392 325

Tabla 5.41*Presupuesto para la implementación del Control de Producción Automatizado*

Presupuesto Control de Producción Automatizado						
N°	Concepto / Rubro	Cantidad	Hora mes	Valor Unitario	Valor total mensual	Valor total por 4 meses
1	Personal					
	Contratación de profesional programador	1	-	S/ 5 000	S/ 5 000	S/ 20 000
2	Equipo					
	Transductores de fuerza o peso	6	-	S/ 350	S/ 2 100	S/ 2 100
	Indicador Programables de control de apertura de compuertas	1	-	S/ 800	S/ 800	S/ 800
	Indicador Programables de control de cierre de compuertas	1	-	S/ 800	S/ 800	S/ 800
	Sondas de Humedad y Temperatura	5	-	S/ 890	S/ 4 450	S/ 4 450
	PLC SIEMENS S7-300	1	-	S/ 2 670	S/ 2 670	S/ 2 670
	Software de Control	1	-	S/ 17 000	S/ 17 000	S/ 17 000
3	Otros					
	Señalización de equipos	20	-	S/ 60	S/ 60	S/ 60
	Total				S/ 47 880	

Nota. Costos obtenidos de sitios web.

El equipo que la empresa requiere adquirir para la implementación del control de producción automatizado pierde valor como consecuencia de su desgaste con el paso del tiempo y la obsolescencia. Motivo por el cual, se detalla el cálculo de la depreciación.

Tabla 5.42

Cálculo de depreciación de equipos para el Control de Producción Automatizado

Cálculo de depreciación de Control de Producción Automatizado									
Equipo		Valor total por 4 meses	% Depreciación		Depreciación Anual		Depreciación Mensual		Valor Residual
Transductores de fuerza o peso	S/	2 100	25%	S/	525	S/	44	S/	1 838
Indicador Programables de control de apertura de compuertas	S/	800	25%	S/	200	S/	17	S/	700
Indicador Programables de control de cierre de compuertas	S/	800	25%	S/	200	S/	17	S/	700
Sondas de Humedad y Temperatura	S/	4 450	25%	S/	1 113	S/	93	S/	3 894
PLC SIEMENS S7-300	S/	2 670	25%	S/	668	S/	56	S/	2 336
Software de Control	S/	17 000	33%	S/	5 610	S/	468	S/	14 195
Total	S/	27 820		S/	8 610	S/	693	S/	23 663

Nota. Datos de depreciación obtenidos de sitios web.

Tabla 5.43

Presupuesto para el mejoramiento del Área de Compras

Presupuesto para el Área de Compras (Gestión de Compras)							
Nº	Concepto / Rubro	Cantidad	Hora mes	Valor Unitario	Valor total mensual	Valor total por 6 meses	
1	Personal						
	Contratación de técnico encargado de almacén	1	-	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 12 000	
2	Equipo						
	Laptop	1	-	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	
	Transpaleta	1	-	S/ 1 200	S/ 1 200	S/ 1 200	
	Estantes de metal de 4 niveles	6	-	S/ 700	S/ 4 200	S/ 4 200	
3	Otros						
	Cajas organizadoras 40x40cm	15	-	S/ 25	S/ 375	S/ 375	
	Palets de madera	2	-	S/ 30	S/ 60	S/ 60	
	Luminarias	4	-	S/ 50	S/ 200	S/ 200	
	Equipos de protección personal (Casco, Guantes, Lentes, Mameluco, Botas de seguridad)	1	-	S/ 413	S/ 413	S/ 413	
					Total	S/ 20 448	

Nota. Costos obtenidos de sitios web.

El equipo que la empresa requiere adquirir para el mejoramiento del área de compras también pierde valor como consecuencia de su desgaste con el paso del tiempo y la obsolescencia. Motivo por el cual, se detalla el cálculo de la depreciación.

Tabla 5.44

Cálculo de depreciación de equipos para el Área de Compras

Cálculo de depreciación del Área de Compras									
Equipo	Valor total por 4 meses		% Depreciación	Depreciación Anual		Depreciación Mensual		Valor Residual	
Laptop	S/	2 000	25%	S/	500	S/	42	S/	1 750
Transpaleta	S/	1 200	10%	S/	120	S/	10	S/	1 140
Estante de metal de 4 niveles	S/	4 200	20%	S/	840	S/	70	S/	3 780
Total	S/	7 400		S/	1 460	S/	122	S/	6 670

Nota. Datos de depreciación obtenidos de sitios web.

Tabla 5.45

Cuadro resumen del cálculo de la depreciación fabril total

Equipo	Valor total por 4 meses		% Depreciación	Depreciación Anual		Depreciación Mensual		Valor Residual	
Propuesta 2: Control de Producción Automatizado									
Transductores de fuerza o peso	S/	2 100	25%	S/	525	S/	44	S/	1 838
Indicador Programables de control de apertura de compuertas	S/	800	25%	S/	200	S/	17	S/	700
Indicador Programables de control de cierre de compuertas	S/	800	25%	S/	200	S/	17	S/	700
Sondas de Humedad y Temperatura	S/	4 450	25%	S/	1.113	S/	93	S/	3 894
PLC SIEMENS S7-300	S/	2 670	25%	S/	668	S/	56	S/	2 336
Software de Control	S/	17 000	33%	S/	5 610	S/	468	S/	14 195
Propuesta 3: Área de Compras									
Laptop	S/	2 000	25%	S/	500	S/	42	S/	1 750
Transpaleta	S/	1 200	10%	S/	120	S/	10	S/	1 140
Estantes de metal de 4 niveles	S/	4 200	20%	S/	840	S/	70	S/	3 780
Total	S/	35 220		S/	9 775	S/	815	S/	30 333

5.2.6 Actividades y cronograma de implementación de la solución

Figura 5.29

Cronograma de la implementación del TPM

ID	Nombre de la tarea	Fecha	Mar-23					Abr-23					May-23					Jun-23					Jul-23				Ago-23			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	Selección del equipo TPM	01/03 - 02/03	■																											
2	Preparar al equipo	03/03 - 05/03	■																											
3	Definir estrategias	08/03 - 11/03		■																										
4	Seleccionar línea de producción	15/03 - 19/03			■																									
5	Calcular OEE	22/03 - 01/04			■	■																								
6	Entrenar operadores	02/04 - 03/05			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
7	Implementar	04/05 - 28/05										■	■	■	■															
8	Verificar implementación	07/06 - 18/06															■	■												
9	Corregir implementación	21/06 - 30/06																■	■	■	■									
10	Calcular OEE	01/07 - 09/07																		■	■	■								
11	Calcular disponibilidad	12/07 - 16/08																				■	■	■	■	■				
12	Calcular tiempo de ciclo	19/08 - 23/08																								■	■			
13	Calcular índice de productividad	26/08 - 30/08																									■	■		

Figura 5.30

Cronograma de la implementación del Control de Producción Automatizado

ID	Nombre de la tarea	Fecha	May-23				Jun-23				Jul-23				Ago-23				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Reestructuración del proceso original	04/05 - 05/06	■	■	■	■	■												
2	Reestructuración del organigrama	07/06 - 08/06						■											
3	Establecer funciones al nuevo miembro del organigrama	08/06 - 12/06						■											
4	Simulaciones del proceso actual	17/06 - 30/06							■	■	■								
5	Simulaciones del proceso mejorado	01/07 - 24/07										■	■	■					
6	Comparación de indicadores	26/07 - 31/07												■					
7	Revisión del presupuesto	02/08 - 07/08													■				
8	Aseguramiento de la implementación	09/08 - 31/08														■	■	■	

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA DE LA SOLUCIÓN

6.1 Evaluación económica

Una vez establecidos los planes de implementación y el presupuesto requerido para cada una de las mejoras, se debe evaluar la viabilidad económica del proyecto.

- Inversión inicial: desembolso en el periodo 0 debido a la adquisición de recursos para iniciar implementación.
- Ingresos: ahorros y beneficios generados por las implementaciones.
- Egresos: costos asociados a la manutención de la implementación a largo plazo.

El monto correspondiente a los ahorros ha sido estimado por la empresa, estableciendo que el ahorro en costos de mantenimiento es de S/ 5 556,00 al mes y el beneficio generado es de S/ 231 177,00 al mes.

