



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN DE  
POSTES Y ACCESORIOS DE CONCRETO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN  
MANUFACTURING EN UNA EMPRESA CONCRETERA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR (ES):**

Ortiz Bailón, Mariella Estefany (0000-0002-0656-3715)

Vera Espino, Rubén Javier (0000-0001-9694-8549)

**ASESOR:**

Quiroz Flores, Juan Carlos (0000-0003-1858-4123)

**Lima, 23 de agosto del 2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis padres, a mi hermana, abuelos y a Dios.

A mi papá y a mi mamá, les agradezco en primer lugar por la vida y por el amor incondicional con el que crecí, cada recuerdo está guardado en mi corazón. Les agradezco por cada esfuerzo que han realizado, porque me enseñó que los frutos de la vida son a base de esfuerzo. Además, les agradezco por la dedicación, el apoyo, los consejos, la confianza y las oportunidades que me brindaron.

A mi hermana, por ser un ejemplo de perseverancia en mi vida, por estar presente en los momentos más importantes y por la confianza brindada.

A mis abuelos, gracias por ser como mis padres, por estar presente en mi vida. Gracias por cuidarme y engreírme cuando más lo necesitaba. Lo que actualmente soy, también es gracias a ustedes. Les mando este logro y un abrazo hasta el cielo.

A Dios, gracias por la familia que tengo, por la salud, por el amor, y por las oportunidades que me diste en la vida.

Este logro también es para cada uno de ustedes, porque han sido un pilar importante a lo largo de mi camino que recién empieza.

Los amo mucho.

**MARIELLA ORTIZ BAILON**

Gracias papá por siempre estar presente, por apoyarme en cada momento y guiarme en el camino de mi vida. Te agradezco por todo el amor incondicional que me has dado; y por los consejos que han formado a la persona que soy ahora. Has sido la base esencial por lo cual me he convertido cada vez más fuerte.

**RUBÉN VERA ESPINO**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, por los recursos académicos que nos brindaron para la realización de nuestra tesis.

Nos gustaría agradecer, además, a cada uno de nuestros profesores que nos enseñaron durante nuestra carrera profesional, ya que aportaron con su conocimiento, apoyo y motivación a desarrollarnos como profesionales y personas.

Agradecemos a nuestro asesor Juan Carlos Quiroz Flores, quien con su exigencia, experiencia, conocimiento y motivación nos orientó a retornos constantemente para la realización de nuestra tesis.

Además, agradecer a nuestros padres, quienes fueron los primordiales motores en la realización de esta tesis, y de todas nuestras metas. Les agradecemos por la confianza y la oportunidad que nos brindaron; y además por siempre mantenerse incondicionalmente a nuestro lado.

A nuestros compañeros de universidad, agradecer por los momentos en donde nos apoyábamos mutuamente para el logro de cada una de nuestras metas. Agradecer por su amistad, consejos, ánimos y compañía en los momentos más complicados; nos llevamos muy buenos recuerdos durante los años de universidad.

*Por último, queremos agradecer cada uno a nuestro compañero de tesis:*

“Gracias Rubén por ser mi compañero de tesis, y más que eso, ser uno de mis mejores amigos. La universidad me regalo la oportunidad de conocer a un muy buen amigo, desde un inicio. Gracias por estar presente en cada año de universidad, este trabajo representa el entregable más importante de nuestras vidas. Solo agradecerte por todas las amanecidas, todos los fines de semana avanzando nuestra tesis, pero principalmente agradecerte por tu esfuerzo y por tu amistad.”

**MARIELLA ORTIZ BAILÓN**

“Mariella quiero decirte mediante este pequeño escrito lo mucho que te estimo, eres una gran amiga y creo que no pude haber tenido una mejor pareja para la realización de este trabajo. A pesar de haber finalizado nuestra vida académica en la universidad, siempre recordare cada vivencia que tuvimos y cada momento de alegría y tristeza que hemos pasado. Gracias por cada día poder bríndame tu compañía y máximo esfuerzo”

**RUBEN VERA ESPINO**

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo reducir los diversos problemas que presenta el sector de construcción, específicamente las empresas concreteras, quienes ofrecen al mercado productos en base de concreto armado. Estos problemas impactan directamente en la rentabilidad y competitividad a nivel nacional. Por ello se considera necesario aplicar herramientas y metodologías de Ingeniería; con el fin de reducir costos operativos, penalidades por incumplimiento de pedidos y aumentar la competitividad. El problema identificado en este proyecto es la mala gestión y control de la producción, que incluye consecuencias directas con respecto a la calidad, planificación de operaciones y método de trabajo; generando principalmente sanciones por incumplimiento de pedidos, aumento de costos operativos y pérdida de costo de oportunidad que afectan negativamente la eficiencia del proceso de producción de postes y accesorios de concreto. Para ello, se propone la implementación de un modelo de mejora aplicando la filosofía Lean Manufacturing; cuya aplicación está enfocada a mejorar tres residuos principales en el sistema de producción: defectos, inventario y tiempo de espera. Las propuestas del estudio generaron una reducción de 6.46% productos defectuosos, una reducción de 9.50% en el indicador de penalidades, un incremento de 21% en la OEE de las máquinas y una reducción del 35% en el tiempo de ciclo. Además, se evidenció la reducción de un 1.81% en sobrecostos operativos, lo cual impacta en \$30,199.

**Palabras Claves:** Gestión de inventarios; Gestión de calidad, Gestión de mantenimiento, Gestión de planeamiento de operaciones; Planificación de la capacidad, Mejora de procesos, SLP, Mantenimiento autónomo; Plan Agregado; MRP.

## **ABSTRACT**

The propose of this research is to reduce several problems presented by the construction sector, specifically concrete companies, who offers reinforced concrete products to the market. These problems have a direct impact on profitability and competitiveness at the national level. For this reason, it is necessary to apply engineering tools and methodologies; in order to reduce operating costs, penalties for non-fulfillment of orders and increase competitiveness. The problem identified on this project is poor management and control of production, which includes direct consequences regarding quality, operations planning and work method; mainly generating penalties for non-fulfillment of orders, increased operating costs and loss of opportunity cost, which negatively affect the efficiency of the concrete poles and accessories production process. For this, the implementation of an improvement model is applying the Lean Manufacturing philosophy; whose application is focused on improving three main residues in the production system: defects, inventory and waiting time. The study proposals generated a 6.46% reduction in defective products, a 9.50% reduction in the penalty indicator, a 21% increase in OEE and a 35% reduction in cycle time. In addition, there was a 1.81% reduction in operating cost overruns, which affects \$ 30,199.

**Keywords:** Inventory management; Quality management, Maintenance management, Operations planning management; Capacity planning, Process improvement, SLP, Autonomous maintenance; Aggregate Plan; MRP.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO .....	23
1.1. Antecedentes .....	23
1.1.1. Industria de Construcción en el mundo .....	23
1.1.2. Industria de construcción en el Perú .....	25
1.1.3. Problema.....	32
1.1.4. Importancia.....	32
1.1.5. Motivación .....	34
1.1.6. Objetivo .....	35
1.1.7. Propuesta .....	36
1.1.8. Organización de la Tesis .....	36
1.2. Marco Teórico.....	37
1.2.1. Productividad .....	37
1.2.2. Calidad.....	38
1.2.3. Conceptos relativos de la Producción de concreto .....	39
1.2.3.1. Diseño de mezcla.....	39
1.2.3.2. Dosificación de la mezcla de concreto.....	40
1.2.3.3. Proceso de encofrado.....	40
1.2.3.4. Vibración de concreto .....	41
1.2.4. Tiempo de ciclo .....	43
1.2.5. Planificación y Control de Producción .....	43
1.2.6. Gestión de Inventarios.....	45
1.2.6.1. Planificación de compras .....	45
1.2.7. Distribución de Planta .....	46
1.2.8. Lean Manufacturing .....	47
1.2.8.1. Desperdicios de Lean Manufacturing .....	48
1.2.8.2. Estructura Lean Manufacturing .....	50

1.2.9.	Value Stream Mapping (VSM) .....	52
1.2.10.	Estrategia TQM.....	54
1.2.11.	Filosofía TPM .....	55
1.2.11.1.	Relación TPM y OEE.....	58
1.2.12.	Just in Time .....	60
1.2.13.	Planeamiento de la capacidad.....	62
1.2.14.	Plan Agregado de producción.....	63
1.2.15.	Plan Maestro de Producción .....	65
1.2.16.	MRP (Planeamiento de materiales).....	67
1.2.17.	Lote económico de compra (EOQ) .....	68
1.2.18.	Systematic Layout Planning (SLP) .....	69
1.2.18.1.	Fases de Desarrollo del modelo SLP .....	69
1.2.19.	Estandarización del Método de Trabajo .....	71
1.3.	Estado del Arte.....	72
1.3.1.	Metodología .....	72
1.3.1.1.	Planificación de la Revisión .....	73
1.3.1.2.	Desarrollo de la Revisión.....	74
1.3.1.3.	Resultados de la Revisión .....	74
1.3.2.	10 Casos de Éxito .....	82
1.3.2.1.	Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results .....	82
1.3.2.2.	Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP.....	85
1.3.2.3.	Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness .....	87
1.3.2.4.	Planning of capacity, production and inventory decisions in a generic reverse supply chain under uncertain demand and returns.....	91
1.3.2.5.	Decision in Implementation of Production Capacity Planning Determinated by Usage of Sensitive Analysis .....	93
1.3.2.6.	Tactical supply chain planning under uncertainty with an application.....	94
1.3.2.7.	Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review.....	96

1.3.2.8.	Allocation flexibility for agribusiness supply chains under market demand disruption. ....	99
1.3.2.9.	Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management .....	102
1.3.2.10.	Value Stream mapping approach and analytical network process to identify and prioritize production system's Muda. ....	104
1.3.3.	Resultados .....	105
1.3.4.	Conclusiones .....	110
1.4.	Marco Normativo .....	111
1.4.1.	NTP 339.228: Norma Técnica Peruana para la elaboración de postes de concreto.....	111
1.4.2.	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (N° 29783).....	112
1.4.3.	Ley N° 23407: Ley General de Industrias .....	113
1.4.4.	Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos .....	113
1.4.5.	Ley N° 28611: Ley General del Ambiente.....	113
CAPÍTULO II – DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		114
2.1.	Entorno Construcción.....	114
2.2.	Descripción de la Empresa.....	115
2.2.1.	Ubicación.....	116
2.2.2.	Misión.....	116
2.2.3.	Visión.....	117
2.2.4.	Productos .....	117
2.2.5.	Principales Proveedores .....	119
2.2.6.	Organigrama Corporativo .....	120
2.2.7.	Clientes .....	120
2.2.8.	Principales Competidores .....	122
2.2.9.	Layout de la empresa.....	123
2.2.10.	Mapa de Procesos .....	124
2.2.11.	SIPOC.....	126
2.2.12.	Diagrama de Bloques – Postes y accesorios de Concreto.....	128
2.2.13.	Procesos Específicos .....	129

2.2.14.	Máquinas de Producción .....	130
2.3.	Identificación del Producto Patrón .....	132
2.3.1.	Análisis ABC .....	132
2.4.	Contexto Actual de Postes Sullana S.A.C. ....	133
2.5.	Identificación del Problema Actual .....	133
2.5.1.	Brainstorming .....	133
2.5.2.	Matriz de Vester .....	134
2.5.3.	Determinación del impacto económico de los problemas relevantes.....	136
2.6.	Análisis de las Causas .....	137
2.7.	Análisis de las Causa Inmediatas .....	139
2.7.1.	Causa Inmediata 1: Deficiente Gestión y control de la calidad .....	139
2.7.2.	Causa Inmediata 2: Deficiente gestión de planeamiento de operaciones .....	143
2.7.3.	Causa Inmediata 3: Deficiente método de trabajo .....	159
2.8.	Identificación y análisis de las Causas Raíces.....	160
2.8.1.	Causa Raíz N.1: Deficiente distribución de planta .....	162
2.8.2.	Causa Raíz N.2: Alta rotación del personal.....	166
2.8.3.	Causa Raíz N.3: Ausencia de máquinas de medición .....	167
2.8.4.	Causa Raíz N.4: Secado al Intemperie de los postes .....	170
2.8.5.	Causa Raíz N.5: Falta de estandarización de los métodos de trabajo .....	171
2.8.6.	Causa Raíz N.6: Carencia de Planificación de la Capacidad .....	174
2.8.7.	Causa Raíz N.7: Deficiente Política de Inventario .....	177
2.8.8.	Causa Raíz N.8: Carencia de un Plan de Mantenimiento.....	180
2.9.	Árbol de Problemas .....	185
2.10.	Métricas realizadas a las Causas Raíces .....	186
2.10.1.	Causa Raíz N.1: Carencia de un Plan de Mantenimiento.....	186
2.10.2.	Causa Raíz N.2: Carencia de Planificación de la Capacidad .....	187
2.10.3.	Causa Raíz N.3: Carencia de la Planificación del Personal Operativo .....	189
2.10.4.	Causa Raíz N.4: Alta rotación del personal.....	191

	10
2.10.5. Causa Raíz N.5: Secado al Intemperie de los postes .....	192
2.10.6. Causa Raíz N.6: Ejecución manual del proceso de llenado .....	193
2.10.7. Causa Raíz N.7: Ausencia de máquinas de medición .....	194
2.10.8. Causa Raíz N.8: Deficiente distribución de planta .....	197
2.11. Vinculación de las causas con solución .....	197
2.12. Planteamiento de las Hipótesis .....	198
2.13. Cuantificación de las consecuencias .....	200
2.13.1. Penalidades por Incumplimiento de Pedidos.....	200
2.13.2. Incremento de Costos Operativos.....	201
2.13.3. Costo de Oportunidad Perdido .....	201
2.14. Conclusiones .....	202
<b>CAPÍTULO III – PROPUESTA - APORTE.....</b>	<b>203</b>
3.1. Motivación de la Propuesta.....	204
3.2. Vinculación de la Causa con la Solución .....	204
3.3. Diseño de la propuesta de investigación.....	207
3.4. Diseño de la Propuesta .....	208
3.4.1. Desarrollo de la propuesta de mejora.....	208
3.4.2. Consolidado del Aporte de las herramientas revisadas .....	209
3.4.3. Diseño del modelo de solución propuesto .....	211
3.5. Plan de Implementación.....	224
3.5.1. 5WH de Comunicación Organizacional .....	224
3.5.2. 5WH de Estandarización en el método de trabajo .....	227
3.5.3. 5 WH de Gestión de Inventarios .....	229
3.5.4. 5WH de Programación mediante MRP I.....	231
3.5.5. 5 WH de Gestión de Mantenimiento.....	234
3.5.6. 5 WH de Mantenimiento Autónomo.....	237
3.5.7. 5 WH de Plan Agregado .....	239
3.5.8. 5WH de SLP .....	242

3.6.	Desarrollo de la Propuesta .....	245
3.6.1.	Implementación de Comunicación Organizacional .....	245
3.6.2.	Implementación de Estandarización del método de trabajo.....	246
3.6.3.	Implementación de Gestión de Inventarios .....	256
3.6.4.	Implementación de Programación mediante MRP I.....	260
3.6.5.	Implementación de Plan Agregado .....	266
3.6.6.	Implementación de Gestión de Mantenimiento .....	272
3.6.7.	Implementación de Mantenimiento Autónomo .....	288
3.6.8.	Implementación de SLP .....	295
3.7.	Costos de Implementación.....	316
3.8.	Indicadores de Implementación.....	320
3.9.	Consideraciones para la Implementación .....	321
3.10.	Conclusiones .....	321
CAPITULO IV: VALIDACIÓN DEL MODELO .....		322
4.1.	Implementación Piloto / Simulación.....	322
4.2.	Implementación de Planes Piloto .....	322
4.2.1.	Estandarización de los métodos de Trabajo .....	322
4.2.2.	Gestión de Mantenimiento - Mantenimiento Autónomo .....	328
4.3.	Simulación en Arena .....	340
4.3.1.	Resultados de la Simulación.....	344
4.4.	Resultados e Indicadores.....	347
4.5.	Evaluación Económica.....	348
4.5.1.	Flujo de Caja .....	348
4.5.2.	Beneficio / Costo TIR VAN .....	352
4.6.	Impactos .....	354
4.6.1.	Grupos implicados.....	354
4.6.2.	Impacto Ambiental .....	354
4.6.3.	Impacto Política Legal .....	355

4.6.4.	Impacto Económico.....	356
4.6.5.	Impacto Socio cultural .....	357
4.6.6.	Impacto Tecnológico.....	357
4.6.7.	Impacto en la ciudadanía.....	358
4.7.	Conclusiones – Capitulo IV .....	359
	Cronograma tentativo .....	360
	Conclusiones.....	362
	Recomendaciones.....	363
	BIBLIOGRAFÍA .....	364