Tabla 6.1

Flujo de Caja

Periodos	PRE- INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Ingresos							
Ahorro en costos de mant. correctivo		S/ 5 556	S/ 5 556	S/ 5 556	S/ 5 556	S/ 5 556	S/ 5 556
Beneficio en la producción				S/231 177	S/231 177	S/231 177	S/231 177
Total Ingresos		S/ 5 556	S/ 5 556	S/236 733	S/236 733	S/236 733	S/236 733
Egresos							
Sueldo del programador				S/ 5 000	S/ 5 000	S/ 5 000	S/ 5 000
Sueldo técnico encargado de almacén		S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000
Costo Capacitación Personal		S/17 700	S/17 700	S/17 700			
Costo de Insumos de Mtto. Cargador			S/ 8 537		S/ 8 537		S/ 8 537

(continua)

(Continuación)

Periodos	PRE- INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Egresos							
Costo de Insumos de Mtto. Faja							S/30 851
Costo de Insumos de Mtto. Bomba		S/969	S/969	S/969	S/969	S/969	S/969
Costo de Insumos de Mtto. Mixer			S/91 950		S/91 950		S/91 950
Costo de implementación almacén		S/8 448					
Depreciación Fabril		S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815
Amortización Intangible		S/150	S/150	S/150	S/150	S/150	S/150
Total egresos		S/30 082	S/122 121	S/26 634	S/109 421	S/8 934	S/140 271
Utilidad Neta		-S/24 526	-S/116 565	S/210 099	S/127 312	S/227 799	S/96 462

Nota. Amortización intangible por derecho de propiedad intelectual planteado por la empresa a un aproximado del TPM.

El siguiente paso consiste en elaborar del flujo de caja económico, en el cual se procede a realizar el cálculo del costo de oportunidad del capital (COK). El cálculo resultado obtenido en la Tabla 6.2 se obtenido con la siguiente fórmula, $COK = (Tasa\ libre\ de\ riesgo + (Beta \times (Riesgo\ de\ Mercado - Tasa\ libre\ de\ riesgo)) + Riesgo\ País)$. Se ha considerado la Tasa libre de riesgo extraída (“EE.UU.: Curva de rendimiento de bonos 2007”, 2019), el Riesgo de mercado referenciado de S&P Dow Jones Indices (s.f.), el parámetro Beta obtenido de NYU Stern (2020) y el Riesgo país referenciado (“Riesgo país de Perú bajo cinco puntos básicos y cerró en 1.35 puntos porcentuales”, 2020).

Tabla 6.2

Flujo de caja Económico y cálculo del Costo de oportunidad del capital

Periodos	PRE INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Utilidad Neta		-S/24 526	-S/116 565	S/210 099	S/127 312	S/227 799	S/96 462
Valor residual							S/ 30 333
Depreciación Fabril		S/ 815	S/815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815
Amortización Intangible		S/ 150	S/150	S/150	S/150	S/150	S/ 150
Inversión Inicial	S/ 169 734						
Flujo económico	-S/ 169 734	-S/ 23 562	-S/115 601	S/211 064	S/128 277	S/228 764	S/127 659
Flujo de caja económico acumulado	-S/ 169 734	-S/193 295	-S/308 896	-S/ 97 832	S/ 30 445	S/259 209	S/386 967

(continua)

(continuación)

Tasa libre de riesgo	2,45%
Riesgo de mercado	9,00%
Beta	1,23
Riesgo País	1,35%
COK	11,86%

VAN Económico	S/ 145 428,77
TIR Económico	25,88%,
Periodo de Recupero	4 meses y 24 días

Con la información obtenida de los flujos de caja proyectado para los 6 meses posteriores a la implementación de las soluciones, se obtuvo los resultados económicos. Según la tabla anterior, se obtuvo un VAN Económico de S/ 145 428 mayor que cero, TIR Económico de 25,88% mayor que el COK calculado de 11,86% y un tiempo de recuperación del capital es de 4 meses y 24 días. Lo que indica que el proyecto es económicamente viable.

6.2 Evaluación financiera

Tabla 6.3

Flujo de caja Financiero del proyecto

Periodos	PRE INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Utilidad Neta		-S/24 526	-S/116 565	S/210 099	S/127 312	S/227 799	S/ 96 462
Valor residual							S/ 30 333
Depreciación Fabril		S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815
Amortización Intangible		S/150	S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/150
Pago de Intereses		S/ 489	S/ 368	S/ 246	S/ 124		
Amortización del Préstamo		S/ 16 791	S/16 912	S/ 17 034	S/ 17 157		
Pago del Préstamo		S/17 280	S/17 280	S/ 17 280	S/ 17 280		
Inversión Inicial	S/ 169 734						
Préstamo Bancario	S/ 67 893						

(continúa)

(continuación)

Periodos	PRE INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Flujo Financiero	-S/ 101 840	-S/40 842	-S/132 881	S/193 783	S/110 996	S/228 764	S/127 759
Flujo de caja financiero acumulado	-S/ 101 840	-S/142 682	-S/275 563	-S/ 81 779	S/29 217	S/257 981	S/385 740

VAN Financiero	S/ 160 676,91
TIR Financiero	30,62%
Periodo de Recupero	4 meses y 21 días
WACC	9,65%

El resultado del Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC) o Weighted Average Cost of Capital (WACC) se calcula bajo la siguiente fórmula con los datos obtenidos en el flujo económico, $WACC = (Tasa\ Efectiva\ Anual \times (1 - Impuesto\ a\ la\ Renta) \times \% Deuda + COK \times \% Aporte)$, el cual se compara con el porcentaje obtenido del TIR Financiero para la evaluación financiera.

En lo referente al financiamiento de la inversión inicial del proyecto de S/ 169 734,00 quedará establecida mediante los siguientes porcentajes: 60% será aporte de la empresa y el 40% se lo obtendrá de un préstamo con el Banco Scotiabank con una tasa de interés mensual del 0,72% y ha sido considerado un Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC) de 9,65%. Se obtuvo un VAN Financiero de S/ 160 676,91 mayor que cero, un TIR Financiero de 30,62% mayor que la WACC de la empresa de 9,65% y tiempo de recuperación del capital es de 4 meses y 21 días. Se comprueba que el proyecto es viable en términos financieros. Se ha identificado que el tiempo de recuperación del capital es de cuatro meses y seis días, resultado que respalda la viabilidad financiera del proyecto.

6.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad permitirá predecir a través de un análisis hipotético con la aplicación de la herramienta Risk Simulator los diferentes valores que pueda optar el modelo económico y financiero con la variación de una variable dependiente.

La variable dependiente apropiada para el análisis del proyecto es el nivel del OEE debido al impacto directo sobre el total de ingresos para cada periodo. La simulación

requiere de 3 escenarios para la cual el escenario probable el nivel de OEE es 72%, el escenario optimista es 85% y el escenario pesimista 59%. La diferencia porcentual de 13% entre escenario se debe al límite superior desde el OEE de 72% hasta el OEE ideal o máximo de obtener. Como parte de la viabilidad del proyecto frente a una probabilidad de ocurrencia perjudicial para la empresa, se presenta a continuación el escenario pesimista con un nivel de OEE del 59%. Cabe mencionar, que el OEE actual es del 56%, por lo cual con las mejoras propuestas se lograría el escenario probable del 72%.

Tabla 6.4

Nivel de variable dependiente OEE según escenarios

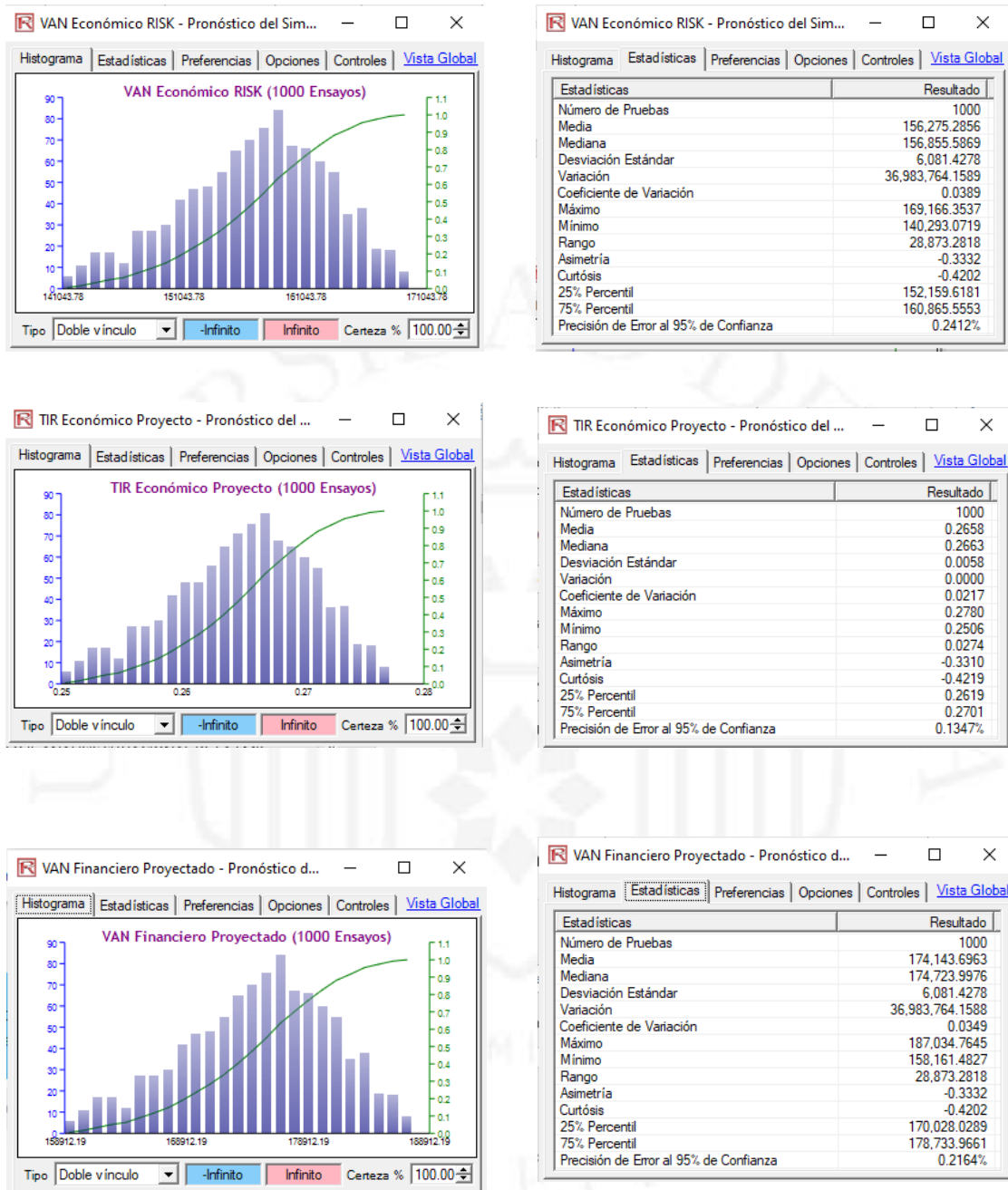
Nivel de OEE	VAN Económico	TIR Económica	VAN Financiero	TIR Financiera
E. Probable: 72%	S/ 145 428	25,88%	S/ 160 676	30,62%
E. Optimista: 85%	S/ 169 166	27,80%	S/ 187 034	33,28%
E. Pesimista: 59%	S/ 140 293	25,06%	S/ 158 161	29,83%

Nota. Datos del E. Pesimista y E. Optimista obtenidos de la herramienta Risk Simulator y de la Tabla 6.6 y 6.7

La variación porcentual entre escenarios está afectada directamente por el costo de mantenimiento mensual calculado en base al dato referencial global del costo de manteamiento anual para empresas del rubro de S/ 300 000,00. La propuesta de mejora, escenario probable OEE del 72%, permite reducir el costo anual a S/ 233 333,00, el cual representa un costo mensual del S/ 5 556,00; debido a la relación directa y la explicación del cálculo de costo anual de manteamiento, se puede determinar el supuesto de entrada para la simulación en la herramienta utilizada para este capítulo. El valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) económico-financiero para cada uno de los 3 escenarios son los pronósticos de salidas, los cuales se muestran a continuación:

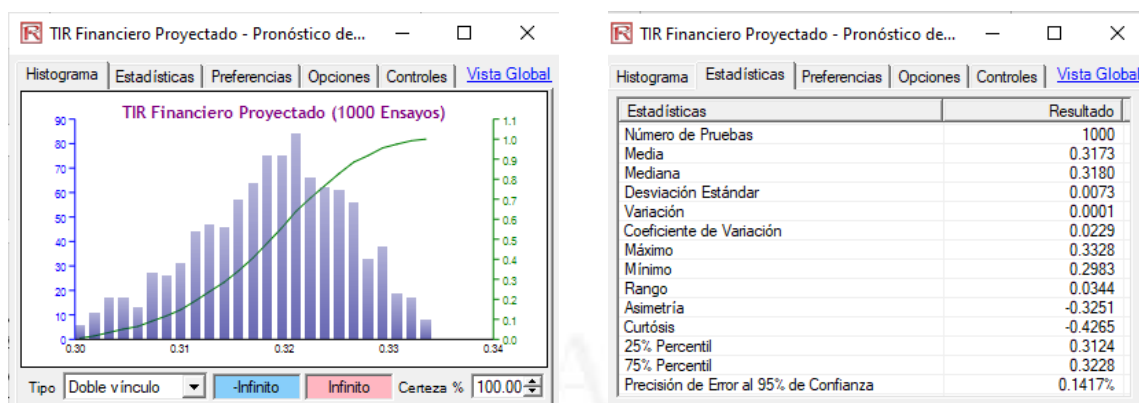
Figura 6.1

VAN y TIR Projectados



(continúa)

(continuación)



Como parte de la continuidad del análisis se presenta el flujo de caja económico y financiero únicamente para el escenario pesimista con un nivel de OEE del 59%.

Tabla 6.5

Flujo de Caja – Escenario Pesimista

Periodos	PRE- INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Ingresos							
Ahorro en costos de mant. correctivo		S/1 271	S/1 271	S/1 271	S/1 271	S/1 271	S/1 271
Beneficio en la producción				S/231 177	S/231 177	S/231 177	S/231 177
Total Ingresos		S/ 1 271	S/ 1 271	S/232 449	S/232 449	S/232 449	S/232 449
Egresos							
Sueldo del programador				S/5 000	S/5 000	S/5 000	S/5 000
Sueldo técnico encargado de almacén		S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/ 2 000
Costo Capacitación Personal		S/17 700	S/17 700	S/17 700			
Costo de Insumos de Mtto. Cargador			S/8 537		S/8 537		S/ 8 537
Costo de Insumos de Mtto. Faja							S/30 851
Costo de Insumos de Mtto. Bomba		S/969	S/969	S/969	S/969	S/969	S/969

(Continua)

(Continuación)

Periodos	PRE- INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Egresos							
Costo de Insumos de Mtto. Mixer			S/ 91 950		S/ 91 950		S/ 91 950
Costo de implementación almacén		S/8 448					
Depreciación Fabril		S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815
Amortización Intangible		S/150	S/150	S/150	S/150	S/150	S/150
Total egresos		S/30 092	S/ 122 131	S/26 644	S/109 431	S/8 944	S/140 281
Utilidad Neta		-S/28 821	-S/120 860	S/205 805	S/123 018	S/223 505	S/92 167

Al igual que en el punto 6.1, se procede a evaluar económicamente cada periodo del proyecto con el costo de oportunidad del capital.

Tabla 6.6

Flujo de Caja Económico – Escenario Pesimista

Periodos	PRE- INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Utilidad Neta		-S/ 28 821	-S/ 120 860	S/ 205 805	S/ 123 018	S/ 223 505	S/ 92 167
Valor residual							S/ 30 333
Depreciación Fabril		S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815
Amortización Intangible		S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150
Inversión Inicial	S/ 169 734						
Flujo económico	-S/ 169 734	-S/ 27 846	-S/ 119 885	S/ 206 779	S/ 123 992	S/ 224 479	S/ 123 414
Flujo de caja económico acumulado	-S/ 169 734	-S/ 197 580	-S/ 317 465	-S/ 110 685	S/ 13 307	S/ 237 787	S/ 361 201

Tasa libre de riesgo	2,45%
Riesgo de mercado	9,00%
Beta	1,23
Riesgo País	1,35%
COK	11,86%

(continúa)

}(continuación)

VAN Económico	S/ 140 293
TIR Económico	25,06%,
Periodo de Recupero	4 meses y 27 días

Asimismo, la evaluación financiera también se ve afectada por la variable dependiente para el escenario pesimista.

Tabla 6.7

Flujo de Caja Financiero – Escenario Pesimista

Periodos	PRE INICIO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Utilidad Neta		-S/28 821	-S/120 860	S/205 805	S/123 018	S/223 505	S/ 92 167
Valor residual							S/30 333
Depreciación Fabril		S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815	S/ 815
Amortización Intangible		S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150	S/ 150
Pago de Intereses		S/ 489	S/ 368	S/246	S/124		
Amortización del Préstamo		S/ 16 791	S/16 912	S/ 17 034	S/17 157		
Pago del Préstamo		S/ 17 280	S/ 17 280	S/ 17 280	S/17 280		
Inversión Inicial	S/ 169 734						
Préstamo Bancario	S/ 67 893						
Flujo Financiero	-S/ 101 840	-S/ 45 126	-S/137 165	S/189 499	S/106 712	S/224 479	S/123 414
Flujo de caja financiero acumulado	-S/ 101 840	-S/146 966	-S/284 132	-S/ 94 633	S/12 080	S/236 559	S359 973

VAN Económico	S/ 158 161
TIR Económico	29,83%,
Periodo de Recupero	4 meses y 27 días

Se puede evidenciar que, pese a un escenario pesimista, la viabilidad del proyecto se mantiene estable frente a la disminución del OEE probable debida reducción porcentual de la disponibilidad de la maquinaria y equipos.