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución Mensual de la actividad del Sector Construcción 2017 – 2018 / PBI de Construcción – Variación Porcentual.....	28
Figura 2: Variación Interanual del IVF – Índice del Volumen Físico.....	29
Figura 3: PBI del sector de Construcción en el Perú del 2003 al 2017.....	34
Figura 4: Sistema Estructural de Lean Manufacturing.....	51
Figura 5: Pilares del TPM.....	56
Figura 6: Esquema de los Componentes del OEE.....	59
Figura 7: Los 4 Pilares del JIT.....	60
Figura 8: Rio de las Existencias.....	61
Figura 9: Esquema del SLP.....	70
Figura 10: Artículos Científicos por año.....	75
Figura 11: Motivos para la implementación de Lean Manufacturing en las PYMES.....	84
Figura 12: Propósitos principales de la implementación.....	84
Figura 13: Disponibilidad, operación y Calidad.....	88
Figura 14: Resultado y Coeficiente de Trayectoria.....	89
Figura 15: Análisis de sensibilidad sobre el costo de mantenimiento del producto.....	92
Figura 16: La comparación de la variabilidad entre la demanda y el retorno.....	92
Figura 17: Ubicación de Postes Sullana S.A.C.....	116
Figura 18: Organigrama Corporativo de la empresa Postes Sullana SAC.....	120
Figura 19: Ventas Anuales por Cliente Fijo.....	121
Figura 20: Principales Empresas productoras de Postes y Accesorios de Concreto - 2018.....	122
Figura 21: LayOut de la empresa Postes Sullana.....	123
Figura 22: Interacción de procesos en Postes Sullana S.A.C.....	124
Figura 23: SIPOC de la empresa Postes Sullana.....	126
Figura 24: Diagrama de bloques de postes ya accesorios de concreto.....	128
Figura 25: Mezcladora de Concreto para Postes.....	130
Figura 26: Moldeadora de Concreto para Postes.....	130
Figura 27: Mezcladora de Concreto para Accesorios.....	131
Figura 28: Moldeadora de Concreto para Accesorios.....	131
Figura 29: Moldeadora de Ladrillos Block.....	131
Figura 30: Diagrama de Pareto de los Problemas Generales de Postes Sullana S.A.C.....	136
Figura 31: Impacto de los problemas con respecto a la facturación total del año 2018.....	137
Figura 32: Mapa de Flujo de Valor.....	138

Figura 33: Producción total de Postes en el año 2018 .....	140
Figura 34: Producción total de Accesorios en el año 2018.....	140
Figura 35: Tipos de defectos por tipo de producto .....	141
Figura 36: % de Defectos.....	142
Figura 37: Tipos de daños físicos de postes y accesorios de concreto armado.....	142
Figura 38: Cantidad de personal a destajo en el año 2018 .....	144
Figura 39: Cantidad mensual de paradas en las máquinas .....	148
Figura 40: Cantidad de paradas por máquina.....	148
Figura 41: OEE de Máquina mezcladora para postes .....	150
Figura 42: OEE de Máquina Moldeadora .....	152
Figura 43: OEE de Máquina Mezcladora para accesorios .....	154
Figura 44: OEE de Máquina Vibradora .....	156
Figura 45: OEE de Moldeadora de Ladrillos Block.....	158
Figura 46: Pareto de Motivos de productos defectuosos.....	161
Figura 47: Diagrama de Recorrido para la Producción de postes de concreto armado.....	162
Figura 48: TIS del proceso de secado al intemperie - Preguntas Preliminares .....	170
Figura 49: TIS del proceso de secado al intemperie - Preguntas de Fondo .....	170
Figura 50: Gráficas de Control del proceso de secado de postes .....	171
Figura 51: TIS del proceso de llenado de concreto - Preguntas Preliminares.....	172
Figura 52: TIS del proceso de llenado de concreto - Preguntas de Fondo.....	172
Figura 53: Gráfica de Caja de tiempo de llenado por operario .....	173
Figura 54: SIPOC - Planificación de la capacidad del personal .....	175
Figura 55: Gráfica mensual de Producción VS Pedidos - 2018.....	177
Figura 56: SIPOC - Gestion de Compras (Reactivo).....	178
Figura 57: Indicador de Stock Out de concreto .....	179
Figura 58: Pareto por criticidad de los materiales Faltantes .....	180
Figura 59: Pareto de Falla de Máquinas.....	183
Figura 60: Árbol de Problemas .....	185
Figura 61: Gráfica de dispersión de postes planificados VS Tiempo en Horas de parada.....	187
Figura 62: Gráfica de dispersión de postes incumplidos vs Stock Out en TN.....	189
Figura 63: Gráfica de dispersión de cantidad faltante de operarios VS Cantidad de incumplimiento	190
Figura 64: Gráfica de dispersión de Postes defectuosos VS alta rotación del personal .....	192
Figura 65: Gráficas de Control del proceso de secado de postes .....	192
Figura 66: Gráfica de Caja de tiempo de llenado por operario .....	193
Figura 67: Análisis de Capacidad de Proceso de la Cantidad de Piedra chancada presente .....	194

Figura 68: Análisis de Capacidad de Proceso de la Cantidad de Cemento presente en la mezcla.....	195
Figura 69: Análisis de Capacidad de Proceso de la Cantidad de Arena presente en la mezcla .....	196
Figura 70: Diagrama de Recorrido para la Producción de postes de concreto armado.....	197
Figura 71: Diagrama de Vinculación de Causas Raíces con Solución .....	206
Figura 72: Diseño de la Propuesta de Investigacion .....	207
Figura 73: Implementación Lean según “Manufactura Inteligente – Como implementar Kaizen” ....	208
Figura 74: Diseño de la propuesta de mejora.....	211
Figura 75: Flujograma de Kaizen.....	215
Figura 76: Flujograma de Comunicación Organización .....	216
Figura 77: Flujograma de Estandarización en el método de trabajo .....	217
Figura 78: Flujograma de Gestión de Inventarios .....	218
Figura 79: Flujograma de MRP I.....	219
Figura 80: Flujograma de Gestión de Mantenimiento .....	220
Figura 81: Flujograma de Mantenimiento autónomo.....	221
Figura 82: Flujograma de Plan Agregado .....	222
Figura 83: Flujograma de SLP .....	223
Figura 84A: 5WH de Comunicación Organizacional .....	224
Figura 85B: 5WH de Comunicación Organizacional .....	225
Figura 86C: 5WH de Comunicación Organizacional .....	226
Figura 87: Clasificación de actividades en el proceso de Llenado de concreto .....	248
Figura 88: Balanza industrial a implementar. ....	249
Figura 89A: Especificaciones Técnicas de Balanza industrial a implementar.....	250
Figura 90B: Especificaciones Técnicas de Balanza industrial a implementar .....	251
Figura 91: Secuencia de actividades establecida según la herramienta estandarización de métodos de trabajo .....	255
Figura 92: BOM de materiales de Poste de 9 metros.....	262
Figura 93: Programación del abastecimiento mediante MRP I (Fragmento).....	263
Figura 94: Formulario MRP I .....	265
Figura 95: Gráfica de la Demanda Agregada Acumulada en el año 2018 .....	267
Figura 96: Flujograma de mantenimiento preventivo .....	278
Figura 97: Flujograma de mantenimiento correctivo.....	279
Figura 98: Plan de mantenimiento preventivo en la empresa POSTES SULLANA SAC.....	286
Figura 99: Análisis PQ de los productos.....	296
Figura 100: Análisis ABC de los productos.....	297
Figura 101: Áreas de la empresa.....	299

Figura 102: Diagrama Multiproducto .....	300
Figura 103: Propuesta N1 de distribución de Planta.....	308
Figura 104: Propuesta N2 de distribución de Planta.....	309
Figura 105: Tiempo de Fraguado de concreto sin y con la utilización del Supe plastificante Sika ....	327
Figura 106: Capacitación realizada a los operarios respecto a la Gestión de Mantenimiento .....	328
Figura 107: Normas a cumplir para el correcto funcionamiento de las máquinas y normas de seguridad .....	329
Figura 108: Formatos completados por los responsables de mantenimiento.....	332
Figura 109: Arena del proceso de producción de postes y accesorios de concreto armado.....	343
Figura 110: Cronograma Tentativo del Proyecto.....	360

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Encuesta Permanente de empleo.....	26
Tabla 2: PBI Global y por Sectores .....	26
Tabla 3: Variación Porcentual del Índice del Volumen Físico respecto al mismo periodo del año anterior .....	29
Tabla 4: PBI por tipo de Gasto.....	31
Tabla 5: PBI Nacional y Participación porcentual del Sector de Construcción.....	33
Tabla 6: Clasificación del OEE.....	59
Tabla 7: Problemas y Soluciones del JIT .....	61
Tabla 8: Gráfica del Lote Económico de Compra.....	68
Tabla 9: Criterios de exclusión e inclusión .....	74
Tabla 10: Estudios seleccionados .....	75
Tabla 11A: Artículos Científicos Elegidos. ....	76
Tabla 12B: Artículos Científicos Elegidos .....	77
Tabla 13C: Artículos Científicos Elegidos .....	78
Tabla 14D: Artículos Científicos Elegidos .....	79
Tabla 15E: Artículos Científicos Elegidos.....	80
Tabla 16F: Artículos Científicos Elegidos.....	81
Tabla 17: Resultados Pregunta de Investigación 1 .....	105
Tabla 18: Resultados Pregunta de Investigación 2 .....	106
Tabla 19: Resultados Pregunta de Investigación 3 .....	107
Tabla 20: Resultados Pregunta de Investigación 4 .....	109
Tabla 21: Carga de Trabajo de los Postes con respecto a su longitud .....	112
Tabla 22: Ficha Técnica de Postes Sullana S.A.C. ....	116
Tabla 23: Postes de Concreto Armado - Especificaciones.....	117
Tabla 24: Pastorales de Concreto - Especificaciones.....	117
Tabla 25: Crucetas Simétricas de Concreto Armado - Especificaciones .....	118
Tabla 26: Crucetas Asimétricas de Concreto Armado - Especificaciones.....	118
Tabla 27: Palomillas de Concreto - Especificaciones .....	118
Tabla 28: Ladrillos Block - Especificaciones .....	119
Tabla 29: Ductos de concreto de 4 vías - Especificaciones .....	119
Tabla 30: Análisis ABC de los Productos.....	132
Tabla 31: Ideas generales tras la depuración.....	134
Tabla 32: Tabla de Consistencia para Matriz Vester .....	134

Tabla 33: Tabla de problemas clasificados en el cuadrante Vester correspondiente .....	135
Tabla 34: Impacto económico de los 4 problemas más relevantes para la empresa, según el diagrama de Vester .....	136
Tabla 35: Postes y accesorios no conformes .....	139
Tabla 36: Numero de operarios contratados por destajo en cada mes del año 2018.....	144
Tabla 37: Producción del año 2018.....	146
Tabla 38: Proveedores de la empresa Postes Sullana.....	147
Tabla 39: Postes reprogramados por desabastecimiento de materia prima.....	147
Tabla 40: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los postes de concreto.....	159
Tabla 41: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los accesorios de concreto .....	159
Tabla 42: Motivos de Productos Defectuosos.....	160
Tabla 43: Peso en Kg de las unidades producidas .....	164
Tabla 44: Resultado de la Matriz esfuerzo.....	164
Tabla 45: Matriz Esfuerzo de la situación actual .....	165
Tabla 46: TIS del proceso de moldeado de concreto – Preguntas Preliminares .....	166
Tabla 47: TIS del proceso de moldeado de concreto - Preguntas de Fondo .....	167
Tabla 48: TIS del proceso de mezclado - Preguntas Preliminares .....	168
Tabla 49: TIS del proceso de mezclado - Preguntas de Fondo .....	169
Tabla 50: Tiempo de llenado de postes en base al tipo de operario.....	173
Tabla 51: Resultados del análisis de cajas .....	173
Tabla 52: Cantidad faltante de operarios en comparación a lo real .....	176
Tabla 53: Producción VS Pedidos.....	176
Tabla 54: Tiempo de paradas por máquina (en minutos).....	181
Tabla 55: % de disponibilidad de maquinaria por averías .....	181
Tabla 56: AMFE de las fallas más frecuentes por máquina.....	181
Tabla 57: Resultados del AMFE de las fallas por máquina.....	183
Tabla 58: Paradas por mes con el respectivo número de postes incumplidos.....	186
Tabla 59: Toneladas faltantes de concreto .....	188
Tabla 60: Datos mensuales de Stock Out en TN de concreto .....	188
Tabla 61: Datos mensuales de la Cantidad faltante de operarios y la cantidad de incumplimientos ..	189
Tabla 62: Datos mensuales de la rotación del personal y los postes defectuosos. ....	191
Tabla 63: Resultados del análisis de cajas .....	193
Tabla 64: Resumen de correlación de variables y-x .....	200
Tabla 65: Cálculo de los Sobrecostos Operativos en el 2018 .....	201
Tabla 66: Impacto Económico Total 2018.....	202

Tabla 67A: Consolidado del Aporte de las herramientas revisadas y su relación con la literatura ....	209
Tabla 68B: Consolidado del Aporte de las herramientas revisadas y su relación con la literatura.....	210
Tabla 69A: 5WH de Estandarización del método de Trabajo.....	227
Tabla 70B: 5WH de Estandarización del método de Trabajo.....	228
Tabla 71A: 5WH de Gestión de Inventarios .....	229
Tabla 72B: 5WH de Gestión de Inventarios .....	230
Tabla 73A: 5WH de MRP I .....	231
Tabla 74B: 5WH de MRP I.....	232
Tabla 75B: 5WH de MRP I.....	233
Tabla 76A: 5WH de Gestión de Mantenimiento.....	234
Tabla 77B: 5WH de Gestión de Mantenimiento.....	235
Tabla 78C: 5WH de Gestión de Mantenimiento.....	236
Tabla 79A: 5WH de Mantenimiento Autónomo.....	237
Tabla 80B: 5WH de Mantenimiento Autónomo .....	238
Tabla 81A: 5WH de Plan Agregado .....	239
Tabla 82B: 5WH de Plan Agregado.....	240
Tabla 83B: 5WH de Plan Agregado.....	241
Tabla 84A: 5WH de SLP .....	242
Tabla 85B: 5WH de SLP .....	243
Tabla 86C: 5WH de SLP .....	244
Tabla 87: As Is VS To Be - Comunicación Organizacional .....	246
Tabla 88: Cuadro de actividades del proceso de Llenado .....	247
Tabla 89: Dosificación de materiales para la elaboración de cada poste de concreto.....	252
Tabla 90: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los postes de concreto.....	254
Tabla 91: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los accesorios de concreto .....	254
Tabla 92: Datos necesarios para establecer políticas de inventario de los materiales .....	256
Tabla 93: Política de Inventario - Cemento .....	257
Tabla 94: Política de Inventario - Fierro .....	258
Tabla 95: Política de Inventario - Arena .....	258
Tabla 96: Política de Inventario - Alambre.....	258
Tabla 97: Política de Inventario - Piedras .....	258
Tabla 98: As Is VS To Be - Gestión de Inventario .....	259
Tabla 99: Cantidad de Materiales a comprar para elaboración de los postes.....	261
Tabla 100: Programa de abastecimiento para el Poste de 9 metros. ....	264
Tabla 101: Demanda para Plan Agregado .....	266

Tabla 102: Demanda agregada / Acumulada .....	267
Tabla 103: Planeamiento Agregado de Postes Sullana S.A.C. ....	268
Tabla 104: Resultados del Plan Agregado en nuevos soles .....	269
Tabla 105: Resultados del Plan Agregado en dólares .....	269
Tabla 106: Resultados del análisis de la capacidad real VS la capacidad planificada .....	270
Tabla 107: Aumento del Margen de Contribución tras el PA.....	271
Tabla 108: As Is VS to Be - Planeamiento Agregado.....	271
Tabla 109: Fallas en Máquina moldeadora de Postes .....	273
Tabla 110: Fallas en Máquina Vibradora.....	274
Tabla 111: Fallas en Máquina mezcladora de Postes.....	275
Tabla 112: Fallas en Máquina mezcladora de accesorios .....	276
Tabla 113: Máquina moldeadora de ladrillos Block .....	277
Tabla 114: Código por cada Máquina.....	278
Tabla 115: Orden de trabajo de mantenimiento preventivo.....	279
Tabla 116: Reporte del proceso de mantenimiento correctivo.....	280
Tabla 117: Lista de actividades mecánicas .....	280
Tabla 118: Lista de Actividades eléctricas.....	281
Tabla 119: Lista de Actividades de Lubricación.....	281
Tabla 120: Lista de otras Actividades de mantenimiento .....	281
Tabla 121: Actividades de mantenimiento preventivo para máquinas moldeadoras. ....	282
Tabla 122: Actividades de mantenimiento preventivo para máquinas mezcladoras.....	284
Tabla 123: KPI - Moldeadora para postes.....	287
Tabla 124: KPI - Vibradora .....	287
Tabla 125: KPI - Mezcladora para postes .....	287
Tabla 126: KPI - Mezcladora para accesorios .....	288
Tabla 127: Mezcladora para ladrillos block.....	288
Tabla 128: Objetivo de las Capacitaciones .....	289
Tabla 129: Actividades de mantenimiento autónomo para máquina moldeadora y vibradora .....	290
Tabla 130: Actividades de mantenimiento autónomo para máquinas mezcladoras.....	291
Tabla 131: Normas para el funcionamiento de las máquinas moldeadoras .....	292
Tabla 132: Normas para el funcionamiento de las máquinas mezcladoras.....	293
Tabla 133: As Is VS To Be - Gestión de Mantenimiento y Mantenimiento Autónomo .....	293
Tabla 134: Producción por cada tipo de producto .....	296
Tabla 135: Ingresos porcentuales por producto .....	296
Tabla 136: Ingresos por tipo de producto .....	297