6.4 Evaluación del impacto social

Al realizar la evaluación social de proyecto, se analizará el beneficio de forma social y económica al grupo de trabajadores involucrados en el proyecto. Debido a que se

establecerán nuevos puestos de trabajo, se buscará mejorar estabilidad de trabajos y la comodidad de sus instalaciones. Por otro lado, la implementación de una nueva tecnología en el presente proyecto permitirá realizar prácticas más conscientes reducir la contaminación ambiental y el desperdicio.

6.4.1 Indicadores sociales

A continuación, se realizará el cálculo y se interpretarán los indicadores sociales más importantes. De tal forma, se podrá evaluar de una forma cuantitativa el impacto social que generará la implementación de nuestro proyecto en la organización. Para realizar estos cálculos, se considerará el valor del WACC, con un 9,65%.

Valor Agregado

El valor agregado se obtendrá restando el total de ingresos con los costos que incluyen los insumos por mantenimiento, capacitación al personal, sueldos e implementación del almacén. El resultado obtenido se lleva a valor presente para obtener el valor agregado actual.

Tabla 6.8

Nivel del indicador Valor Agregado (s/)

Periodos	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Total Ingresos	S/ 5 556	S/5 556	S/236 733	S/236 733	S/ 236 733	S/236 733
Sueldo del programador			S/ 5 000	S/ 5 000	S/ 5 000	S/ 5 000
Sueldo técnico encargado de almacén	S/ 2 000	S/2 000	S/ 2 000	S/ 2 000	S/2 000	S/ 2 000
Costo Capacitación Personal	S/17 700	S/17 700	S/17 700			
Costo de Insumos de Mtto. Cargador		S/8 537		S/8 537		S/ 8 537
Costo de Insumos de Mtto. Faja						S/30 851
Costo de Insumos de Mtto. Bomba	S/969	S/ 969	S/ 969	S/ 969	S/ 969	S/ 969

(continúa)

(continuación)

Periodos	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Costo de Insumos de Mto. Mixer		S/91 950		S/91 950		S/91 950
Costo de implementación almacén	S/8 448					
Resultado	-S/23 561	-S/115 600	S/211 064	S/128 277	S/228 764	S/97 426

Densidad Capital

La relación entre la inversión y la cantidad de empleados da a conocer cuánto invierte la empresa por trabajador.

$$\frac{\text{Inversión total}}{\# \text{ de empleados}} = \frac{s/169\,734}{55} = s/3\,086,07$$

En conclusión, la empresa invierte S/ 3.086,07 para generar un puesto de trabajo.

Intensidad de Capital

La presente ratio indica la capacidad de la empresa para emplear eficazmente sus activos.

$$\frac{\text{Inversión total}}{\text{Valor Agregado}} = \frac{s/169\,734}{s/363\,555,81} = 46.69 \%$$

Como se observa en la división, el valor agregado es mayor a la inversión que realizaría la empresa, por lo que se concluye, que el beneficio para la organización es mayor.

Relación producto capital

El coeficiente mide la relación entre el valor agregado generado en el proyecto, versus el monto de la inversión total.

$$\frac{\text{Valor Agregado}}{\text{Inversión Total}} = \frac{s/363\,555,81}{s/169\,734} = 2,14$$

El valor agregado es 2,14 veces la cantidad invertida en el proyecto.

CONCLUSIONES

- Las herramientas de ingeniería utilizadas para realizar el diagnóstico situacional del área de producción permitieron identificar con precisión las principales causas y consecuencias del 56% de nivel de OEE de la maquinaria y equipos como problemática principal. En atención al estudio de mejora, se puede proponer cuales serían las oportunidades de mejora para la empresa.
- La elaboración e implementación de un adecuado plan de mantenimiento integral para las maquinarias y equipos del área de producción posibilitaría el incremento del tiempo de operación, de tal manera que se minimice en la medida de lo posible las paradas por fallos y/o defectos que afectan directamente a la productividad de la planta industrial.
- El sistema de control de producción de concreto premezclado se podría mejorar con la implementación de un programa que permita optimizar los recursos en la etapa de dosificación de materias primas de manera automatizada y de la propia producción a lo largo de todo el proceso, con la finalidad de erradicar desperdicios por ejecución manual.
- Lidermix se encuentra en un mercado altamente competitivo en donde los clientes buscan la mejor calidad, precio y capacidad de respuesta, por ello, en el que es posible definir al plan de mejora con un presupuesto propuesto de S/ 460.653,00.

RECOMENDACIONES

- La realización de una retroalimentación con herramientas de diagnóstico respecto a la situación actual de la empresa permite identificar detalladamente los principales problemas en las distintas áreas a resolver para garantizar la rentabilidad.
- Un mayor énfasis en el presupuesto anual para la implementación de un correcto plan de mantenimiento integral que preserve la funcionalidad de las maquinarias y equipos del área de producción.
- La falta de renovación e inversión en maquinarias, equipos y herramientas a la vanguardia de la tecnología provoca deficiencia en comparación a los recursos utilizados por la competencia. Por ello, la necesidad de mantener una constante actualización a las soluciones de ingeniería.
- El desarrollo de manera adjunta de los 5 pilares restantes del sistema de mantenimiento productivo total como mejoras enfocadas, mantenimiento de calidad, prevención del mantenimiento, TPM en áreas administrativas y seguridad y ambiente, para preservar la vida útil de la maquinaria y equipos, y eliminar las 6 grandes pérdidas.
- La identificación de los desperdicios que no crean valor en toda actividad humana que absorben recursos, permitiría reducir costes y lead times de producción con la reducción de las 7 mudas de Lean Manufacturing: sobreproducción, tiempo, transporte, procesos, inventario, movimientos y defectos.
- Evitar resistirse al cambio de implementar nuevas herramientas de control que realmente mejoren la productividad de la planta industrial, con la finalidad de contribuir con el desarrollo de la empresa.

REFERENCIAS

- 5 fuerzas de Porter. (2016, 09 de noviembre). *Dirconfidencial*.
<https://dirconfidencial.com/diccionario/5-fuerzas-porter-20161109-1320/>
- Aceros Arequipa. (2010, 24 de agosto). *Dosificar las mezclas de concreto*.
<https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-de-construccion-para-propietarios.pdf>
- Alca Huamaní, E., Maldonado Candela, R. J., & Reátegui García, D. (2015). *Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera*. [Tesis para optar el grado académico de Magister en Operaciones y Logística, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/617624>
- Al-Saedi, A., Paślawski, J., & Nowotarski, P. (2019). Quality Management to continuous improvements in process of Ready Mix Concrete production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 518(2).
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/518/2/022019>
- Aplitek S.R.L. (2018). *Aditivos para Hormigón*.
<https://aplitekbolivia.com/producto/sikafiber-pe/#:~:text=La%20adici%C3%B3n%20de%20SikaFiber%C2%AE%20PE%20sustituye%20a%20la,Aumento%20importante%20del%20C3%ADndice%20de%20tenacidad%20del%20concreto.>
- SAP Ariba. (s.f.). *Gestión de relaciones con el proveedor*.
<https://www.ariba.com/es/solutions/business-needs/vendor-relationship-management-software>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2020). *Encuesta de Expectativas Macroeconómicas*
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01770AM/html>
- Blotek Perú. (2019). *Empresa*. <http://blotekperu.com/empresa/>
- Callen, T. (2008, diciembre). ¿Qué es el producto interno bruto? *Finanzas & Desarrollo*.
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2008/12/pdf/basics.pdf#:~:text=El%20PIB%20mide%20el%20valor%20monetario%20de%20los,parte%20del%20PIB%20estadounidense%2C%20pero%20del%20PNB%20alem%C3%A1n>
- Cépeda Cervantes, B. (2018, junio 20). *UNICON: el valor de la tecnología digital en su customer journey*.
<https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2018/06/20/unicon-el-valor-de-la-tecnologia-digital-en-su-customer-journey/>

- Cerna Cuadra, R., & Guerra Mantari, I. R. (2019). *Estudio de mejora para el área de Operaciones de la empresa Diagnodent S.A.C a partir de un estudio de mejora de métodos*. [Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/9342>
- Command Alkon. (28 de enero de 2020). *UNICON confía en Command Alkon para simplificar y automatizar procesos manuales*. <https://mastery.commandalkon.com/spanish/unicon-conf%C3%ADa-en-command-alkon-para-simplificar-y-automatizar-procesos-manuales>
- De la Vega Polanco, M. (2018, 8 de marzo). Heresi: Proyecto de Ley 2408 es “muy buena señal” para la seguridad jurídica del país. <https://andina.pe/agencia/seccion-economia-2.aspx/img/goo.gl/noticia-heresi-proyecto-ley-2408-es-muy-buena-senal-para-seguridad-juridica-del-pais-702584.aspx>
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (2017, 7 de junio). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- Decreto Supremo N° 057-2014-PCM. (2014, 11 de setiembre). <https://vlex.com.pe/vid/supremo-na-provincia-mariscal-loreto-528148246>
- Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA. Modifica el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición. (2016, 21 de octubre). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-para-la-gestion-y-decreto-supremo-n-019-2016-vivienda-1444264-1>
- EE.UU.: Curva de rendimiento de bonos del del tesoro se invierte por primera vez desde 2007. (22 de marzo, 2019). *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/economia/mercados/rendimiento-bonos-tesoro-ee-uu-invierte-primera-vez-2007-noticia-619425-noticia/>
- Estrella Prado, O. D., & Fuentes Canales, L. M. (2020). *Propuesta de mejora para reducir los productos no conformes en una empresa de plásticos, utilizando herramientas de Lean Manufacturing*. [Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/651566>
- Evaluación de Factores Externos Matriz EFE MEFE. (2018, 22 de noviembre). *2IM Marketing*. <https://2immarketing.com/factores-externos-matriz-efe-mefe/>
- Fabbri, G. (2012, 16 de abril). *Lo que Debe Saber de: El Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter*. <https://www.sectorial.co/articulos-especiales/item/50436-lo-que-debe-saber-de-el-modelo-de-las-cinco-fuerzas-de-porter>
- Flores Bonilla, S. I., & Yáñez Maji, R. A. (2018). *Mejoramiento del proceso productivo en la empresa El Placer S.A. ubicada en el cantón Pillaro en base al desarrollo*

de las metodologías 5s y VSM (Tesis de Pregrado). [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10497>

Fowks, J. (2018, 26 de marzo). Martín Vizcarra asume como presidente de Perú: Pongamos punto final a la confrontación. *El País*.
https://elpais.com/internacional/2018/03/23/america/1521829723_964634.html

García Alcaraz, J. L., Romero González, J., & Noriega Morales, S. A. (2012). El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. *Contaduría y administración*, 57(4).
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422012000400009

García Garrido, S. (2020). ¿Sabes qué es el Mantenimiento Basado en Condición (MBC)? <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/120-que-es-tpm>

González Jaramillo, V. H., Barcia, K., & Sabando Vera, D. (2018, enero). Modelo del Mapeo del flujo de valor – Value Stream Mapping (VSM) para la mejora de Procesos de Producción de empresa de Dulcería-Café. *The 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*.
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.283>

González-Salcedo, L. O., Guerrero-Zúñiga, A. P., & Delvasto-Arjona, S. (2011). Aplicación de la Inteligencia Artificial en el diseño de mezclas de concreto. Estado del Arte. *Cuaderno Activa*, 4(2), 55-65.
<https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/33>

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. *Portland Cement Association*.
<https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7099/7103/82528.pdf>

Levitt, J. (2010). *TPM Total Productive Maintenance*. Industrial Press, Inc.

Lidermix. (2019). *Calidad de Producto*. <https://www.lidermix.com.pe>

MEF: Dificultades de constructoras paralizarían obras públicas por S/ 30,000 millones. (2018, 30 de enero). *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/mef-dificultades-constructoras-paralizarian-obras-publicas-s-30-000-millones-226072-noticia/>

Min Shum, Y. (2018, 6 de febrero). *Matriz de evaluación de factores internos (Matriz EFI – MEFI)*. <https://yiminshum.com/matriz-evaluacion-factores-internos-mefi/>

Montes, M. (2016, 26 de enero). *Lección de Un Punto*.
<https://clubresponsablesdecalidad.com/leccion-de-un-punto/>

- Norma Técnica Peruana N.º 339.114.206. CONCRETO. Concreto premezclado. Requisitos. 4a Edición. Reemplaza a la NTP 339.114:2012. (2016, 31 de diciembre). <https://busquedas.elperuano.pe/>
- NYU Stern. (2020, 01 de octubre). To estimate pure play betas by business, to use in estimating a bottom up beta for a project or a company. <http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pc/datasets/betas.xls>
- Orozco, M., Ávila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista ingeniería de construcción*, 33(2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161>
- Perú Construye. (2018, 16 de noviembre). *Concreto en obra: Un mercado cada vez más sólido*. <https://peruconstruye.net/2018/11/16/concreto-en-obra-un-mercado-cada-vez-mas-solido/>
- Precios de materiales de construcción cayeron en noviembre. (2019, 09 de diciembre). *La República*. <https://larepublica.pe/economia/2019/12/09/precios-de-materiales-de-construccion-cayeron-en-noviembre-inei-capeco-cemento-mercado-inmobiliario/>
- Resolución Ministerial N.º 330-2015-VIVIENDA. Modificación del Reglamento Operativo para Acceder al Bono Familiar Habitacional para las Modalidades de Aplicación de Construcción en Sitio Propio y Mejoramiento de Vivienda, aprobado por Resolución Ministerial N.º 102-2012-VIVIENDA y modificatorias. (2015, 10 de diciembre). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/22230/RM-330-2015-VIVIENDA.pdf>
- Riesgo país de Perú bajo cinco puntos básicos y cerró en 1.35 puntos porcentuales. (2020, 30 de septiembre). *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-bajo-cinco-puntos-basicos-y-cerro-en-135-puntos-porcentuales-noticia/?ref=gesr>
- Romero Bermúdez, E., & Díaz Camacho, J. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 40(3-4), 127-142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27018888005>
- Salfa Camiones. (2020). *Productos Camiones Mixer*. <https://salfacamiones.cl/productos/camion-granite-pjl-14-6-lbs/>
- S&P Dow Jones Indices. (s.f.). S&P Total Market Index. S&P Global. <https://espanol.spindices.com/indices/equity/sp-total-market-index-tmi>
- Taizhou Dongchun Motor Co. (2020). *Motor Eléctrico Serie Y2*. <https://www.dongchunmotor.com/es/motor-electrico-trifasico/detail/26.html>
- Unión de Concreteras. (2015). *Reporte de Sostenibilidad*. <https://www.unicon.com.pe/wp-content/uploads/2019/04/Reporte-15.pdf>

Valdivia Castillo, R. F. (2017). *Proyecto de Automatización para una Planta Dosificadora de Concreto Premezclado Propiedad de la Empresa Concretos Supermix S.A la cual Aumentará su Capacidad de Producción de 24 M3 a 40 M3 por Hora*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. Universidad Católica de Santa María.
<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6288>

Volcán Compañía Minera. (2003). *Manual de Operación y Mantenimiento*.
<https://fdocuments.ec/document/faja-transportadora-5655828b2100f.html>