Tabla 137: Secuencia de producción de cada producto por área .....	299
Tabla 138: Porcentaje de utilización de áreas según producto.....	300
Tabla 139: Peso en Kg de las unidades producidas .....	301
Tabla 140: Matriz Esfuerzo (TN x m).....	302
Tabla 141: Lista de Motivos a evaluar .....	303
Tabla 142: Tabla de valor de proximidad .....	303
Tabla 143: Áreas con proximidad absolutamente necesaria .....	304
Tabla 144: Áreas con proximidad importante.....	304
Tabla 145: Áreas con proximidad no recomendable.....	304
Tabla 146: Cálculo del promedio ponderado de los elementos móviles y fijos.....	306
Tabla 147: Calculo del área total de las superficies de las máquinas .....	306
Tabla 148: Áreas totales requeridas .....	307
Tabla 149: Escala de calificación.....	310
Tabla 150: Factor de evaluación .....	310
Tabla 151: Tabla de enfrentamiento .....	311
Tabla 152: Ranking de Factores.....	311
Tabla 153: Matriz esfuerzo alternativa 1 .....	313
Tabla 154: Matriz esfuerzo alternativa 2 .....	314
Tabla 155: Comparación de Propuestas .....	315
Tabla 156: Costos de Implementación de Comunicación Organizacional.....	316
Tabla 157: Costos de Implementación de Estandarización de métodos de trabajo.....	316
Tabla 158: Costos de Implementación de Gestión de Inventario.....	317
Tabla 159: Costos de Implementación de MRP I .....	317
Tabla 160: Costos de Implementación de Gestión de Mantenimiento.....	317
Tabla 161: Costos de Implementación de Mantenimiento Autónomo.....	318
Tabla 162: Costos de Implementación de Plan Agregado .....	318
Tabla 163: Costos de Implementación de SLP .....	318
Tabla 164: Resumen de Costos de Implementación .....	319
Tabla 165: Medición del Proyecto .....	320
Tabla 166: Consideraciones para la implementación.....	321
Tabla 167: Toma de tiempos antes y luego de la implementación de la estandarización del método de trabajo en el proceso de llenado de concreto .....	323
Tabla 168: Reducción del tiempo de llenado.....	324
Tabla 169: Carga de trabajo resultante en los postes fabricados luego de la implementación del área de pesado de materia prima .....	325

Tabla 170: Acabado superficial resultante en los postes fabricados luego de la implementación del área de pesado de materia prima .....	326
Tabla 171: % de Mejora - Carga de Trabajo - Acabado Superficial.....	326
Tabla 172: Tiempo promedio de Fragua en ambas circunstancias de producción.....	328
Tabla 173: % de Cumplimiento de las normas de seguridad asignadas para el manejo de las máq ...	330
Tabla 174: % de cumplimiento de las normas establecidas por estación de trabajo.....	331
Tabla 175: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina moldeadora de postes .....	332
Tabla 176: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina vibradora .....	333
Tabla 177: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina de ladrillos Block .....	334
Tabla 178: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina mezcladora de postes.....	335
Tabla 179: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina mezcladora de accesorios..	336
Tabla 180: Eventualidades de paradas de máquina durante periodo de evaluación.....	337
Tabla 181: Mantenimiento correctivo de junio a septiembre del 2019.....	338
Tabla 182: Porcentaje de reducción de paradas por máquina .....	339
Tabla 183: Mejora del OEE de las máquinas de producción .....	339
Tabla 184: Diagrama de Entidades, Atributos y Actividades de la línea de producción de postes ....	340
Tabla 185: Diag. de Entidades, Atributos y Actividades de la línea de producción de accesorios.....	341
Tabla 186: Cálculo de número óptimo de corridas del simulador en Arena.....	344
Tabla 187: Resultados de los productos conformes y no conformes del Arena.....	345
Tabla 188: Agregado de resultados del Arena .....	345
Tabla 189: Comparación de % de defectos antes y después de la implementación de herramientas .	345
Tabla 190: Costo de la Mano de Obra antes y después de implementada la mejora. ....	346
Tabla 191: Porcentaje de Utilización del personal resultante de la simulación en Arena.....	347
Tabla 192: Indicadores de Defecto .....	347
Tabla 193: Indicador de Penalidades .....	347
Tabla 194: Efectividad Global .....	348
Tabla 195: Tiempo de Ciclo.....	348
Tabla 196: Rotación del Personal .....	348
Tabla 197: Valores del Financiamiento .....	349
Tabla 198: Cuadro de Amortización.....	349
Tabla 199: Flujo de caja sin Proyecto.....	350
Tabla 200: Flujo de caja con Proyecto.....	351
Tabla 201: Indicadores del proyecto - Impacto económico .....	352
Tabla 202: Indicadores económicos del proyecto en diferentes escenarios .....	353

# CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO

La industria de la construcción es un elemento de suma importancia en la economía de un país; ya que, a pesar de poseer un comportamiento variable y dinámico, aporta de manera significativa al PBI de una nación. El sector de construcción al ser el mayor empleador en el Perú, ha ocasionado el surgimiento de nuevas empresas pertenecientes a dicho sector, las cuales no poseen una adecuada gestión de procesos, y por ende presentan una deficiente competitividad. Según lo mencionado, las pymes encontradas en la industria de la construcción deben cumplir y satisfacer a sus clientes con la calidad de sus productos y/o servicios con el objetivo de ser competitivos en el mercado, cumpliendo los pedidos dentro de la fecha programada.

## **1.1. Antecedentes**

### **1.1.1. Industria de Construcción en el mundo**

El sector de construcción es sumamente importante para el desarrollo de un país, debido a que proporciona elementos básicos de bienestar en una sociedad al realizar obras de construcción, desde la infraestructura vital para una nación, como puentes, carreteras, hospitales, entre otros, hasta unidades de bienestar individual como viviendas y hoteles, etc. Para ello, el sector utiliza insumos que provienen de otras industrias como el acero o el hierro, los cuales son importados en diversos países; y cemento, arena, cal, madera; que normalmente se pueden encontrar en cualquier localidad de una nación. Además, se considera a la industria de la construcción como el mayor empleador industrial del mundo.

La industria de la construcción se enfrenta a una gran cantidad de retos en el ámbito internacional, ya que depende directamente de la realización de proyectos de construcción, ya

sean simples o complejos. Estos proyectos determinan el crecimiento o disminución del porcentaje del PBI anual de una nación. (Asociación Económica de ABG, 2014). Sin embargo, no existe retroceso en el desarrollo en este sector puesto que cada vez se necesitan más viviendas e infraestructura para la población en los países, pues se estima que la población mundial sea de 7,600 millones en el año 2020, según la última proyección de la División de Población de Naciones Unidas. (ONU, 2018).

Basándose en la Federación Internacional de la Industria de la Construcción, el sector de construcción aportó 6.5% del PIB mundial. Esta federación está constituido por 18 países de Latinoamérica, los cuales son: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, El Salvador, Uruguay y Venezuela.

Brasil, es el primer participante con mayor ponderación, seguido de México el cual se encuentra en segundo lugar. En base a sus resultados, el crecimiento promedio de la economía en esos 18 países fue de 1.3%, con una expansión promedio de 0.6% en la industria de la construcción al cierre del 2016, en donde Brasil y México representaron un 58.5% del total (32.7% y 25.8% respectivamente), con una tasa de crecimiento de 1.8% en el PIB; para el 2017. Se espera que el territorio latinoamericano, el cual contiene a los 18 países mencionados anteriormente, tenga en el sector de construcción un crecimiento promedio en el PIB de 2.8%. En Brasil, el crecimiento del PBI en el año 2019 fue de 2.4%, y en el caso de México tuvo un incremento promedio en el PIB de 2.0% (FIIC, 2019). Este crecimiento se debió tanto a las nuevas edificaciones como a los planes de construcción de inmuebles, y los factores que trascendieron luego de los desastres naturales acontecidos.

### **1.1.2. Industria de construcción en el Perú**

Como se mencionó, el sector de construcción es esencial para el desarrollo de un país, ya que proporciona elementos básicos de bienestar en la sociedad como; por ejemplo, infraestructuras a nivel nacional: puentes, carreteras, hospitales, etc.; y de bienestar individual como viviendas, edificaciones, hoteles y entre otros. Los cuales actualmente son déficit nacional elevado en el Perú.

Este sector es de mucha importancia para la economía del Perú a pesar de que su participación del PBI nunca ha sido tan relevante como otros sectores (su rango de participación varía entre 7 a 8 %). Su importancia se debe a que se le considera como uno de los sectores más dinámicos de la economía, debido a que sus actividades abarcan a otras industrias. Por dicho motivo, muchas veces se asocia el crecimiento del sector con el desarrollo de la economía del país. (INEI, 2018)

El sector se enfrenta a grandes retos en los ámbitos nacionales y regionales con respecto a la ejecución de proyectos más complejos. Por ejemplo, la disminución de carteras de proyectos y los limitados compromisos en los desarrollos de dichos proyectos, que dependen de la inversión pública y privada. Sin embargo, pese a esto, no existe retroceso con respecto al desarrollo del sector; ya que, cada vez se necesitan más infraestructuras debido al incremento de población que se presenta a lo largo de los años.

Por otro lado, se considera a este sector como el mayor empleador industrial del mundo. Esta industria ejerce un efecto multiplicador en la economía, teniendo en cuenta que por cada trabajo que se genera en la construcción, se generan de dos a más empleos en el sector construcción o en otras partes de la economía relacionadas con el mismo. En el Perú, en el trimestre desde diciembre 2017 a febrero 2018, la población ocupada se incrementó en casi todas las ramas de industria. En el sector construcción aumentó en 2,2% (7 mil 400 personas)

debido a la puesta en marcha de proyectos en los sectores públicos y privados; como la construcción de la Villa Panamericana, construcción de edificios multifamiliares, Línea 2 Metro de Lima, el proyecto Mi Vivienda Verde, veredas que se ejecutan en diversos distritos de Lima Metropolitana impulsados por los gobiernos municipales y obras de remodelación y mejoramiento de pistas. Es importante mencionar que la población ocupada de Lima Metropolitana está distribuida de la siguiente manera: el 57,5% trabaja en el sector Servicios, el 20,5% labora en Comercio; el 13,6% en Manufactura y el 7,2% se encuentra en el sector Construcción. (INEI, 2018)

Tabla 1: Encuesta Permanente de empleo

Ramas	Nov-Dic 2017 - Ene 2018	Nov-Dic 2018 - Ene 2019	Variación	
			Absoluta (Miles)	Porcentual (%)
Total	3077.3	3082.0	4.7	0.2
Manufactura	459.4	455.7	-3.7	-0.8
<b>Construcción</b>	<b>270.4</b>	<b>295.3</b>	<b>24.9</b>	<b>9.2</b>
Comercio	483.0	492.2	9.2	1.9
Servicios	1829.1	1798.3	-30.8	-1.7

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla 2: PBI Global y por Sectores

El crecimiento 2018 está caracterizado por una expansión más diversificada, con cinco sectores con un crecimiento superior al 4% y los tres restantes entre 3% y 4%.

Sectores	2015	2016	2017	2018
<b>PBI</b>	<b>3.3</b>	<b>4.0</b>	<b>2.6</b>	<b>3.9</b>
Agropecuario	3.0	1.8	2.1	4.1
Pesca	15.9	-10.1	32.8	8.3
Minería	9.5	16.3	3.9	6.5
Manufactura	-1.7	-1.6	0.9	3.7
Electricidad y Agua	6.0	7.3	1.9	4.3
<b>Construcción</b>	<b>-5.8</b>	<b>-3.1</b>	<b>1.1</b>	<b>7.2</b>
Comercio	4.0	1.8	1.2	3.1
Servicios	5.1	4.2	3.3	3.4

Fuente: BCRP, MEF, INEI

Se espera que el sector de construcción se dinamice y siga creciendo, puesto a que aporta entre 7 a 8% del PBI del país, y siga teniendo un efecto multiplicador en la economía peruana, ya que es una actividad intensiva en la generación de mano de obra. (BCRP, 2019)

### **Desarrollo del Sector de Construcción en la economía Nacional**

A lo largo de los años el sector de construcción ha presentado incremento y reducción en su desempeño debido principalmente a la inversión pública y privada en los proyectos de construcción; además, su indicador depende del consumo de cemento.

En setiembre del 2017, el sector aumentó 8,94% siendo el indicador más alto que presentó en dicho año. El resultado se asoció con la reiteración del consumo del cemento debido a la ejecución de obras privadas; entre ellas, la construcción de unidades mineras, obras en centros universitarios, edificios de oficinas en centros comerciales, grandes hoteles, condominios y edificios de vivienda multifamiliar. Además, en dicho año se dio un crecimiento de 23,75% en el avance físico de obras, en donde se presentó inversión en los Gobiernos Locales, Regionales y el Gobierno Nacional. Es importante mencionar, que el avance físico de obras está comprendido por infraestructura vial, servicios de construcción de edificios no residenciales y servicios básicos y públicos. (INEI, 2018)

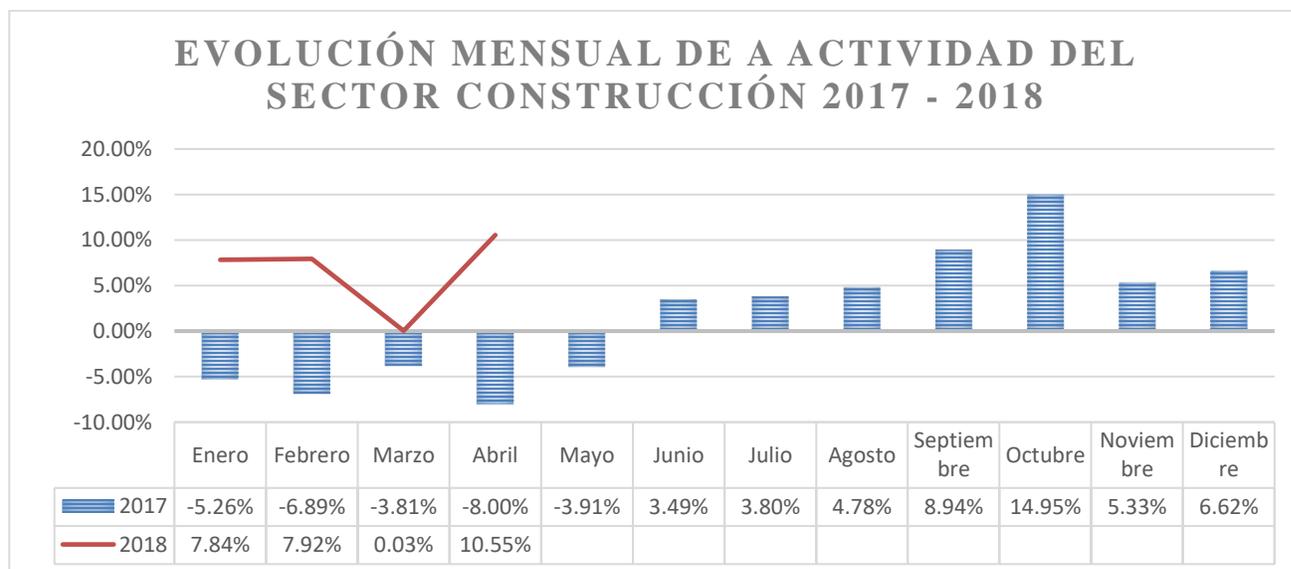
Del mismo modo, en el periodo de enero y julio del 2018, el sector creció en un 5.04%. El motivo de ello, fue una evolución en el avance físico de obras en 8.65% por el incremento de un 20.86% en la inversión del Gobierno Regional, 6.39% en el Gobierno Local y 2.94% en el Gobierno Nacional. (INEI, 2018)

Al mes posterior, el índice de la Producción del sector de construcción registró un decremento de -0.09% por la reducción en el avance físico de algunas obras. El motivo de ello, es que el avance físico de las obras se vio perjudicado por la menor inversión en el ámbito del

gobierno nacional, con el fin de ciertas obras de infraestructura vial y obras de servicios básicos. Por otro lado, a nivel del gobierno local y regional sí hubo un considerable aumento de obras, entre ellas la construcción de vías regionales, caminos vecinales, mejoramiento y rehabilitación de carreteras, avenidas y afianzamiento de reservorios y sistemas hidráulicos. En el mes de setiembre del 2018, decayó en 2.90% influenciado por el menor avance en obras públicas (-14.63%). Una menor inversión en obras públicas se registró en los tres ámbitos de Gobierno: Nacional un -29.2%, Local un -9.0% y Regional un -6.2%.

Por otro lado, en el mes de noviembre del 2018 el sector de construcción presentó una expansión entre 6% y 12%, debido a un impulso de la inversión pública; apoyando positivamente al crecimiento de la economía peruana la cual se incrementó en un 5%. (INEI, 2018)

Figura 1: Evolución Mensual de la actividad del Sector Construcción 2017 – 2018 / PBI de Construcción – Variación Porcentual



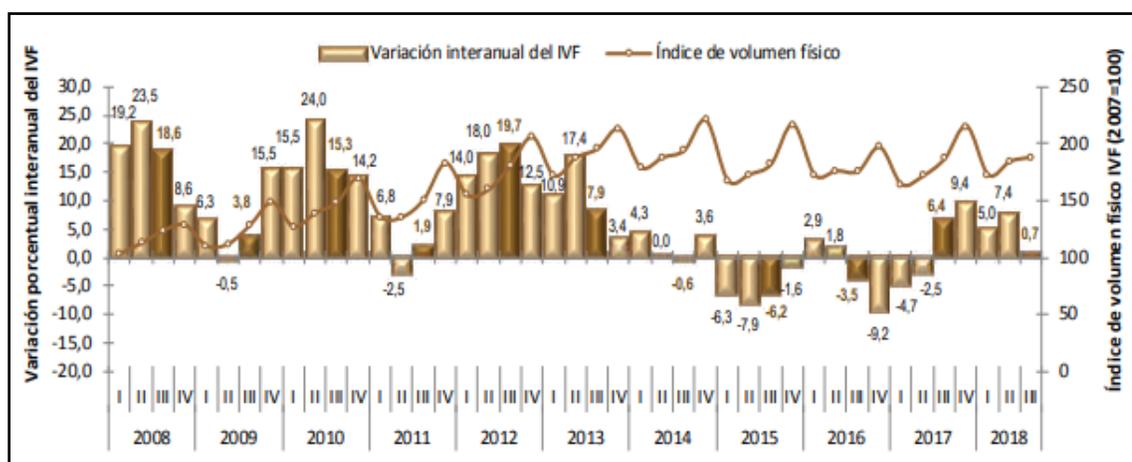
Fuente: INEI

Tabla 3: Variación Porcentual del Índice del Volumen Físico respecto al mismo periodo del año anterior

Actividad	2017/2016					año	2018/2017				
	I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim	I Trim		II Trim	III Trim	IV Trim	año	
<b>Economía Total (PBI)</b>	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>	<b>2.9</b>	<b>2.4</b>	<b>2.5</b>	<b>3.2</b>	<b>5.5</b>	<b>2.4</b>	<b>4.8</b>	<b>4.0</b>	
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	-1.0	0.1	6.0	3.9	2.1	7.2	10.4	6.1	5.3	7.5	
Pesca y Acuicultura	42.7	126.8	-41.9	-51.5	5.6	3.0	25.8	3.4	150.7	39.9	
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	4.5	2.0	4.4	3.0	3.5	0.4	-0.5	-2.8	-2.0	-1.3	
Manufactura	1.5	4.5	-1.6	-3.2	0.2	0.5	10.8	1.7	11.4	6.2	
Electricidad, Gas y Agua	0.8	1.4	1.5	0.1	0.9	2.3	5.0	3.9	6.3	4.4	
<b>Construcción</b>	<b>-4.7</b>	<b>-2.5</b>	<b>6.4</b>	<b>9.4</b>	<b>2.4</b>	<b>4.9</b>	<b>7.4</b>	<b>1.1</b>	<b>7.9</b>	<b>5.4</b>	
Comercio	0.7	1.6	1.9	2.1	1.6	2.7	3.2	2.2	2.5	2.6	
Transporte											
Almacenamiento y Correo	3.4	3.8	2.8	5.1	3.8	5.1	6.5	4.5	3.7	5.0	
Alojamiento y Restaurantes	0.9	1.4	1.5	1.8	1.4	3.3	2.9	3.8	4.3	3.6	
Telecomunicaciones	8.7	7.6	9.8	7.5	8.4	4.9	5.5	5.5	6.2	5.5	
Servicios Financieros, Seguros y Pensiones	0.0	0.8	2.2	3.2	1.5	4.5	7.2	4.9	4.9	5.4	
Servicios prestados a empresas	3.8	2.1	3.8	3.3	3.2	2.8	3.2	3.4	3.4	3.2	
Administración pública y Defensa	3.0	3.2	3.5	3.3	3.3	4.3	4.2	4.6	4.9	4.5	
Otros Servicios	3.6	3.6	3.4	3.3	3.5	3.9	4.0	3.8	4.0	3.9	
<b>Total Industrias</b>	<b>2.3</b>	<b>2.8</b>	<b>2.9</b>	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>	<b>3.1</b>	<b>5.4</b>	<b>2.5</b>	<b>4.9</b>	<b>4.0</b>	

Fuente: INEI

Figura 2: Variación Interanual del IVF – Índice del Volumen Físico



Fuente: INEI

### **Inversión Pública y Privada**

El sector de construcción está compuesto por el mercado inmobiliario, el mercado de cemento y las obras de infraestructura pública y privada. Estas últimas son realizadas de acuerdo a la cantidad de inversión pública y privada que se le asigne al sector. Cabe mencionar, que su crecimiento depende directamente del dinamismo de la inversión pública y privada, la cual está asociada a las actividades realizadas por los sectores de minería, industria, turismo y comercio; además las infraestructuras como carreteras, puertos, aeropuertos, edificaciones, etc.

La inversión en la infraestructura de un país guarda relación directamente con su desarrollo, y los trabajos de infraestructura que se ejecutan son de suma importancia para el desarrollo social y económico. Por medio de la realización de las obras, un país puede contar con mayor capacidad para lograr el desarrollo de sus actividades productivas. Por ejemplo, con la elaboración de mejores carreteras se disminuirán los costos logísticos y costos de transporte, con mejores puertos se incrementará el comercio internacional, con más centrales eléctricas se podrá mejorar el nivel de cobertura de servicio eléctrico a la sociedad, con mejores aeropuertos se incrementará el flujo de turistas al país; y con más colegios y hospitales se podrá tener una mejor calidad de vida. En general, con las obras de infraestructura que se realizaran el país podrá mejorar el servicio público de manera importante.

En el Perú, en el año 2018 la inversión pública presentó un porcentaje de 10.2%, un crecimiento considerable con respecto a años anteriores, esto se originó a la ejecución del 82% del presupuesto de inversión pública. (INEI, 2018).

La inversión privada comprendida en el periodo 2003 - 2008 tuvo un incremento sostenible en los sectores económicos del país, debido al comportamiento dinámico de la demanda externa e interna. Las actividades principales que impulsaron dicho crecimiento fueron el comercio y la construcción, el aumento de las exportaciones no tradicionales y el

avance físico de las obras.

Por otro lado, en los últimos años, ha decaído la inversión privada, y ha reflejado en gran medida que proyectos de inversión han atravesado una lenta evolución en el desarrollo del sector minero. En el año 2014 hubo una caída del 1,4% y en el 2015 de 4,3%. La causa principal es la desconfianza que los inversionistas tienen con referencia a la evolución de la economía del Perú. Iniciando el año 2016, las elecciones presidenciales y a un posible cambio de la política económica generó una gran incertidumbre de los inversionistas, lo cual ocasionó una gran contracción en la inversión privada. Luego de los resultados de las elecciones presidenciales, se mostró a finales del 2016 un incremento de 0.6% de la inversión privada.

Tabla 4: PBI por tipo de Gasto

La demanda interna proyecta un crecimiento de 3.6% resultado de una recuperación generalizada en cada uno de sus componentes.

Año	2015	2016	2017	2018
PBI	3.3	4.0	2.6	3.9
Demanda Interna	2.9	1.1	1.4	3.6
Consumo Privado	4.0	3.3	2.4	3.1
Consumo Público	9.8	-0.5	-1.1	2.7
Inversión Privada	-4.3	-5.9	0.5	4.6
Inversión Pública	-9.5	0.6	5.4	10.2
Exportaciones	3.5	9.0	8.6	5.7
Importaciones	2.5	-2.3	3.9	4.0

Fuente: BCRP, MEF, INEI

### **1.1.3. Problema**

Tomando en cuenta los antecedentes del sector de construcción a nivel nacional que se mencionaron anteriormente, se puede observar que el PBI del mismo se encuentra en constante crecimiento, a pesar de ser un sector que posee una alta variabilidad y dependencia de otros sectores. Además, se mencionó que el sector de construcción es el mayor empleador a nivel nacional, esto se debe a que el número de obras en el Perú han aumentado drásticamente en los últimos años debido al crecimiento poblacional. Como el PBI y la cantidad de obras de construcción estén en crecimiento, se da puerta a que nuevas empresas (Pymes) surjan, ya sea de construcción de viviendas, obras públicas, o elaboración de productos provenientes del concreto (Lucidez, 2019). Estas Pymes, normalmente cuentan con un problema en común, el cual es la baja competitividad. Esto se debe básicamente a que no cuentan con una gestión global adecuada de toda la organización, poseen procesos no estandarizados y no cuentan con un análisis a fondo en la empresa para lograr una posibilidad de mejora. Todo esto, generalmente se expresa en incumplimientos de entrega de obra o pedidos en la fecha programada con el cliente, repercutiendo negativamente en la rentabilidad de la organización, ya sea por penalidades por incumplir o por entrar en un exceso de sobrecostos operacionales. En el caso de las empresas peruanas que elaboran productos a partir del concreto, pierden participación en el mercado, ya que los clientes optarán por realizar el negocio con una empresa que si pueda satisfacer sus especificaciones en diseño y tiempo.

### **1.1.4. Importancia**

La importancia del sector de construcción radica en su participación en el PBI nacional, a pesar de que no haya tenido tanta relevancia como otros sectores, ya que su rango de participación en actualmente varía entre 7% y 8%. Este es uno de los sectores con más dinamismo en la economía peruana, además de que sus actividades se ven involucradas con

otras industrias del mercado. Por esta razón, el crecimiento del sector de construcción suele asociado con el desarrollo económico del país.

La participación porcentual del PBI de la construcción en el Perú se muestra en el siguiente cuadro, donde se indica el total del PBI nacional y el porcentaje que de ese PBI corresponde al sector de construcción. Los datos que se mostraran a continuación son los oficiales que dispone el INEI. Sobre la base de la información adjunta en el cuadro el sector construcción representaba el 8.32% del PBI departamental en el año 2018.

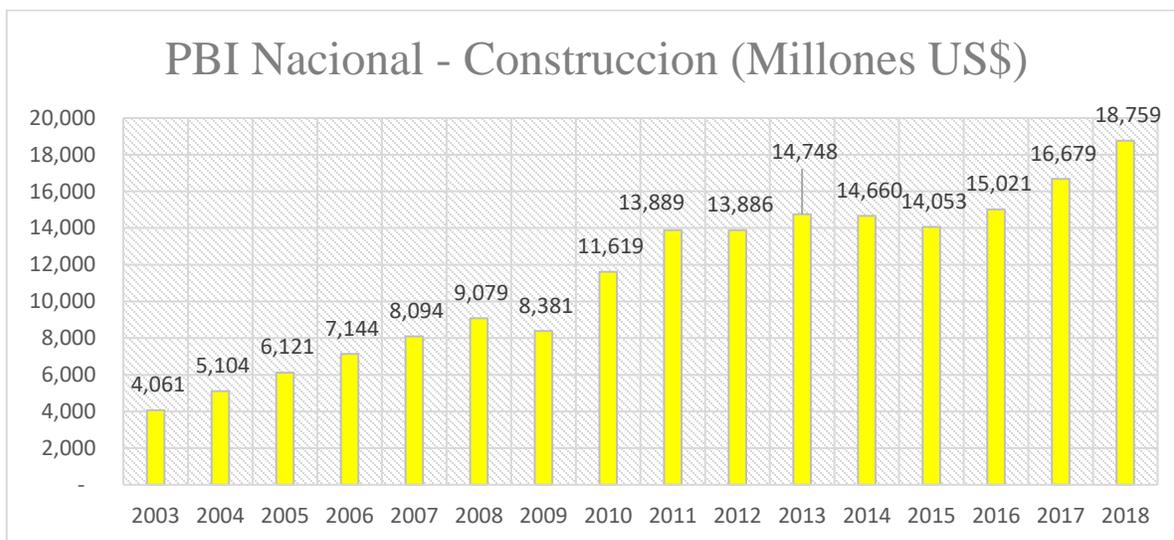
Tabla 5: PBI Nacional y Participación porcentual del Sector de Construcción

Año	PBI Nacional (Miles de Millones US\$)	Participación % en el PBI Nacional	PBI Construcción (Millones US\$)
2003	61.35	6.62%	4,061
2004	69.73	7.32%	5,104
2005	79.39	7.71%	6,121
2006	92.30	7.74%	7,144
2007	107.20	7.55%	8,094
2008	126.80	7.16%	9,079
2009	126.60	6.62%	8,381
2010	153.90	7.55%	11,619
2011	176.70	7.86%	13,889
2012	192.60	7.21%	13,886
2013	201.20	7.33%	14,748
2014	201.10	7.29%	14,660
2015	189.90	7.40%	14,053
2016	191.60	7.84%	15,021
2017	211.40	7.89%	16,679
2018	225.47	8.32%	18,759

Fuente: INEI

Adicionalmente se muestra los valores del PBI del sector de construcción en el Perú del año 2003 al año 2018 y se puede observar que con el paso de los años la tendencia se ha mantenido en aumento, siendo los años con mayores valores el 2018, 2017 y 2016 en orden descendente respectivamente.

Figura 3: PBI del sector de Construcción en el Perú del 2003 al 2017



Fuente: Banco Mundial.

Además de ello, como se mencionó anteriormente el sector en estudio es responsable de gran parte de personas empleadas en el país, ya que existe una gran cantidad de pymes que los contratan. En consecuencia, el sector de construcción actualmente presenta diversos inconvenientes los cuales se han mencionado anteriormente. La importancia de resolver los diversos problemas que afronta el sector tiene enfoque en los procesos internos y las metodologías de trabajo, piezas claves para que se logre mantener el nivel de competitividad adecuado a nivel nacional e internacional. Dicha competitividad se reflejará a través de un margen de rentabilidad, junto con el cumplimiento a tiempo de los pedidos con los clientes y calidad consistente en el producto y/o servicio, para que de esa manera se logre la satisfacción y lealtad del cliente.

### 1.1.5. Motivación

La industria de construcción en el Perú está siendo afectada por un problema en general, la baja competitividad, y, por ende, la demora en la entrega de obras o pedidos relacionados con trabajos de concreto. Lo mencionado se debe a las inadecuadas gestiones y control del trabajo, de los procesos y de la cadena de suministros, lo cual repercute de forma negativa en

la eficiencia y productividad de las empresas.

La presente investigación tiene como propósito enriquecer a la literatura con respecto a la mejora de los procesos productivos en empresas que se encuentran dentro del sector de construcción, específicamente, empresas que elaboran productos a partir del concreto. Además, se evidenciará que las soluciones que se van a proponer pueden ser aplicadas y se pueden adaptar al entorno de trabajo existente, para que de esta manera finalmente se pueda obtener la competitividad debida y obtener una posición estable en el mercado, y de esta manera, poder afrontar los cambios y variaciones que el sector pueda exigir.

### **1.1.6. Objetivo**

#### **Objetivo General**

Reducir el índice de incumplimiento de pedidos, los sobrecostos operativos y el costo de oportunidad perdido a través de mejoras en la gestión y el control de producción de postes y accesorios de concreto armado aplicando la metodología Lean Manufacturing en una empresa perteneciente al sector de construcción.

#### **Objetivos Específicos**

- Elevar el índice de cumplimiento de pedidos de postes y accesorios de concreto en un 70% respecto al año 2018.
- Estandarizar procesos productivos de postes y accesorios para disminuir el tiempo de ciclo.
- Reducir el índice de postes y accesorios no conformes en un 60% con respecto al año 2018.
- Reducir los sobrecostos operativos ocasionados por una inadecuada planificación de producción y disminuir el costo de oportunidad perdido ocasionado por la falta de capacidad de producción.

### **1.1.7. Propuesta**

Para la presente tesis se propone un modelo de mejora del proceso productivo de postes y accesorios de concreto a través de la metodología Lean Manufacturing, en el cual se ejecuten los pasos con ayuda de las herramientas necesarias para poder reducir el índice de incumplimientos de pedidos, los sobrecostos operativos y el costo de oportunidad perdido, para que de esta manera las utilidades de la empresa puedan aumentar, y por ende también su margen de contribución.