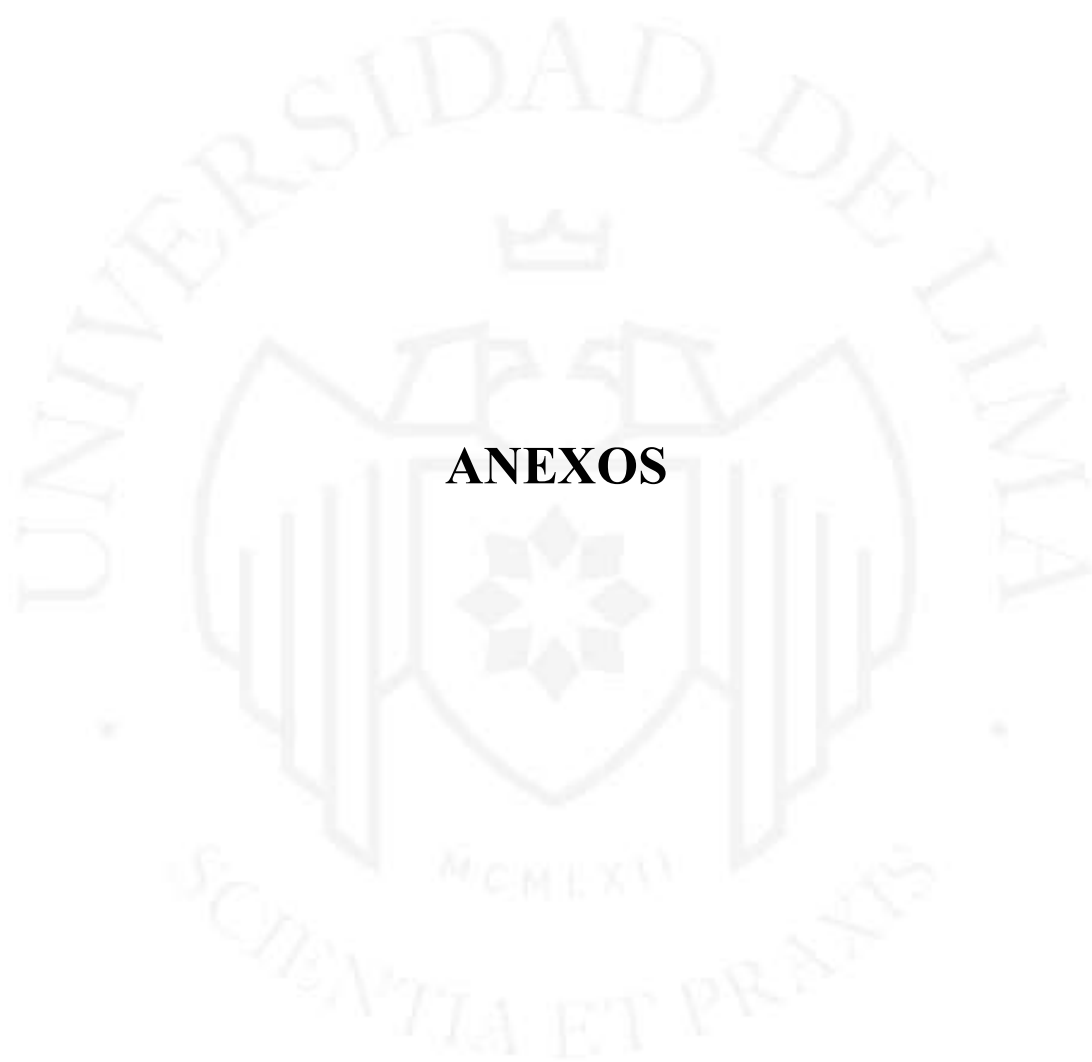


BIBLIOGRAFÍA

- Arco Electrónica. (s.f.). *Software Control Plantas de Hormigón*.
<https://www.arcoelectronica.es/productos/software-industrial/software-control-plantas-hormigon/>
- Básculas BDS. (2016). *Indicadores de Peso*.
<http://www.basculasbda.com/productos/indicadores-de-peso/>
- Canive, T. (2020). *Departamentalización de la empresa*.
<https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/departamentalizacion>
- ¿Cuál es la diferencia entre Cemento, Concreto, Hormigón y Hormigón Armado?. (2021, 12 de julio). *Umacon*.
<http://www.umacon.com/noticia.php/es/diferencias-entre-cemento-concreto-hormigon-y-hormigon-armado/430>
- Eritza. (2019). *Plantas de Concreto*. <https://www.ertiza.com/cotizar.php?id=6>
- HCM Hormigones. (2019, 22 de febrero). *¿Conoces la diferencia entre estos materiales?* <http://www.hcmhormigones.es/index.php/2019/02/22/cemento-concreto-hormigon-y-hormigon-armado/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Inga Quezada, A. J., Rojas Polo, J. E., Basurto Castro, M. F., Callupe Rivera, S., Luis Vasquez, K. M., & Morales Villafuerte, Y. (2019, 24 de julio). Mejora del sistema de distribución de una empresa comercializadora de cemento y materiales de construcción mediante el uso de modelación matemática. *Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities: Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/meta/FP180.html>
- Osorio, J. D. (2020). *Todo sobre concreto premezclado, tu aliado en Velocidad de Colocación*. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/category/innovacion-y-tendencias/concreto-premezclado-nueva-ola-de-construccion>
- Porter, M. (1982). *Estrategia Competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Grupo Editorial Patria S.A de C.V.
https://books.google.com.mx/books/about/Estrategia_Competitiva.html?id=_n0dDAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

Vaisala. (s.f.). *Sonda de humedad y temperatura HMP3*.
<https://www.vaisala.com/es/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/instruments-industrial-measurements/hmp3>





ANEXOS

Anexo 1: Calificación conocimiento operarios

MATRIZ DE HABILIDADES PARA OPERARIOS		TURNO 1	
MÁQUINA	Cargador Frontal		
DESCRIPCIÓN DE PUNTUACIÓN			
0	No conoce. No recibió instrucción		
1	Tiene conocimientos escasos. Opera con limitaciones. Necesita ayuda para realizar sus funciones		
2	Tiene conocimientos regulares. Opera sin ayuda. No conoce los fundamentos teóricos		
3	Tiene buenos conocimientos. Aplica la teoría. Realiza sus funciones sin cometer errores		
CONOCIMIENTOS OPERATIVOS BÁSICOS			
1	Conoce los procedimientos relacionados al puesto	3	3
2	Aplica los procedimientos relacionados al puesto	3	3
3	Conoce y realiza la secuencia de actividades de la máquina a cargo	3	3
4	Realiza cambios de componentes en la máquina	2	2
5	Conoce y aplica los conceptos de la metodología 5S	0	0
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS OPERATIVOS		73,33	73,33
CONOCIMIENTOS TÉCNICOS BÁSICOS			
1	Entiende y analiza los manuales de la máquina a cargo	3	2
2	Conoce los funcionamientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos de los equipos	3	3
3	Detecta fallas y establece diagnósticos y acciones correctivas	2	2
4	Conoce de sensores, seguridad eléctrica y diagnósticos de fallas por alarmas	1	1
5	Posee conocimientos de mantenimientos preventivo	3	3
6	Conoce sobre sistemas de lubricación de máquina	3	3
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TÉCNICOS		85,00	85,00
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL		79,17	79,17
HABILITADO PARA OPERAR		SI	SI

MATRIZ DE HABILIDADES PARA OPERARIOS		TURNO 1
MÁQUINA	Tolva Receptiva	
DESCRIPCIÓN DE PUNTUACIÓN		OPERARIO 1
0	No conoce. No recibió instrucción	
1	Tiene conocimientos escasos. Opera con limitaciones. Necesita ayuda para realizar sus funciones	
2	Tiene conocimientos regulares. Opera sin ayuda. No conoce los fundamentos teóricos	
3	Tiene buenos conocimientos. Aplica la teoría. Realiza sus funciones sin cometer errores	
CONOCIMIENTOS OPERATIVOS BÁSICOS		
1	Conoce los procedimientos relacionados al puesto	3
2	Aplica los procedimientos relacionados al puesto	3
3	Conoce y realiza la secuencia de actividades de la máquina a cargo	3
4	Realiza cambios de componentes en la máquina	2
5	Conoce y aplica los conceptos de la metodología 5S	0
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS OPERATIVOS		73,33
CONOCIMIENTOS TÉCNICOS BÁSICOS		
1	Entiende y analiza los manuales de la máquina a cargo	2
2	Conoce los funcionamientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos de los equipos	2
3	Detecta fallas y establece diagnósticos y acciones correctivas	1
4	Conoce de sensores, seguridad eléctrica y diagnósticos de fallas por alarmas	1
5	Posee conocimientos de mantenimientos preventivo	2
6	Conoce sobre sistemas de lubricación de máquina	1
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TÉCNICOS		50,00
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL		61,67
HABILITADO PARA OPERAR		SI

MATRIZ DE HABILIDADES PARA OPERARIOS	
MÁQUINA	Balanza Semi-Automática
DESCRIPCIÓN DE PUNTUACIÓN	
0	No conoce. No recibió instrucción
1	Tiene conocimientos escasos. Opera con limitaciones. Necesita ayuda para realizar sus funciones
2	Tiene conocimientos regulares. Opera sin ayuda. No conoce los fundamentos teóricos
3	Tiene buenos conocimientos. Aplica la teoría. Realiza sus funciones sin cometer errores
CONOCIMIENTOS OPERATIVOS BÁSICOS	
1	Conoce los procedimientos relacionados al puesto
2	Aplica los procedimientos relacionados al puesto
3	Conoce y realiza la secuencia de actividades de la máquina a cargo
4	Realiza cambios de componentes en la máquina
5	Conoce y aplica los conceptos de la metodología 5S
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS OPERATIVOS	
CONOCIMIENTOS TÉCNICOS BÁSICOS	
1	Entiende y analiza los manuales de la máquina a cargo
2	Conoce los funcionamientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos de los equipos
3	Detecta fallas y establece diagnósticos y acciones correctivas
4	Conoce de sensores, seguridad eléctrica y diagnósticos de fallas por alarmas
5	Posee conocimientos de mantenimientos preventivo
6	Conoce sobre sistemas de lubricación de máquina
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TÉCNICOS	
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL	
HABILITADO PARA OPERAR	

TURNO 1

OPERARIO 1

3
3
3
2
0
73,33

3
3
2
2
3
85,00
79,17
SI

MATRIZ DE HABILIDADES PARA OPERARIOS	
MÁQUINA	Bomba Volumétrica
DESCRIPCIÓN DE PUNTUACIÓN	
0	No conoce. No recibió instrucción
1	Tiene conocimientos escasos. Opera con limitaciones. Necesita ayuda para realizar sus funciones
2	Tiene conocimientos regulares. Opera sin ayuda. No conoce los fundamentos teóricos
3	Tiene buenos conocimientos. Aplica la teoría. Realiza sus funciones sin cometer errores
CONOCIMIENTOS OPERATIVOS BÁSICOS	
1	Conoce los procedimientos relacionados al puesto
2	Aplica los procedimientos relacionados al puesto
3	Conoce y realiza la secuencia de actividades de la máquina a cargo
4	Realiza cambios de componentes en la máquina
5	Conoce y aplica los conceptos de la metodología 5S
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS OPERATIVOS	
CONOCIMIENTOS TÉCNICOS BÁSICOS	
1	Entiende y analiza los manuales de la máquina a cargo
2	Conoce los funcionamientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos de los equipos
3	Detecta fallas y establece diagnósticos y acciones correctivas
4	Conoce de sensores, seguridad eléctrica y diagnósticos de fallas por alarmas
5	Posee conocimientos de mantenimientos preventivo
6	Conoce sobre sistemas de lubricación de máquina
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TÉCNICOS	
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL	
HABILITADO PARA OPERAR	