### **1.1.8. Organización de la Tesis**

El presente proyecto de investigación aplicada está constituido por 5 capítulos, los cuales se describen a continuación: En el Capítulo 1, se muestra los antecedentes a nivel nacional e internacional del sector de construcción, la problemática actual y su importancia, la motivación del proyecto, el objetivo general y los objetivos específicos. Luego de ello, se presenta el marco teórico y los casos de éxito respectivos de aplicación de la metodología Lean Manufacturing y las herramientas que ayudaron a solucionar el problema. El Capítulo 2 se da a conocer el diagnóstico de la situación actual de la empresa de estudio, a través de distintas herramientas que evidencien la problemática, junto con la relación y comprobación de sus causas respectivas. El Capítulo 3, se enfoca en el desarrollo de un modelo de mejora propuesto. En este capítulo se detalla la secuencia de pasos para la implementación de dicha mejora, que estará alineada a los objetivos que se definieron en el primer capítulo. En el Capítulo 4, el cual es de validación, se especifican los pasos necesarios a seguir para la comprobación del modelo de mejora propuesto, a través de una simulación y un piloto en el caso de estudio. Finalmente, en el Capítulo 5 se desarrollan las conclusiones referentes a cada objetivo anteriormente establecido, además de plasmar recomendaciones para futuras investigaciones.

## 1.2. Marco Teórico

### 1.2.1. Productividad

Se define productividad como un índice de relación entre lo producido (salidas o producto) y los recursos utilizados para generar el producto final; es decir, entradas o insumos. La productividad esta enlazada con el término de eficiencia, el cual es la medida del grado de utilización de mano de obra que puede expresarse como una relación de unidades producidas o tiempos. (Carro, & Gonzales, s.f).

$$Productividad\ Total = \frac{Producción\ Real}{Producción\ Estándar} = \frac{Tiempo\ Estándar}{Tiempo\ Real}$$

Arrona Hernández define productividad, como “el obtener con eficiencia la calidad necesaria, entendiendo eficiencia como el producir más artículos con menos energía”. (Hernández, 2015, p.180). La productividad también se logra con la administración efectiva en el aseguramiento de calidad, el cual no solo se limita a satisfacer las necesidades del cliente, sino que busca mejorar cada etapa del proceso productivo, lo cual conlleva a una mayor productividad en la organización.

Es importante incrementar la productividad ya que genera principalmente el aumento de rentabilidad y crecimiento organizacional. Cabe mencionar, que la tecnología es un factor que ayuda al incremento de la productividad; ya que reduce el tiempo de elaboración de un producto. (Carro, & Gonzales, s.f).

#### **Causas que disminuyen la productividad**

- Programas que no se han cumplido debido a escasez de materiales.
- Poca motivación en los operarios nuevos.
- Monotonía de los procesos operativos.
- Desinterés por un enfoque innovador.

## **Ventajas de mayor productividad**

Según Hernández (2015), los beneficios que se derivan de una mayor productividad son los siguientes:

- Menor utilización de recursos humanos y físicos, significan mayores ganancias; debido a que, la ganancia total es igual a un menor ingreso del costo de bienes y servicios originados en el proceso de producción.
- Reflejo de un menor precio en el consumidor final, lo cual genera una mayor competitividad por parte de la empresa ante sus competidores.

### **1.2.2. Calidad**

La calidad es el grado de satisfacción del cliente, con respecto al cumplimiento de las especificaciones establecidas en el diseño del producto. Se define el aseguramiento de la calidad como un conjunto de acciones planificadas y necesarias para cumplir con los requisitos de calidad exigidos; con el fin de obtener una mejor satisfacción del cliente a un menor costo. (“¿Qué es la calidad?”, s. f).

La gestión de la calidad comprende tres etapas: planificación, control de calidad y mejora de la calidad. La planificación conlleva la definición de políticas de calidad, la generación de objetivos y establecer las estrategias para alcanzarlos. En dicha actividad se definen a los clientes y qué sus necesidades requieren; además, se desarrollan los procesos para satisfacer dichas necesidades. Adicionalmente, se menciona acerca del control de la calidad y la importancia de este, pues consiste en determinar si la calidad del producto corresponde a la calidad del diseño; a través, de dicha etapa se puede medir la calidad real, y compararla con las especificaciones establecidas y actuar sobre la diferencia. La comparación de la calidad, conlleva a la tercera etapa que es proponer acciones para mejorar la calidad. (“¿Qué es la calidad?”, s. f).

Si no se obtiene la calidad demandada, se genera una insatisfacción del usuario, un mayor costo y calidad insuficiente; además, aumenta el esfuerzo operativo.

### **1.2.3. Conceptos relativos de la Producción de concreto**

#### **1.2.3.1. Diseño de mezcla**

El diseño de la mezcla consiste en determinar los agregados adecuados para el concreto, determinando las cantidades y los requerimientos específicos de manejabilidad, dureza y resistencia. Actualmente se usa mezclas diseñadas con especificaciones y valores límites ya que existe un rango de propiedades que deben cumplirse; como el contenido mínimo de cemento, la relación máxima de agua/cemento, la manejabilidad mínima, la resistencia mínima, el tamaño máximo del agregado y el contenido de aire dentro de los límites especificados. Un cálculo adecuado debe generar un concreto con las siguientes características: fresco (trabajabilidad y cohesión), endurecido (resistente y durable); y económico. (Huanca, 2006).

El diseño de la mezcla consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por métodos diferentes. En primer lugar, se obtiene una mezcla de prueba en donde se realizan diferentes ensayos de control de calidad como, por ejemplo, asentamiento, masa unitaria, pérdida de manejabilidad, resistencia a la compresión y tiempos de fraguado. Los datos obtenidos son comparados con la especificación; si en caso no se cumple con la expectativa de calidad, las cantidades se reajustan y se elabora nuevamente la mezcla, la cual debe cumplir todos los ensayos para el control de calidad. Si nuevamente la mezcla no cumple con los requisitos exigidos, será necesario revisar los materiales y el método del diseño, y nuevamente realizar otra mezcla de concreto, hasta que los requisitos

exigidos por la especificación estén perfectamente ajustados. (Osorio, 2013).

#### Información requerida para el diseño de mezclas

- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados.
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico del cemento.
- Tipo y marca del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados

#### **1.2.3.2. Dosificación de la mezcla de concreto**

La dosificación de concreto consiste en establecer proporciones apropiadas de los materiales que componen la elaboración del hormigón; con el fin de obtener resistencia, durabilidad o un buen acabado superficial. Las proporciones de los materiales se logran mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste; los cuales se realizan en el desarrollo del diseño de la mezcla. (Rivera, 2014).

#### **1.2.3.3. Proceso de encofrado**

El proceso de encofrado es el sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al hormigón con el fin de conseguir geometrías precisas según se requieran. El nivel de esfuerzo que se requiere para diseño de dicho encofrado es tan importante como lo es el cálculo y diseño de la estructura de concreto, el cual se debe realizar de manera correcta ya que nivel de calidad del encofrado hará que se defina la calidad, el costo y el tiempo de construcción de la estructura. El propósito principal del proceso de encofrado es sujetar el refuerzo para que el producto de

concreto mantenga el recubrimiento necesario al darle forma, hasta que el concreto adquiera la resistencia suficiente para poder soportarse por a sí mismo. “El diseño requiere un sistema de encofrado que sea seguro, económico y facilite el proceso de armado y desarmado en la obra, reiterando lo mencionado anteriormente que la calidad estética del proyecto depende mucho del encofrado”. (Paz, 2014, p.9).

El proceso de encofrado es muy importante debido a que es un gran componente en el costo de una estructura de concreto. En muchas estructuras el costo del encofrado y el proceso de armado y desarmado es tan alto que el costo final de la estructura resulta muy elevado. (Paz, 2014).

#### **1.2.3.4. Vibración de concreto**

El propósito fundamental de la compactación del concreto es reducir la mayoría de vacíos perjudiciales u oquedades los cuales son ocupados por aire, los que normalmente presenta una la mezcla fresca recién colocada. Para alcanzar esto se debe compactar el material; de ese modo, se logrará una mezcla con una mayor densidad relativa, lo cual propiciará una mayor resistencia y mayor durabilidad en la estructura. Al compactar el material “implica someterlo a las partículas sólidas a un movimiento que permita la ascensión del aire hasta su eliminación por la superficie superior del elemento compactado, sin que se produzca segregación”. (Vidaud, 2015, p.1). Al elegir un determinado método de compactación se debe considerar un elemento muy importante, el cual es la trabajabilidad de la mezcla; “propiedad del concreto plástico que determina la facilidad con que esta puede ser mezclada, transportada, vertida, compactada y terminada su superficie, sin perder su homogeneidad”. (Vidaud, 2015, p.2).

De los métodos mecánicos de compactación, la vibración resulta ser el más

utilizado, el efecto de la vibración “es la reducción o anulación del rozamiento interno, cuyas fuerzas se desarrollan principalmente entre las múltiples superficies de contacto de los agregados”. (Vidaud, 2015, p.3). Este método consiste en someter a la mezcla fresca de concreto, luego de ser colocada en la cimbra, a continuos impulsos vibratorios rápidos igual o mayor a 90 Hz de frecuencia, los que reduciendo bruscamente la fricción interna entre las partículas de la mezcla. (Vidaud, 2015). “Bajo la acción de estos impulsos, el concreto fresco fluye como un líquido espeso y se extiende dentro de los moldes, mientras el exceso de aire escapa rápidamente a la superficie en forma de burbujas”. (Vidaud, 2015, p.2). Se puede concluir bajo lo mencionado que la vibración crea una presión capaz de separar las partículas de agregados; reduciendo la fricción entre ellas. Este método refuerza el concreto y desplaza suficiente material fino hacia la superficie y las áreas de contacto del encofrado para obtener una mejor terminación superficial de la estructura. (Vidaud, 2015).

“Los componentes del ciclo de vibración son la amplitud, la frecuencia y la aceleración; estos términos se utilizan para describir las características de rendimiento de un determinado equipo de vibración”. (Vidaud, 2015, p.4).

Las ventajas de vibrar el concreto, según Eduardo Vidaud (2015) son:

- Se consigue un concreto más fuerte y resistente.
- Menor contracción del concreto.
- Menor permeabilidad del concreto.
- Se obtiene una mezcla homogénea sin superficies dañadas.
- Mayor adhesión a los armados.

#### 1.2.4. Tiempo de ciclo

Es aquel tiempo transcurrido desde que empieza la primera actividad hasta la última actividad necesaria para procesar una unidad, lote o tarea. (Molano.A.F., & Materón.C. 2018).

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades producidas}}$$

El tiempo de ciclo está relacionado al tiempo de takt; tiempo que se define como el ritmo al que un sistema debe trabajar para cubrir la demanda. Se calcula mediante una división entre el tiempo disponible y las unidades demandadas. (Molano.A.F., & Materón.C. 2018).

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades demandadas}}$$

El tiempo de takt debe ser mayor que el tiempo de ciclo para que sea capaz de producir la demanda requerida, si el tiempo es menor se debe realizar cambios en las líneas de producción para aumentar recursos, duplicar estaciones de trabajo y aprovechar la capacidad sobrante de otros operarios; con el fin de tener una producción superior a la demandada. El takt time depende de la estacionalidad de la demanda y del número de turnos de trabajo; es por ello, que el tiempo de takt se debe definir en cada período de tiempo, que dependerá de la demanda y del tiempo disponible. (“Lean Manufacturing”, s.f).

La capacidad del proceso proporciona el tiempo de ciclo. Por ello, se debe tener en cuenta tales aspectos como el tiempo de respuesta que espera el cliente y el nivel de servicio al cliente que la empresa pretende brindar, para definir el tiempo de ciclo. (“Lean Manufacturing”, s.f).

#### 1.2.5. Planificación y Control de Producción

La Planificación de la Producción es un conjunto de actividades que se realiza para determinar la cantidad de recursos necesarios para la producción de los bienes; por otro lado,

el control de la producción es la técnica que verifica el cumplimiento de los planes establecidos. Para lograr una gestión eficaz, eficiente y económica, es primordial realizar una planificación y control de producción, ya que ello permite gestionar la productividad de los operarios, la utilización de la maquinaria y los niveles de inventario. (Paredes, s.f).

El objetivo de la planificación de la producción es principalmente asegurar la cantidad de recursos necesarios en cada momento, y que se encuentren disponibles durante la producción. Además, tiene como objetivo garantizar que la capacidad este acorde con la demanda requerida en todo momento. (Paredes, s.f).

La planeación de la producción se desarrolla a través del tiempo, de acuerdo a la demanda; es por ello, que es importante realizar pronósticos para seleccionar la cantidad de recursos humanos, materiales y Maquinaria para producir la demanda requerida eficientemente. Es decir, definir la cantidad de unidades de producción máxima que satisfaga los requerimientos establecidos por la demanda. (Paredes, s.f).

Principalmente para gestionar adecuadamente la programación, planificación y control de la producción se debe realizar en cuatro etapas (Rojas y Escudero, 2000). En la primera etapa se realiza la Planificación agregada de la producción. Aquí se determina la cantidad de producción y su desarrollo a mediano plazo. Posterior a ello, los cálculos mensuales obtenidos por el PA (Planeamiento Agregado) se disgregan semanalmente tomando en consideración las particularidades de cada producto, para así programar su elaboración. “Esta información alimenta un sistema de planificación de materiales, equipos y otros recursos que deberá alinearse para cumplir con las metas establecidas en el plan. Definidas las rutas de fabricación, se pone en marcha un último eslabón en el que se coordina la labor productiva y se ejecutan los mecanismos para su control”. (Rodríguez, 2010, p.109).

Los beneficios de la realización de una planificación de la producción es conocer con

antelación la posibilidad de cumplir con el plazo de entrega con la capacidad actual, coordinar con proveedores sobre la cantidad necesaria de cada material y el momento exacto en los que se requieren. Por último, la producción a mediano y largo plazo se puede estimar para actuar con tiempo ante posibles imprevistos para evitar incumplir con los plazos de entrega programados. (Rodríguez, 2010).

### **1.2.6. Gestión de Inventarios**

La gestión de inventarios consiste en el seguimiento de los bienes almacenados; monitorea el peso, las dimensiones, la cantidad y la ubicación de dichos bienes. Esto ayuda a estimar cuándo es el momento adecuado para la reposición productos o la realización de compras de más material para la producción. Una eficiente gestión del inventario asegura que el negocio disponga de suficientes productos almacenados para cubrir la demanda del consumidor; ya que, por lo contrario, si no se maneja correctamente puede resultar pérdida de dinero en ventas potenciales que no pueden satisfacerse o se incrementa los costos teniendo demasiado inventario en almacén. (Bacallao, J., Corzo., & Rodríguez. 2012).

#### **1.2.6.1. Planificación de compras**

Uno de los objetivos de la gestión de inventario es determinar cuándo se debe comprar nueva mercancía para que con ello se pueda estar un paso adelante a la demanda, esto es también conocido como “Planificación de compras”.

La planificación de compras significa definir qué material requiere la empresa, cuánto es lo que necesita y para cuándo lo necesita, dentro de un período de tiempo determinado. Además, se identifican los proveedores potenciales de cada compra y se estiman sus principales parámetros; como precio, calidad y plazos de entrega. También las compras requeridas se programan con anticipación, lo cual permite organizar de una mejor manera el trabajo en el interior del área de compras y abastecimiento.

La planificación de las compras consiste en el proceso de tres etapas: Levantamiento de los requerimientos, programación de las compras y control; y seguimiento de la ejecución del plan. (Planificación de compras, s.f).

### **1.2.7. Distribución de Planta**

La distribución de planta permite determinar la ubicación y disposición de los departamentos, estaciones de trabajo, máquinas, áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico. (Serna, 2016).

La finalidad fundamental consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo. (Serna, 2016).

Las decisiones de distribución en planta pueden afectar la eficiencia en el desempeño de los operarios en sus tareas, la velocidad a la que se pueden elaborar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el diseño de los productos. Además, el diseño de planta es de suma importancia ya que por este medio se logra un adecuado orden y un correcto manejo de las áreas de trabajo y los equipos, con el fin de minimizar costes, tiempos y espacios. (Serna, 2016).

Que un diseño de planta sea bueno y logre el éxito dependerá de lograr combinar correctamente la mano de obra, los materiales y el transporte de éstos dentro de las instalaciones, es decir ordenar las áreas de trabajo y el equipo de tal forma que sea la más segura y satisfactoria para los empleados y a la vez la más económica, de tal manera que se contribuya a un proceso productivo eficiente y eficaz; lo cual se verá reflejado en el costo final de

producción. (Serna, 2016).

El beneficio no solo será económico. Una distribución ajustada contemplará entre sus criterios las condiciones laborales, el bienestar y la salud de sus trabajadores. Además, la disminución de los costos productivos deberá ser menor. (Serna, 2016).

#### Objetivos de la distribución de planta

- Disminución de los cuellos de botella.
- Supresión de áreas ocupadas innecesariamente.
- Mayor facilidad y flexibilidad de ajuste a los cambios de condiciones.
- Mejora de la supervisión y el control.
- Mayor y mejor utilización de la mano de obra.
- Reducción del material en proceso.
- Disminución de materiales defectuosos.
- Aumento de la satisfacción del personal.
- Aumento de seguridad de los trabajadores y reducción del riesgo para la salud.

#### **1.2.8. Lean Manufacturing**

Lean es una filosofía que busca la mejora continua y la eliminación de actividades que no aportan valor o despilfarros. Principalmente la filosofía se enfoca en la eliminación de los despilfarros, que se denomina como las actividades que no añaden valor al producto final y por las que el cliente no está dispuesto a pagar. (Vilana, 2011).

El Lean Manufacturing se compone de una serie de principios, conceptos y técnicas que se encuentran diseñadas para la eliminación los despilfarros y el establecimiento de un sistema de producción eficiente, justo a tiempo, el cual permite realizar entregas a los clientes de los

productos requeridos, en el momento que sean requeridos, la cantidad requerida, la secuencia requerida y sin defectos. (Vilana, 2011).

### **1.2.8.1. Desperdicios de Lean Manufacturing**

Existen ocho desperdicios según la metodología Toyota Production System y son: tiempo de espera, sobreproducción, sobre procesos, transporte y almacenaje, inventario, movimiento, defectos y desaprovechamiento de la capacidad disponible de las personas. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Sobreproducción**

Este despilfarro se entiende en producir sin antes observar la capacidad del proceso siguiente; es ese modo, se asigna material de sobra a las estaciones posteriores para que se paralicen. La sobreproducción es la causante principal de que aparezcan los otros desperdicios. Los principales efectos negativos que se ocasiona en el ciclo productivo son: la penalización del flujo de materiales, el alargamiento del lead time de las piezas en curso y la generación de grandes inventarios. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Tiempo de Espera**

Se entiende como el tiempo de espera de recursos como persona y material para la realización de una actividad. Estas esperas pueden ser debidas a desequilibrios en los procesos, averías en equipos o preparaciones de éstos o por la falta de materiales en las diversas fases del ciclo. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Transporte**

Se entiende como el tiempo invertido en transportar, el cual no aumenta valor en el producto final y consumen gran cantidad de recursos físicos y

técnicos. Los materiales son transportados entre zonas normalmente aisladas, y dan lugar a un stock en curso que es muy difícil de gestionar. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Sobre procesos**

Son procesos ineficientes que originan la realización de tareas que no aportan valor; las causas de ello son los ajustes de procesos por encima de los requerimientos, la existencia de una inadecuada secuencia de operaciones de montaje o tareas duplicadas. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Inventario**

Es la acumulación de la materia prima, producto en curso o producto terminado. Este desperdicio presenta graves problemas y da lugar a otros muchos, por lo que se busca su eliminación. Poseer inventario trae consigo la realización de una serie de actividades que aumentan considerablemente los costos y dificultan las tareas de gestión. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Movimiento**

Este desperdicio conlleva los movimientos innecesarios para completar una operación con valor añadido. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Defectos**

Generar productos que no cumplen con las especificaciones técnicas repercute en un mayor costo, retrasos y brindan una mala calidad. Los defectos pueden ser originados por la utilización de herramientas inadecuadas, por errores en la documentación o por errores humanos.

(Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **Desaprovechamiento de la capacidad de las personas**

No apoyar en la formación continua del personal o no asignar adecuadamente el puesto que se adapte mejor a las aptitudes, repercute negativamente la tendencia de mejora. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

### **1.2.8.2. Estructura Lean Manufacturing**

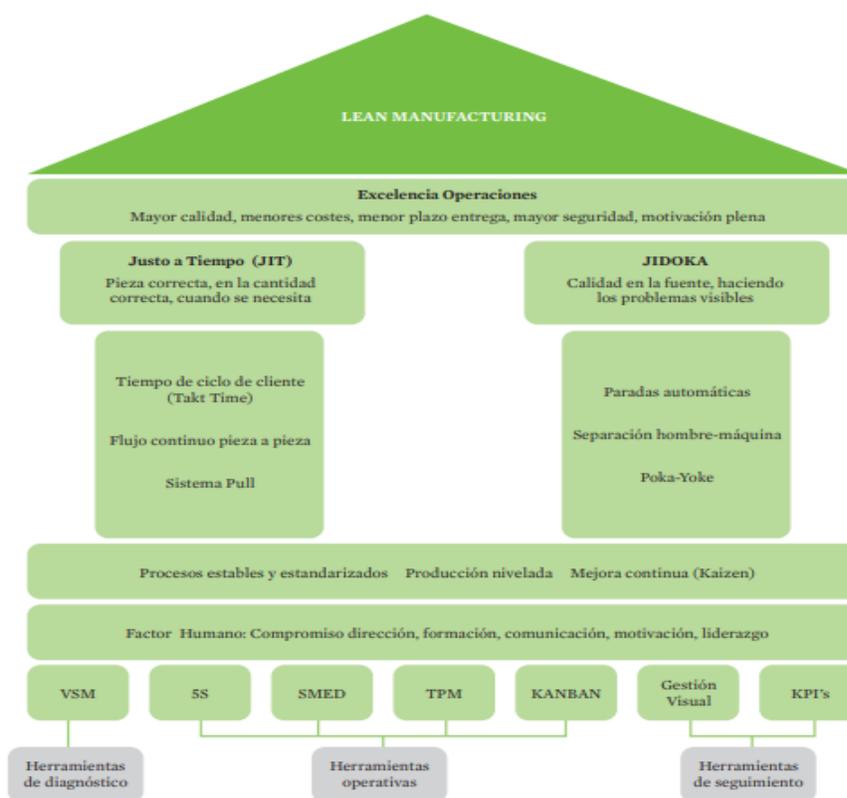
Para entender la filosofía que encierra Lean Manufacturing y las técnicas disponibles para su aplicación se explica utilizando como modelo a una casa, la cual constituye un sistema estructural el cual es fuerte siempre y cuando las columnas y los cimientos lo sean; ya que alguna parte en mal estado debilitaría todo el sistema. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

El techo de la casa está constituido por las metas que se quieren obtener, las cuales se identifican con la mejor calidad, el menor tiempo de entrega o menor tiempo de lead time y el costo más bajo. Sujetando el techo, se encuentran dos columnas que sustentan el sistema: JIT (Just in Time) y Jidoka. La filosofía Just in time es la herramienta más reconocida por el sistema Toyota, el cual significa producir el artículo requerido en el momento indicado y en la cantidad exacta. Con respecto a Jidoka consiste determinar cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso. Este sistema permite detectar las causas de los problemas y del mismo modo eliminarlas de raíz para que los defectos no pasen a las siguientes estaciones. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013). Todos los elementos que constituyen la casa son construidos a través de la aplicación de múltiples técnicas que se han dividido según su utilización, a nivel operativo o como técnicas de seguimiento.

(Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

Es importante mencionar que cada empresa debe aplicar la filosofía Lean Manufacturing, en función de sus características, mercado, experiencias, personal y objetivos, a corto como a mediano plazo; además, se debe confeccionar un plan de implementación con los objetivos acotados; implantando y seleccionando las técnicas más adecuadas para su desarrollo eficiente en la filosofía. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

Figura 4: Sistema Estructural de Lean Manufacturing



Fuente: Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013

### **1.2.9. Value Stream Mapping (VSM)**

Es un modelo gráfico, también denominado como mapa de cadena de valor, que representa de manera panorámica toda la cadena de valor, mostrando el flujo de materiales y el flujo de información, desde el proveedor hasta el cliente. Su objetivo es mostrar de una manera sencilla la totalidad de actividades productivas para la identificación de la cadena de valor y detectar donde se producen los mayores desperdicios del proceso a nivel global. La herramienta facilita la identificación de las actividades que no aportan valor al negocio con la finalidad de que sean eliminadas y lograr ser más eficientes. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

Otros de los beneficios obtenidos es visualizar la vinculación del flujo de información y materiales en un esquema mediante un único lenguaje, la obtención de un sistema estructurado para implantar mejoras y la visión de cómo tendría que ser el sistema para que se eviten desperdicios en el proceso. Es importante mencionar que el VSM se elabora para cada familia de productos. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

En el Value Stream Mapping representa el flujo de la información: las previsiones, los programas y los pedidos del cliente, y su frecuencia; adicionalmente, se recopilan las previsiones y pedidos de la organización hacia sus proveedores. Por último, incorpora la manera en que realmente el programa de producción se comunica a los procesos operativos. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

Un aspecto clave de la herramienta VSM es que posee una línea de tiempos, los tiempos de las actividades que genera valor agregado, y el resto de los tiempos de aquellos que no agregan valor. La comparación entre los tiempos totales de los que no generan valor y de los de valor añadido es esclarecedora y un indicador excelente del potencial de mejora. Para los autores (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013), la toma de tiempos se debe utilizar sistemas de medida como cronometraje o estimación. Los tiempos y datos necesarios que se necesitan en

la representación de la cadena de valor son los siguientes:

- Tiempo del Ciclo (CT).
- Tiempo del valor agregado (VA): Tiempo dedicado a tareas de producción que transforman el producto para que el cliente esté disponga a pagar por él.
- Tiempo de cambio de modelo (C/O): Tiempo que toma cambiar un tipo de proceso a otro debido al cambio en las características del producto final.
- Número de personas (NP), operarios requeridos para un proceso específico.
- Tiempo Disponible para Trabajar (EN): Tiempo de trabajo disponible del personal al restar descansos y/o suplementos.
- Lead Time (LT): Tiempo necesario de una pieza o producto para que recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
- % del Tiempo Funcionando (Uptime): Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las máquinas.

Los mapas de proceso permiten cuantificar y rastrear todo el proceso de valor añadido de la cadena y suelen enfocarse en tres estados principales. Se enfoca primero en el estado actual; donde se cuantifica el % de valor agregado y el % del valor no agregado, separando estos de las actividades de NO valor agregado pero que son necesarios a la operación final. En segundo lugar, el estado futuro se desglosa las actividades que han sido identificados como que no añaden valor, estas actividades se analizan utilizando de diagramas de Pareto, brainstorming u otras técnicas Lean con el fin de detectar áreas de mejora. Por último, se encuentra el estado ideal donde se plantea como se puede mejorar el proceso a largo plazo; además, se cuantifica cual sería el % de valor en el proceso si las actividades que no agregan valor no existieran. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

### **1.2.10. Estrategia TQM**

La gestión de calidad total se entiende por un buen desempeño en todos los procesos de producción y una cultura organizacional de mejora continua. Para obtener una verdadera calidad en los productos o servicios se requiere de la implicación de la empresa en general, desde el proveedor hasta el consumidor, los operarios, el mantenimiento, la gerencia, los administrativos y hasta los supervisores de planta. (Sáez.F., Garcia.O., Palao.J., & Rojo.P, 2015).

En un inicio el control de calidad se aseguraba solamente que los productos que no cumplan con las especificaciones establecidas no lleguen al cliente; pero actualmente la calidad también se enfoca en evitar el retrabajo y los desperdicios, desde el primer momento. Comenzando con la recepción de los insumos por parte del proveedor, los cuales no deben ser recepcionados si es que no cumplen con las especificaciones establecidas; ya que repercute en la calidad del producto final. (Sáez.F., Garcia.O., Palao.J., & Rojo.P, 2015).

Juran (1951) y Crosby (1979), mencionan la importancia de la gestión de las personas para contribuir en la mejora de la efectividad en una organización y, de ese modo cumplir con los requisitos que requiere la calidad. Además, según Crosby (1979) es primordial la participación del recurso humano de una empresa para tener una buena gestión de la calidad, ya que debido a su experiencia en la industria concluyó que la mayoría de las fallas eran originados por el factor humano, es por ello que resalta la importancia en dar la responsabilidad de las operaciones a este. La calidad es resultado del trabajo de empleados bien formados y motivados, es por ello que la importancia de la inversión en formar a los empleados para aumentar sus capacidades y evitar errores, es fundamental. James (1997) afirmaba que para crear calidad debe considerarse los aspectos humanos, técnicos y de liderazgo. Según Ishikawa, recalca que, para alcanzar una participación de cada miembro de una organización hay que

brindar educación de calidad a todo el personal; y transmitir una filosofía de mejora continua con el fin de que dicha formación tenga éxito.

Al momento de elaborar los planes de formación se debe ajustar a cada una de las necesidades de cada trabajador de la organización, para que la formación sea efectiva. Al mismo tiempo, debe evaluarse que la formación que se ha brindado se haya realizado correctamente, y los resultados sean los esperados. (Sáez.F., Garcia.O., Palao.J., & Rojo.P, 2015).

### **1.2.11. Filosofía TPM**

Es una filosofía de mantenimiento “cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o, en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima de productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas”. (García, 2014, p.1). Con dicha filosofía se espera cero averías, cero tiempos muertos en las Maquinarias, ceros defectos a un mal estado de los equipos y que no se presenten perdidas de rendimiento o de capacidad productiva debido a una Maquinaria inoperativa.

El TPM surgió como una necesidad de integrar el departamento de mantenimiento y el departamento operativo para mejorar la productividad y la disponibilidad.

#### **Las seis grandes pérdidas**

Según la filosofía del TPM, se considera que una maquinaria que no trabaja al 100% de su capacidad establecida, o que fabrica productos defectuosos está en una situación intolerable porque genera pérdidas a la empresa. En estos casos, la máquina debe considerarse improductiva, y tomarse las acciones correspondientes para evitarlos en el futuro. Según Santiago García (2014), el TPM identifica seis fuentes de pérdidas que reducen la efectividad por interferir con la producción:

- Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.

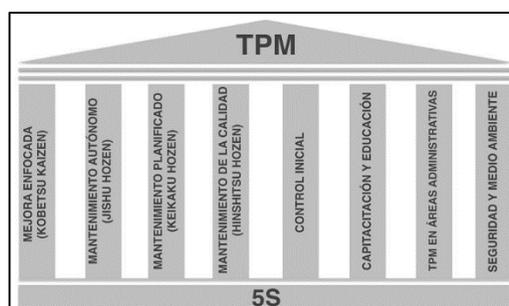
- Ajustes de las máquinas (o tiempos muertos) que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella.
- Averías menores durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación o pequeñas obstrucciones.
- Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima), que produce pérdidas productivas al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
- Desperdicios en el proceso, que generan pérdidas productivas al tener que rehacer partes de él, reprocesar productos defectuosos o completar actividades no terminadas.

El análisis de cada una de estas pérdidas conlleva a encontrar soluciones para eliminarlas. Es vital que el análisis se realice de la mano con el personal de producción y el de mantenimiento, ya que los problemas que causan la baja productividad son de ambos tipos y las soluciones deben elaborarse de manera integral. (García, 2014).

### **Pilares del TPM**

Son estrategias elementales de un programa de mantenimiento preventivo para cualquier industria, empresa u organización. Su aplicación implica rigor y disciplina, ya que solo de esa manera se consigue que un sistema productivo funcione.

Figura 5: Pilares del TPM



Fuente: García, 2014

- **Mejoras Enfocadas:**

Este pilar consiste en identificar todas las necesidades y cada uno de los problemas que se presentan en las distintas áreas de la empresa para evitar pérdida. Su objetivo principal es crear equipos y procedimientos más efectivos.

- **Mantenimiento Autónomo:**

Este pilar se centra en la relación de los operarios con la maquinaria. Lo que propone el mantenimiento autónomo es que la formación del operario se involucre no solo en el uso de la maquinaria sino también en su mantenimiento; como, inspecciones, limpieza, orden, lubricación, pequeñas reparaciones y metodología de manipulación.

- **Mantenimiento Planificado:**

Su objetivo es disminuir los costos generados por mantenimiento. Es por ello que, el equipo desarrolla actividades programadas de análisis y obtención de datos e información con el fin de mejorar toda la mecánica productiva, ya sea de un área o de toda la planta industrial.

- **Mantenimiento cualitativo:**

El mantenimiento cualitativo se entiende que, si un equipo no produce un producto de calidad, aunque no se detenga el proceso productivo, eso también es un fallo; ya que genera tantos costos adicionales como una avería mecánica.

- **Control Previo:**

La idea de este pilar es aplicar a nuevos equipos los conocimientos adquiridos por la experiencia en el manejo de fallas de una máquina o sistema.

- **Administración:**

Su implicación del personal administrativo puede parecer indirecta, pero sus funciones son las que garantizan eficacia en el funcionamiento del proceso productivo.

- **Formación:**

Un equipo de empleados instruidos para desempeñar cada una de sus tareas es otra garantía de excelencia en el rendimiento; ya que esto repercute en que las máquinas estén más cuidadas, que exista mayor atención a la calidad del producto final, mayor agilidad en la resolución de problemas y averías; y se eviten fallos mecánicos y metodológicos.

- **Seguridad y Medio Ambiente:**

La seguridad en las condiciones de trabajo evita accidentes, originando de esa manera que no se detenga el ritmo productivo. Por otro lado, la contaminación en los ambientes de trabajo acelera el deterioro de las máquinas y afecta la salud de los operarios.

#### **1.2.11.1. Relación TPM y OEE**

El OEE denominado “Eficiencia Global del Equipo” es un indicador numérico para el TPM. Se calcula diariamente para máquinas y se realiza una comparación entre la cantidad de piezas que podrían haberse elaborado si la máquina hubiera funcionado en óptimas condiciones, y las unidades sin defectos que realmente se han producido. Para el cálculo del indicador, se utilizan los índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$$

El indicador de “coeficiente de disponibilidad” es la fracción de tiempo que el

equipo está operativo reflejando pérdidas por averías y paradas. En el caso del indicador de “coeficiente de eficiencia” mide el nivel del equipo reflejando pérdidas por tiempos muertos, pérdidas por una velocidad operativa baja y paradas menores. Por último, el coeficiente de calidad mide la fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad reflejando el tiempo empleado en la producción de piezas defectuosas o con errores. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

### Clasificación del OEE

El valor de la OEE, se clasifica de la siguiente manera de acuerdo al resultado obtenido.