TURNO 1

OPERARIO 1

3
3
3
2
0
73,33

2
2
1
1
0
3
50,00
61,67
SI

MATRIZ DE HABILIDADES PARA OPERARIOS	
MÁQUINA	Camiones Mixer
DESCRIPCIÓN DE PUNTUACIÓN	
0	No conoce. No recibió instrucción
1	Tiene conocimientos escasos. Opera con limitaciones. Necesita ayuda para realizar sus funciones
2	Tiene conocimientos regulares. Opera sin ayuda. No conoce los fundamentos teóricos
3	Tiene buenos conocimientos. Aplica la teoría. Realiza sus funciones sin cometer errores
CONOCIMIENTOS OPERATIVOS BÁSICOS	
1	Conoce los procedimientos relacionados al puesto
2	Aplica los procedimientos relacionados al puesto
3	Conoce y realiza la secuencia de actividades de la máquina a cargo
4	Realiza cambios de componentes en la máquina
5	Conoce y aplica los conceptos de la metodología 5S
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS OPERATIVOS	
CONOCIMIENTOS TÉCNICOS BÁSICOS	
1	Entiende y analiza los manuales de la máquina a cargo
2	Conoce los funcionamientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos de los equipos
3	Detecta fallas y establece diagnósticos y acciones correctivas
4	Conoce de sensores, seguridad eléctrica y diagnósticos de fallas por alarmas
5	Posee conocimientos de mantenimientos preventivo
6	Conoce sobre sistemas de lubricación de máquina
PORCENTAJE DE CALIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS TÉCNICOS	
PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL	
HABILITADO PARA OPERAR	

TURNO 1

OPERARIO 1

3
3
3
3
1
85,00

3
3
2
2
2
3
85,00
85,00
SI

Anexo 2: Normativas de insumos del concreto premezclado

6. MATERIALES

6.1 De no existir especificaciones para los materiales, se deben usar las siguientes especificaciones para los materiales:

6.2 Materiales cementicios

6.2.1 **Cemento hidráulico:** El cemento hidráulico debe cumplir con la NTP334.009 y la NTP 334.090 o con la NTP 334.082.6.2.2

Materiales cementicios suplementarios: Las cenizas volantes o las puzolanas naturales deben cumplir con la NTP 334.104. La escoria granulada de alto horno debe cumplir con la norma ASTM C 989. La micro sílice debe cumplir con la NTP334.087.

6.3 **Agregados:** Los agregados de peso normal deben cumplir con la NTP400.037. El agregado ligero debe cumplir con la especificación ASTM C 330 y ASTM C637 para el agregado pesado.

6.4 **Agua:** El agua debe cumplir con la NTP 339.088.

6.5 **Aditivos incorporadores de aire:** Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con la NTP 334.089 (Nota 2).

6.6 **Aditivos químicos:** Los aditivos químicos deben cumplir ya sea con la NTP334.088 o la especificación ASTM C 1017/C 1017M, la que sea aplicable. (Nota 2)

NOTA 2: En algunos casos pueden variar los dosajes de aditivos incorporadores de aire, acelerantes y retardadores, por lo que se deberá disponer de una tolerancia en las dosificaciones que permita obtener el efecto

deseado. NOTA 3: El intercambio de clases, características, tipos o grados de materiales permitidos en el concreto pre mezclado puede producir concreto con diferentes propiedades.

Anexo 3: Resultado de simulación de la situación actual

ARENA Simulation Results					
DUIS - License: STUDENT					
Summary for Replication 1 of 1					
Project: Unnamed Project					Run execution date : 9/28/2020
Analyst: Jose Aguirre					Model revision date: 9/28/2020
Replication ended at time	: 577.83839 Minutes				
Base Time Units: Minutes					
TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
PREMEZCLADO.VATime	218.91	(Insuf)	199.92	227.11	6
PREMEZCLADO.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
PREMEZCLADO.WaitTime	356.03	(Insuf)	68.415	700.29	6
PREMEZCLADO.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
PREMEZCLADO.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
PREMEZCLADO.TotalTime	309.39	(Insuf)	204.06	394.52	6
DESPACHO A GRUPO CARAL.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
LABORATORIO.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	12
JUNTAR.Queue4.WaitingTime	126.06	(Insuf)	20.568	210.43	6
JUNTAR.Queue5.WaitingTime	17.730	(Insuf)	.00000	71.117	6
JUNTAR.Queue2.WaitingTime	57.766	(Insuf)	.00000	145.10	6
JUNTAR.Queue3.WaitingTime	90.268	(Insuf)	17.796	199.93	6
JUNTAR.Queue1.WaitingTime	56.723	(Insuf)	.00000	149.12	6
TRANSPORTE.Queue.WaitingTime	1.0000	(Insuf)	.00000	2.0000	12
LAVADO.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
DESPACHO A CONSOLIDA.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
MEDIR.Queue.WaitingTime	.13230	(Insuf)	.00000	1.5876	12
DESPACHO A U.CATOLICA.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
DOSIFICAR.Queue.WaitingTime	1.2579	(Insuf)	.00000	7.1488	18
TRASLADO.Queue.WaitingTime	.72332	(Insuf)	.36360	1.2595	12
PRUEBA DE CALIDAD.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	12
DESPACHO A INDUSTRIAS FARCO.Queue.WaitingT	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
PESADO.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
DESPACHO A MUNICIPALIDA SB.Queue.WaitingTi	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	2
DISCRETE-CHANGE VARIABLES					

Anexo 4: Resultado de simulación de la propuesta de mejora

```

ARENA Simulation Results
DUIS - License: STUDENT

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project
Analyst: Jose Aguirre

Run execution date : 9/28/2020
Model revision date: 9/28/2020

Replication ended at time      : 502.364 Minutes
Base Time Units: Minutes


TALLY VARIABLES

Identifler                      Average   Half Width  Minimum   Maximum   Observations
-----
PREMEZCLADO.VATime              201.74   (Insuf)    187.73    211.38    5
PREMEZCLADO.NVATime             .00000   (Insuf)    .00000    .00000    5
PREMEZCLADO.WaitTime            351.19   (Insuf)    54.335    452.30    5
PREMEZCLADO.TranTime            .00000   (Insuf)    .00000    .00000    5
PREMEZCLADO.OtherTime           .00000   (Insuf)    .00000    .00000    5
PREMEZCLADO.TotalTime           301.02   (Insuf)    197.21    349.12    5
ARENA.VATime                    10.888   (Insuf)    10.888    10.888    1
ARENA.NVATime                   .00000   (Insuf)    .00000    .00000    1
ARENA.WaitTime                  2.0000   (Insuf)    2.0000    2.0000    1
ARENA.TranTime                  .00000   (Insuf)    .00000    .00000    1
ARENA.OtherTime                 .00000   (Insuf)    .00000    .00000    1
ARENA.TotalTime                 12.888   (Insuf)    12.888    12.888    1
DESPACHO A GRUPO CARAL.Queue.WaitingTime .00000   (Insuf)    .00000    .00000    1
LABORATORIO.Queue.WaitingTime .00000   (Insuf)    .00000    .00000    12
JUNTAR.Queue4.WaitingTime       117.66   (Insuf)    16.000    167.79    5
JUNTAR.Queue5.WaitingTime       49.281   (Insuf)    .00000    117.28    5
JUNTAR.Queue2.WaitingTime       4.0579   (Insuf)    .00000    17.789    5
JUNTAR.Queue3.WaitingTime       124.97   (Insuf)    16.000    179.00    5
JUNTAR.Queue1.WaitingTime       51.557   (Insuf)    .00000    77.789    5
TRANSPORTE.Queue.WaitingTime    1.0000   (Insuf)    .00000    2.0000    12
LAVADO.Queue.WaitingTime        .00000   (Insuf)    .00000    .00000    5
DESPACHO A CONSOLIDA.Queue.WaitingTime  --      --          --          --          0
MEDIR.Queue.WaitingTime         .09470   (Insuf)    .00000    1.0000    12
DESPACHO A U.CATOLICA.Queue.WaitingTime .00000   (Insuf)    .00000    .00000    3
DOSIFICAR.Queue.WaitingTime     .01818   (Insuf)    .00000    .30902    17
TRASLADO.Queue.WaitingTime      .64718   (Insuf)    .02592    1.2194    11
PRUEBA DE CALIDAD.Queue.WaitingTime .00000   (Insuf)    .00000    .00000    12
DESPACHO A INDUSTRIAS FARCO.Queue.WaitingT --      --          --          --          0
PESADO.Queue.WaitingTime        .00000   (Insuf)    .00000    .00000    5
DESPACHO A MUNICIPALIDA SB.Queue.WaitingTi .00000   (Insuf)    .00000    .00000    1


DISCRETE-CHANGE VARIABLES