Tabla 6: Clasificación del OEE

OEE	Categoría	Características
OEE <= 65%	Inaceptables	Pérdidas Económicas - baja competitividad
65% <=OEE<= 75%	Regular	Aceptable si están en procesos de mejora, baja competitividad
75% <= OEE <= 85%	Aceptables	Ligeras pérdidas económicas, competitividad ligeramente baja
85% <= OEE <= 95%	Buena	Valores World Class, buena competitividad
OEE >95%	Excelencia	Valores World Class, excelente competitividad

Fuente: (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

Figura 6: Esquema de los Componentes del OEE



Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013

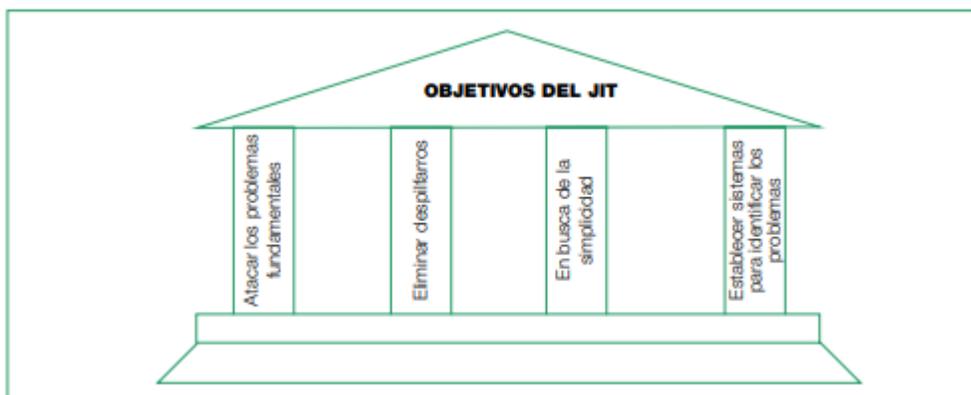
### 1.2.12. Just in Time

Es una filosofía que define la manera que debería optimizarse un sistema de producción, esta filosofía busca que las materias primas o componentes de la línea de fabricación lleguen “justo a tiempo” en el momento que sean necesarios. (Justo a tiempo” JIT”,2009).

Just in Time no es una filosofía que te permite conseguir que los proveedores realicen entregas puntuales, y no tener que manejar grandes volúmenes de componentes comprados, sino que es una filosofía de producción orientado a la demanda.

La ventaja competitiva se genera debido a la capacidad que adquiere la empresa para entregar al mercado el producto solicitado, en un tiempo breve y la cantidad requerida. (Justo a tiempo” JIT”,2009).

Figura 7: Los 4 Pilares del JIT



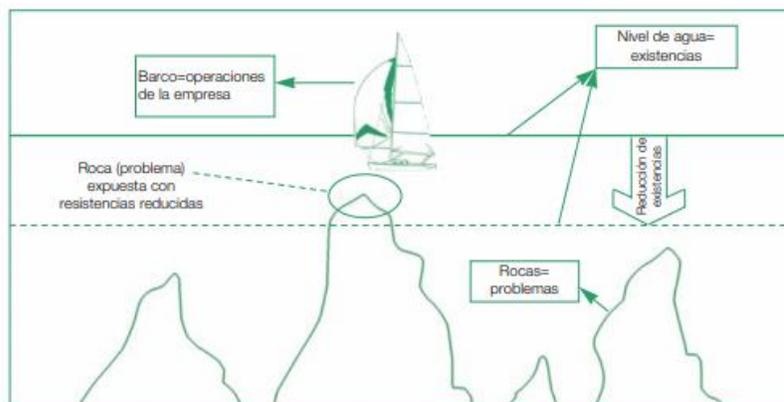
Fuente: Justo a tiempo” JIT”,2009

- ***Atacar los problemas fundamentales***

Los japoneses describen el primer objetivo de la filosofía con la analogía del “río de las existencias”. “El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río, en otras palabras, reducir el nivel de las existencias, descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en algunas

empresas, la respuesta era aumentar las existencias para tapan el problema.” (Justo a tiempo” JIT”, 2009, p.2).

Figura 8: Rio de las Existencias



Fuente: Justo a tiempo” JIT”,2009

En la siguiente tabla se muestran algunos problemas y soluciones JIT.

Tabla 7: Problemas y Soluciones del JIT

Problema	Solución Tradicional	Solución JIT
• Máquina poco fiable.	• Stock de seguridad grande.	• Mejorar la fiabilidad.
• Zonas con cuellos de botella.	• Mejor programación.	• Aumentar la capacidad y la polivalencia de los operarios y máquinas.
• Tamaños de lote grandes.	• Almacenar.	• Reducir el tiempo de preparación.
• Plazos de fabricación largos.	• Acelerar algunos pedidos en base a prioridades.	• Reducir esperas mediante sistema de arrastre.
• Calidad insuficiente.	• Aumentar los controles.	• Mejorar los procesos y/o proveedores.

Fuente: Justo a tiempo” JIT”,2009

- ***Eliminar despilfarros***

Implica eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto con lo que genera reducción en los costos, mejora de la calidad, reducción de los plazos de fabricación e incremento del nivel de servicio al cliente. (Justo a tiempo” JIT”,2009).

- ***En busca de la complejidad***

El JIT pone énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz. Se comprende dos enfoques principalmente; el primero con respecto al flujo de material es eliminar las rutas complejas y buscar líneas de flujo más directas. El segundo, es agrupar los productos en familias que se fabrican en una línea de flujo, con lo que se facilita la gestión en células de producción. (Justo a tiempo” JIT”,2009).

- ***Establecer sistemas para identificar los problemas***

Según la filosofía cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Si realmente se quiere aplicar el JIT se tiene que realizar principalmente lo siguiente: establecer mecanismos para identificar los problemas y estar dispuestos a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo con el fin de obtener una ventaja a largo plazo. (Justo a tiempo” JIT”,2009).

### **1.2.13. Planeamiento de la capacidad**

Según Heizer y Render (2009), la capacidad se define como el volumen de producción que se pueden recibir, almacenar o producir en un periodo de tiempo específico. Es importante que una empresa conozca la capacidad de producción que presenta su planta de manufactura, ya que de ese modo le permite programar de manera eficiente los recursos que intervienen en el proceso productivo para atender a la demanda. Es decir, el conocimiento de la capacidad de la planta de producción le va a permitir a una empresa planear la producción, el mantenimiento y las demás actividades de apoyo del sistema productivo; además, permitirá controlar los

costos. (Londoño, 2014).

Adicionalmente, es importante que una empresa además de conocer la capacidad de producción de la planta manufacturera, la plantee adecuadamente para evitar excesos en costos fijos o insuficiencias que ocasionen insatisfacciones en la demanda. Según Meredith y Gibbs (1986), aseguran que una de las complicaciones más comunes que se presenta al momento de planear la capacidad, es cuando la empresa se dedica a fabricar varios productos, ya que requiere utilizar los mismos recursos para producir todas las variedades de producto. (Londoño, 2014).

Es importante mencionar que para el éxito a largo plazo de una organización es fundamental la planificación de la capacidad. La cual debe estar controlada, ya que la capacidad excesiva puede ser fatal para la empresa; así como la capacidad insuficiente; es por ello que se debe planificar la capacidad de la planta. (Londoño, 2014).

Establecer los futuros requerimientos de capacidad puede ser bastante complicado, ya que principalmente se basa en una demanda futura. La determinación de la capacidad normalmente requiere de dos etapas. En la primera etapa, se pronostica la demanda futura con los modelos tradicionales. Y en la segunda etapa, el pronóstico se utiliza para determinar cuáles son requerimientos de capacidad. (Londoño, 2014).

#### **1.2.14. Plan Agregado de producción**

Según (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014), el plan agregado es un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo a mediano plazo. En el plan agregado se determina la fuerza laboral, la cantidad de producción y los niveles de inventarios con el fin de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a mediano plazo (6 a 12 meses). “El término agregada, hace referencia a que la planificación no desglosa la cantidad de producción por detalles de productos, sino que

los considera en varias familias, sin importar sus diferentes variantes de diseño o modelo”. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014, p.3).

El plan agregado es diseñado para planificar los diversos niveles necesarios para responder a la demanda como el nivel de inventario, producción y de mano de obra. Todo esto se realiza con el fin de prevenir y satisfacer de manera eficiente las necesidades de demanda que puedan existir en el proceso; debido a que, en el proceso de producción se presentan muchos aspectos que pueden afectar negativamente en el flujo de productivo. El P.A. debe planearse de forma agregada con el fin de que todos los recursos se utilicen de una manera adecuada y así evitar las mermas o faltas. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014). Es importante mencionar que la realización de un plan agregado de producción establece un plan maestro de producción (PMP). Este indica cuáles son los productos a elaborar y cuando deben estar en disponibilidad. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).

### **Estrategias de Planeación Agregada de la Producción**

Las estrategias están condicionadas por el entorno, intereses económicos, situación sociopolítica de la organización, competencia y otras variables importantes como la estrategia corporativa. Las estrategias se dividen en puras y combinadas, las cuales serán definidas a continuación. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).

#### **Estrategias puras**

- Cambio en los niveles de inventario: Se realiza con la acumulación de inventarios durante los periodos inactivos con poca demanda con la finalidad satisfacer una demanda en periodos picos. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).
- Cambio en los niveles de fuerza de trabajo: Modificar el tamaño de operarios

mediante la contratación o el despido para equilibrar el índice de producción de modo que se cubra la demanda con exactitud. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).

- **Subcontratación:** Subcontratar mano de obra en los periodos picos de demanda. Agranda el peligro potencial de abrir puertas a la competencia. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).
- **Influencia en la demanda:** La demanda cambiante genera gran cantidad de problemas para la planeación agregada; por ello, la gerencia puede decidir influir en el patrón de la demanda. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).

#### **Estrategias combinadas**

- **Influir sobre la demanda:** Su propósito de la estrategia es incrementar o disminuir la demanda según conveniencia de la empresa. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).
- **Influir sobre la producción:** Su propósito es igualar las capacidades productivas con respecto a la demanda establecida. (Hung, M., Medina, C.A., Comas, C.R., Hernández, A., & Medina, A., 2014).

#### **1.2.15. Plan Maestro de Producción**

El plan maestro de producción (PMP) se desarrolla a corto plazo debido a las restricciones establecidas en el plan agregado; de ese modo, se puede calcular la cantidad a fabricar de cada artículo y se puede determinar el momento en que se debe iniciar dicha producción. Como dice Miranda (2005), este proceso concluye con el programa y control de la producción.

La programación de la producción permite disgregar la información que es proporcionada

por la planificación agregada, semana tras semana, ya no por grupos o familias, sino por productos. Su objetivo es orientar y establecer una mejor asignación y ordenamiento en el tiempo de los recursos compartidos, teniendo en consideración las restricciones del sistema y algún objetivo de fabricación. (Paz, 2017).

### **Dimensiones del Plan Maestro de Producción**

- Fuentes de la demanda: Sirve como input para la realización del PMP, la demanda puede ser estimada mediante pronósticos o puede proceder de necesidades concretas (orden de compra) de parte de los clientes. (Paz, 2017).
- Capacidad de Producción: Tasa máxima de producción de una empresa. Para determinar la capacidad de producción, la Teoría de las restricciones es bastante útil, ya que cuyo método se centra en administrar las restricciones que impiden el progreso de la organización. (Paz, 2017).
- Lista de Materiales: Registro del total de componentes utilizados para la elaboración de un producto terminado, donde además de la relación de dependencia se muestran las cantidades que se requieren por cada componente para realizar una unidad de producto. (Paz, 2017).
- Horizonte del PMP: Es importante definir el horizonte de PMP, el cual guarda relación con la acumulación de lead time para la obtención del producto final. El lead time es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso hasta que se finaliza; se debe tomar en cuenta los tipos de lead time más relevantes: Lead time de abastecimiento de insumos, de programación y de producción. (Paz, 2017).
- Barrera de tiempo del PMP: Es importante para diferenciar el campo de

acción y las decisiones a tomar con la implementación del PMP. Se debe tomar en cuenta la barrera de la demanda y la barrera de tiempo de planificación. (Paz, 2017).

#### **1.2.16. MRP (Planeamiento de materiales)**

La planificación de requerimientos de materiales, cuya sigla (MRP) se define como una técnica de planificación en la producción y de gestión de inventario más utilizada en la actualidad, se fundamenta en un soporte matemático y se aplica cuando el método del flujo material es programado y se conoce la demanda. (Miño, G., Saumell, E. Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R.R. 2015).

El objetivo de MRP es de controlar y coordinar los materiales para que estén disponibles cuando se necesiten y sin necesidad de tener un inventario excesivo.

El MRP es un sistema que se produce a partir de un plan maestro de producción y de la "explosión" de materiales (órdenes de compra para proveedores y órdenes de producción internas para estaciones de producción). (Miño, G., Saumell, E., Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R.R. 2015).

#### **Requerimientos básicos del MRP**

1. ***Programa Maestro de Producción:*** Documento que refleja para cada producto final las unidades de materiales comprometidas, así como los periodos de tiempo para los cuales se deben tener terminados. (Miño, G., Saumell, E., Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R.R., 2015).
2. ***Lista de Materiales (Bill of Materials BOM):*** Necesario para conocer la estructura de fabricación para cada artículo en donde quedan reflejados los diferentes elementos que lo componen, así como el número necesario de cada

uno de esos elementos para fabricar una unidad de producto. (Miño, G., Saumell, E., Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R.R., 2015).

3. **Fichero de Registros de Inventarios (Stock):** Permite conocer si se dispone de unidades suficientes de alguno de los componentes necesarios en el almacén; ya que no tendría sentido volver a ordenar o fabricar dichas unidades. Por ello es necesario conocer cada componente y su nivel actual de existencias en el almacén, inventarios de producciones en proceso y unidades terminadas. (Miño, G., Saumell, E., Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R.R., 2015).

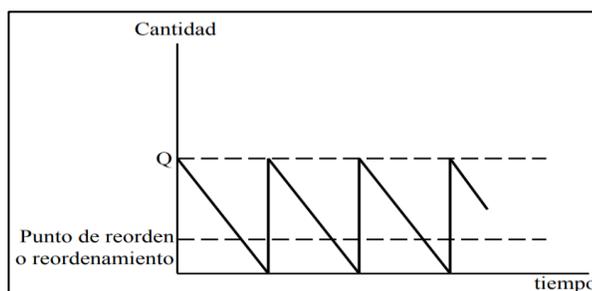
### 1.2.17. Lote económico de compra (EOQ)

Es un modelo clásico de cantidad fija de pedidos, es decir, calcula cuanto comprar de manera que se logre minimizar el costo asociado a la compra y al mantenimiento de las unidades en inventario. (“Administración Financiera de Inventarios”, s.f).

Esta metodología ayuda a definir la cantidad óptima de compra que se debe realizar de un material de tal manera que el costo de posesión del inventario y el costo de la elaboración del pedido, sean lo menor posible. (“Administración Financiera de Inventarios”, s.f).

Se considera solo como costos relevantes los costos de mantenimiento del inventario y los costos de pedido. (“Administración Financiera de Inventarios”, s.f).

Tabla 8: Gráfica del Lote Económico de Compra



Fuente: Administración Financiera de Inventarios”, s.f

El lote económico se calcula de la siguiente manera.

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$$

**D** = Demanda anual (unidades)  
**S** = Costo por orden (\$)  
**C** = Costo por unidad (\$)  
**I** = Costo mantenimiento (%)  
**H** = Costo mantenimiento (\$) =  $I \times C$

### 1.2.18. Systematic Layout Planning (SLP)

Es un procedimiento sistemático de múltiples criterios, igualmente aplicable a distribuciones totalmente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método de distribución de planta incorpora el flujo de los materiales de la distribución, junto con ello organiza el proceso de planificación total de manera racional y establece una serie de técnicas que permiten identificar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y que relaciones existentes entre ellos. (Fernández, 2017)

#### 1.2.18.1. Fases de Desarrollo del modelo SLP

Las 4 fases de la distribución en planta son nombradas y definidas a continuación:

##### **Fase I: Localización**

En esta fase se debe decidir la ubicación de la planta a distribuir. En caso se trate de una planta totalmente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basándose en la satisfacción de ciertos factores relevantes. Por otro lado, en caso si se trata de una redistribución el objetivo será determinar si la planta mantendrá su emplazamiento actual o si se trasladará hacia un nuevo edificio o un área con características similares. (Fernández, 2017).

##### **Fase II: Plan de Distribución General**

“Se establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar, indicando para cada una de ellas la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin

atender aún las cuestiones referentes a la distribución en detalle. El resultado de esta fase nos llevará a obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta”. (Fernández, 2017).