```

Anexo 5: Cotización de plan de capacitación inicial de TPM



ipeman
INSTITUTO PERUANO DE MANTENIMIENTO



UPADI
Comité Panamericano
de Ingeniería de Mantenimiento

Ambiente y Calidad; Implementador del Sistema de Gestión, Auditor de Sistemas de Gestión Integrado, Capacitador profesional en Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente, Calidad y Técnico Operativo, Desarrollador de Software para la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. Con diplomado en Gestión de Recursos Humanos; Diplomado en Docencia Universitaria 2008, Diplomado en Gerencia Empresarial Experiencia sólida en Capacitación, Elaboración, implementación, ejecución y control de Programas de Capacitación y Entrenamiento Minero por competencias, desarrollador del software de capacitación, CONSULTOR INDEPENDIENTE 2012 – A LA FECHA, Bureau Veritas Auditores de Sistemas Integrados de Gestión 2009 Auditores de Sistemas Integrados de Gestión 2008 Auditores de Sistemas Integrados de Gestión 2003 Sistemas Integrados de Gestión Taller de Capacitación de Diseño y Desarrollo ISO 9001:2000 Planificación Basada en el Enfoque del Cliente Control Estadísticos de Datos ISO 140001 OHSAS 18001 ISO 90001-2000 Cadena de Valor Empresa Minera del Centro del Perú- CENTROMIN PERU S.A. VOLCAN CIA. MINERA SAC. (1999 al 2011), Auditor Trinorma (SSOMAC) corporativo (Auditorías internas a las unidades Yauli, Chungar, Cerro de Pasco del 2003 al 2011) CENTURY MINING Auditoría Interna Sistema de Gestión SSOMA.

FACILITADOR 3.- Lic. Miguel Ortiz Gálvez
Estudios Profesionales Licenciado en Ingeniería Mecánica Industrial / Univ. Cesar Vallejo / Técnico Superior en Ingeniería Mecánica de Mantenimiento SENATI / Asesor senior de implementación en Gloria S.A. en las áreas de Envases, Derivados lácteos y Condensaría (800 operadores de producción) / (Especialista en Mantenimiento Autónomo – TPM) – Estudios de especialización de TPM en México-JMAC. Implementador de 5S y M Autónomo en empresa Grupo Pacasmayo, implementador de 5S y M Autónomo en empresa GODYEAR, asesor senior en la implementación del M Autónomo a Planta – Mina y Mantenimiento en la Cia. Minera Santa Luisa SA, auditor supervisor del cumplimiento del avance de 5S y MA del Grupo Pacasmayo en Plantas de Concreto y de Agregados en Chimbote – Trujillo – Pacasmayo – Chiclayo – Piura y Cajamarca. Propulsor del Plan Piloto de 5S y M Autónomo en Edifera Perú SA, Asesor facilitador en la capacitación del Mantenimiento Autónomo en Cia. Electro Sureste SA (Cusco), Líder en el proceso de implementación de RCM a equipo crítico de Planta de Agua La Atajaja – basado en ejercicios de M Autónomo en Planta de tratamiento de agua potable, Multiplicador Productivo Total - TPM- Marcio Coimbra - Brazil-Training – Workshop 2004- Lean Manufacturing - Enrique Mora – México -Training in House Barrick -2003.

Fechas propuestas: tra semana de octubre 2020

Formato de ejecución: A distancia

Horario: El que se acuerde en coordinación con instructor

Lugar: A distancia: Sala de capacitación de empresa, en lugar de trabajo o en lugar acordado con participantes

Participantes: 40 personas

Materiales: A distancia: Manual del Curso + selectivas vistas del curso e información Técnica del tema en formato virtual.

Inversión: soles

	P.U.	Cant.	Sub
Por el dictado de curso (Honorarios + materiales + gestión)	300	40	8,000
Descuento Especial 20%			1,600
Total			S/ 6,400

+ IGV

Inversión x participante: S/ 6,400/ 40 = S/ 160

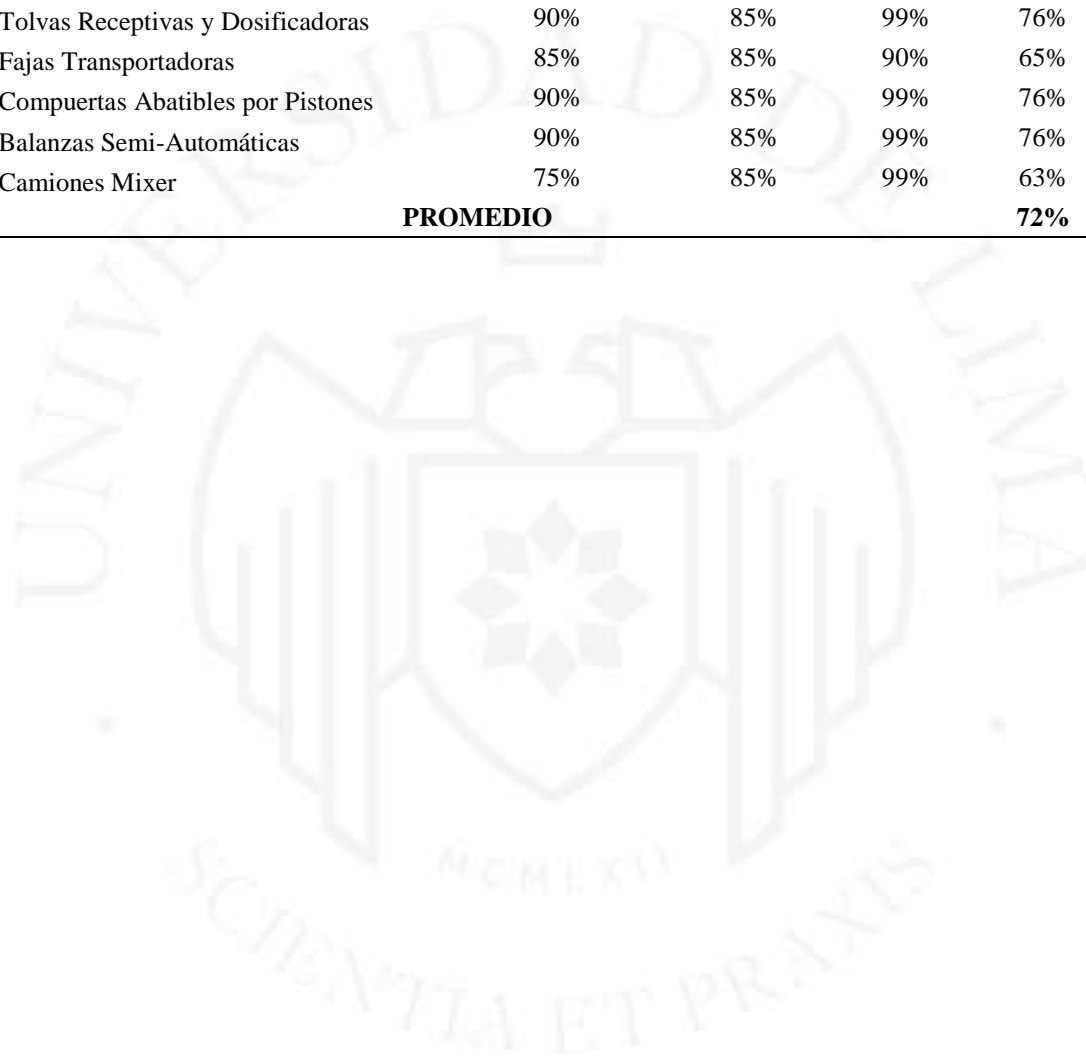
Condiciones del servicio: Orden de Compra

Forma de Pago: Contado

Manuel Scorza 287 San Boja - Lima - Perú
Teléfono: (511) 346 2203 / 990061141 / 970543419
e-mail: ipeman@ipeman.com, asesoria@ipeman.com, coordinacion@ipeman.com

Anexo 6: Indicador OEE del 2019 por cada equipo y máquina

Activos Fijos	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE 2019
Cargador Frontal	85%	90%	99%	76%
Silos de Almacenamiento	90%	90%	99%	80%
Bomba Volumétrica	85%	75%	99%	63%
Tolvas Receptivas y Dosificadoras	90%	85%	99%	76%
Fajas Transportadoras	85%	85%	90%	65%
Compuertas Abatibles por Pistones	90%	85%	99%	76%
Balanzas Semi-Automáticas	90%	85%	99%	76%
Camiones Mixer	75%	85%	99%	63%
PROMEDIO				72%



PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS BASADO EN LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING Y GESTIÓN DE PROVEEDORES EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN Y COMERCIALIZAC

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad de Lima Trabajo del estudiante	2%
2	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%