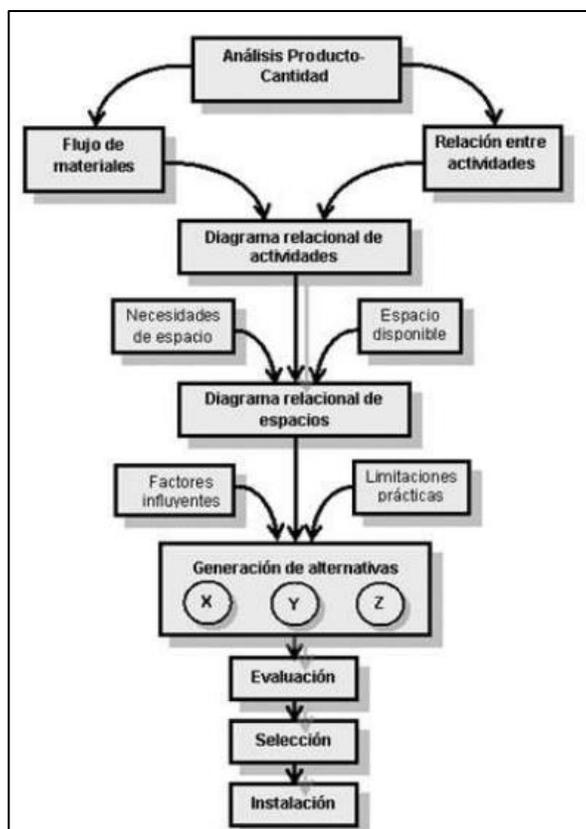
### Fase III: Plan de Distribución Detallada

En esta fase se debe preparar y estudiar en detalle el plan de distribución de planta revisado en el punto anterior. “En esta fase se incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad”. (Fernández, 2017).

### Fase IV: Instalación

“En la última fase se deberán realizar los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van instalando los equipos, máquinas e instalaciones, para lograr la materialización de la distribución en detalle que fue planeada”. (Fernández, 2017).

Figura 9: Esquema del SLP



Fuente: Fernández, 2017

### **1.2.19. Estandarización del Método de Trabajo**

Es una de las herramientas lean más poderosas que consiste en seleccionar las mejores prácticas; es decir, lo que cada operario hace bien o lo que se comprueba que obtiene los mejores resultados para definir una metodología de trabajo, que todos los trabajadores deben seguir. (Lean Manufacturing, 2015)

Con esta herramienta se busca que todos y cada uno de los operarios trabajen de la misma manera, para un mismo proceso de producción. (Lean Manufacturing, 2015)

Esta metodología es la base para la obtención de nuevas mejoras, donde cada mejora es incorporada a la metodología, por lo que continuamente se va mejorando. Mejorar la estandarización de trabajos es un proceso que nunca termina, ya que es una referencia para el kaizen. (Lean Manufacturing, 2015)

#### **Conceptos claves en la estandarización de trabajos**

La estandarización en el método de trabajo se aplica en base a 3 conceptos claves:

- Takt time: Ritmo a la cual los productos deben entregarse de acuerdo a la demanda.
- Secuencia de tareas: La secuencia en el que el operario realiza para llevar a cabo un proceso, dentro de un tiempo de ciclo.
- Inventario estándar: Unidades necesarias para no presentar problemas de paradas en la producción.

#### **Pasos para la estandarización**

1. Involucrar al personal operativo.
2. Investigar y determinar la mejor forma para alcanzar el objetivo del proceso.
3. Documentar con fotos, diagramas, descripción breve.
4. Capacitar al personal.
5. Implementar formalmente el estándar.

6. Revisar los resultados.
7. Si el resultado se apega al estándar, continuar la implementación, si no, analizar la brecha y tomar acción correctiva.

### **1.3. Estado del Arte**

En el Estado del Arte de la presente investigación se realiza la correspondiente revisión de la literatura, la cual es encontrada en diversos artículos científicos permitidos por la universidad, ya que estos deben cumplir con ciertas características y requerimientos para su utilización. El tema principal es planteamiento del problema, las propuestas de solución y las mejoras. Para la búsqueda se tomó en cuenta distintas bases de datos y se consideró una variedad de criterios que permitieron identificar y finalmente utilizar los artículos de mayor relevancia para el presente análisis.

#### **1.3.1. Metodología**

Para una correcta búsqueda y selección de artículos científicos relevantes para la presente tesis se utilizaron esencialmente los siguientes pasos:

- **Planificación de la Revisión:** Se definen los objetivos de la búsqueda de artículos científicos, se establece el Quartil deseado y se definen cuidadosamente los Keywords.
- **Desarrollo de la Revisión:** Se realiza la búsqueda de artículos científicos de acuerdo a lo planificado anteriormente y se verifica si el artículo está indexado.
- **Resultados de la Revisión:** Una vez seleccionado los artículos científicos que aportaran en la literatura para nuestro proyecto se realizan los estadísticos correspondientes de las búsquedas seleccionadas y se presentan las tendencias.

### **1.3.1.1. Planificación de la Revisión**

Se propone las siguientes preguntas de investigación para una correcta y organizada búsqueda y recolección de artículos científicos. Además de proponen los criterios de selección y se definen los objetivos.

#### **Preguntas de Investigación**

- P1: ¿Qué metodologías y herramientas lograr una adecuada gestión y control, de la producción en una empresa perteneciente al sector de construcción?
- P2: ¿Qué modelos de mejora de procesos productivos existen para la reducción de desperdicios y que consecuencias se generan tras su implementación?
- P3: ¿La implementación de herramientas de mejora de procesos de producción contribuyen de manera significativa en la productividad de una empresa?
- P4: ¿Qué metodologías y herramientas existen para lograr una adecuada gestión de planeamiento de recursos operativos?

#### **Objetivos:**

- Evidenciar que el problema encontrado en la organización es relevante para el sector mediante los artículos científicos encontrados.
- Contar con un total de 40 artículos científicos indexados, los cuales evidencian casos de éxito donde las distintas técnicas y herramientas lograron la solución o mitigación del problema identificado.
- Lograr que los artículos que se hayan seleccionado se encuentren en el Cuartil 1, 2 o 3.

## **Criterios de Exclusión e Inclusión:**

Tabla 9: Criterios de exclusión e inclusión

<b>Criterios de selección</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
Idioma: Inglés y Español	Idioma: Otro que no sea ni el español ni el inglés
Rango de antigüedad: 2012 en adelante	Rango de antigüedad: Del 2012 hacia atrás
Artículos pertenecientes a un Journal indexado con factor de impacto	El artículo no se encuentra indexado ni presenta factor de impacto
Tipo de documento: Artículos científicos	Tipo de documento: Tesis, Páginas Web
Presenta información pertinente al tema de la tesis	No presenta información pertinente al tema de la tesis

Fuente: Elaboración Propia.

### **1.3.1.2. Desarrollo de la Revisión**

La búsqueda de los artículos científicos se realizó en los bancos de información académica brindados por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Para una correcta selección de los artículos, se priorizó los criterios de la anterior tabla, los objetivos mencionados y el estudio a detalle de cada ellos, para determinar el nivel de relevancia en su contenido con respecto al problema del caso de estudio.

### **1.3.1.3. Resultados de la Revisión**

Como resultado de la búsqueda de obtuvo un total 40 artículos científicos indexados y relevantes al tema de investigación. La mayoría los artículos encontrados fueron dados en empresas pertenecientes al sector de estudio, además de que las soluciones se basaron en la implementación de alguna mejora de procesos.

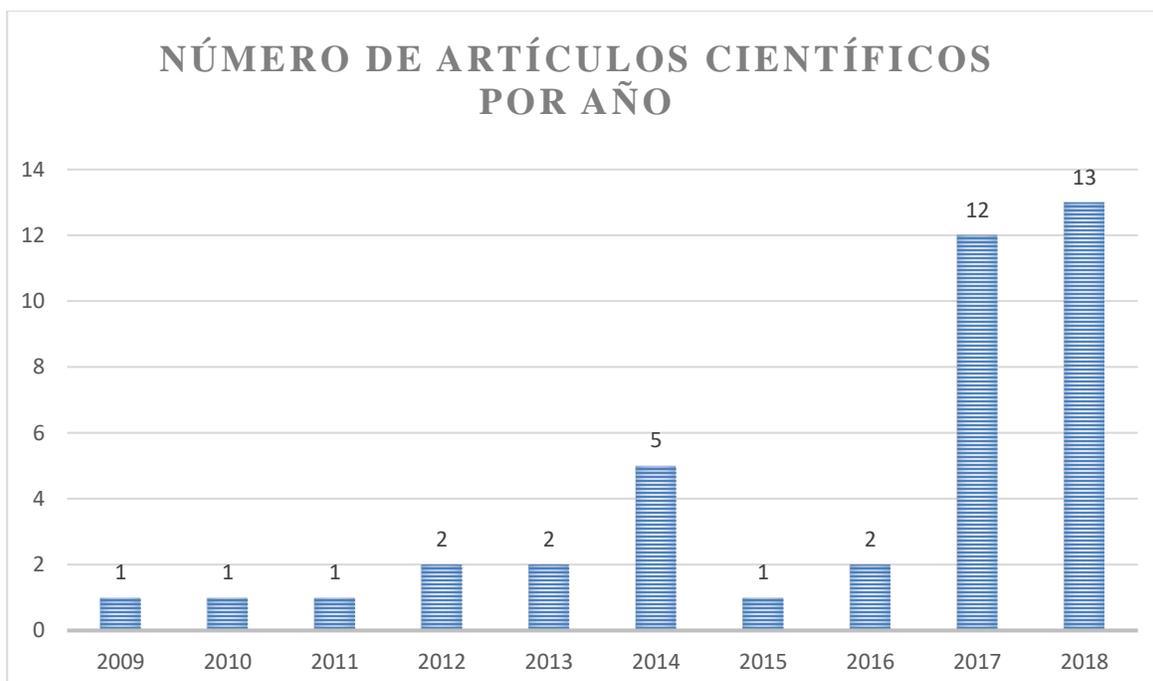
Tabla 10: Estudios seleccionados

Base de Datos	N. de Artículos
Taylor & Francis	13
Web of Science	11
Pro Quest	10
Emerald Insight	3
Springer	3
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 8 se puede observar la tendencia de los artículos seleccionados con respecto a sus años de publicación. Adicionalmente, se muestra que la mayoría de los artículos científicos son recientes, con lo que se concluye que la solución propuesta hacia los problemas encontrados en los casos de estudio es viable actualmente. Número

Figura 10: Artículos Científicos por año



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11A: Artículos Científicos Elegidos.

N°	TITULO	AUTOR(ES)	FECHA	PAIS	JOURNAL	Quartil	Base de Datos
1	Lean Philosophy Implementation in SME's-Study Results	Katarzyna Antosz and Dorota Stadnicka	2017	Polonia	Procedia Engineering	Q1	Taylor & Francis
2	Tactical supply chain planning under uncertainty with an application in the wind turbines industry	Aly Megahed , Marc Goetschalckx	2017	Estados Unidos	Computers and Operations Research	Q1	Web of Science
3	Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review	Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem & Isidore C. Ezema	2018	Nigeria	International Journal of Physical Distribution and Logistics Management	Q1	Emerald Insight
4	The integration of Six Sigma and lean management	Souraj Salah, Abdur Rahim y Juan A. Carretero	2015	Canadá	International Journal of Lean Six Sigma	Q1	Taylor & Francis
5	Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management.	Romain Miclo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk	2018	Reino Unido	International Journal of Production Research	Q1	Taylor & Francis
6	Value Stream mapping approach and analytical network process to identify and prioritize production system's Mudass	Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi	2017	EEUU	The Journal of The Textile Institute	Q2	Taylor & Francis

Nº	TITULO	AUTOR(ES)	FECHA	PAIS	JOURNAL	Quartil	Base de Datos
7	A comparative exploration of Lean Manufacturing and Six Sigma in terms of their critical success factors	Alhuraish, Ibrahim; Robledo, Christian; Kobi, Abdessamad	2017	EEUU	Journal of Cleaner Production	Q1	Web of Science
8	Six sigma implementation by Indian manufacturing smes - an empirical study	Raghunath Anandakrishna and R.V. Jayathirtha	2014	India	Academy of Strategic Management Journal	Q3	Pro quest
9	Case study: production planning and control-selection, Improvement and Implementation.	Brian McGarrie	2016	Reino Unido	Logistics Information Management	Q1	Emerald Insight
10	Supply Chain flexibility and operation optimization under demand uncertainty: a case in disaster relief.	Ju Myung Song, Weiwei Chen & Lei	2017	Asia	International Journal of Production Research	Q1	Pro quest
11	Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP.	Alaitz Kortabarria, Unai Apaolaza, Aitor Lizarralde & Itxaso Amorrortu	2018	España	Journal of Industrial Engineering and Management	Q3	Web of Science
12	Modeling a two-stage supply contract problem in a hybrid uncertain environment	Wenfei Li, Yankui Liua, Yanju Chen	2018	China	Computers & Industrial Engineering	Q1	Emerald Insight
13	Material planning and control: a case study	Md. Shamsuzzoha*	2018	India	Journal of Nature Science and Sustainable Technology	Q3	Web of Science
14	Resource planning for just-in-time make-to-order environments: A scalable methodology using tabu search.	Scott A. Moses & Wassama Sangplung	2017	Estados Unidos	Production and Manufacturing Research	Q1	Taylor & Francis

Nº	TITULO	AUTOR(ES)	FECHA	PAIS	JOURNAL	Quartil	Base de Datos
15	Integration of promotion and production decisions in sales and operations planning.	Agus Darmawan, Hartanto Wong & Anders Thorstenson	2018	Indonesia	International Journal of Production Research	Q1	Taylor & Francis
16	Applicability of the lean concept to the management of small-scale manufacturing enterprises in Serbia	Miloš Vorkapić, Filip Radovanović, Dragan Čočkaló, Dejan Đorđević	2017	Serbia	International Journal of Production Research	Q1	Taylor & Francis
17	Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study	Ali-Asghar Dadashnejad & Changiz Valmohammadi	2017	Reino Unido	Total Quality Management & Business Excellence	Q1	Taylor & Francis
18	Managing a dual-channel supply chain under price and delivery-time dependent stochastic demand	Nikunja Mohan Modak , Peter Kelle	2018	Europa	European Journal of Operational Research	Q1	Web of Science
19	Analyzing and evaluating product demand interdependencies	Peter Nielsen, Izabela Nielsen, Kenn Steger-Jensen	2010	Europa	Computers in Industry	Q1	Springer
20	A multi-stage stochastic program for supply chain network redesign problem with price-dependent uncertain demands	Mohammad Fattahi, Kannan Govindan, Esmail Keyvanshokoo	2017	Europa	Computers and Operations Research	Q1	Web of Science
21	A master production scheduling procedure for stochastic demand and rolling planning horizons	Vicente Vargas, Richard Metters	2011	Paises Bajos	International Journal of Production Economics	Q1	Web of Science

Nº	TITULO	AUTOR(ES)	FECHA	PAIS	JOURNAL	Quartil	Base de Datos
22	The influence of lean construction on the strategy of civil construction companies: a systematic review of literature	Aline Patrícia Mano, Maury Melo, Sergio Eduardo Gouvea, Fernando Deschamps, Edson Pinheiro	2013	Panama	Lean Construction Journal	Q3	Pro quest
23	Aplicación del principio de SCM entre los objetivos de una empresa desde el punto de la planificación de la producción de capacidad	Dušan Malindžák1 & Aboubaker Altiaieb MousstfA	2014	Eslovaquia	International Journal of Shipping and Transport Logistics	Q2	Springer
24	Is demand chain management the new supply chain management? Will the demand channel trump the supply channel? (abridged for POMS proceedings)	Daniel P. Bumblauskas, Paul D. Bumblauskas, Kishor Sapkota, Prashant Misra, and Madiha Ahsan	2014	Estados Unidos	Computers and Operations Research	Q1	Web of Science
25	A Coordinated Production Planning Model with Capacity Expansion and Inventory Management	Sampath Rajagopalan & Jayashankar M. Swaminathan	2012	Estados Unidos	Production Planning and Control	Q1	Taylor & Francis
26	Supplier Relationship Management: relationship between adopted practices and performance in the auto parts supply chain	Wilson de Castro Hilsdorf, Carlos Alberto Colonna Romano	2012	Brasil	Production Planning & Control	Q1	Pro quest
27	Planning of capacity, production and inventory decisions in a generic reverse supply chain under uncertain demand and returns	Onur Kaya, Fatih Bagci & Metin Turkey	2014	Turquía	International Journal of Production Research	Q1	Taylor & Francis

Nº	TITULO	AUTOR(ES)	FECHA	PAIS	JOURNAL	Quartil	Base de Datos
28	A Multiobjective Fuzzy Aggregate Production Planning Model Considering Real Capacity and Quality of Products	Najmeh Madadi & Kuan Yew Wong	2014	Egipto	Mathematical Problems in Engineering	Q2	Pro quest
29	A model for simultaneous decisions on master production scheduling, lot sizing, and capacity requirements planning	Harish C. Bahl & Neelam Bahl	2013	Europa	International Journal of Production Research	Q1	Taylor & Francis
30	Control-Relevant Demand Forecasting for Tactical Decision-Making in Semiconductor Manufacturing Supply Chain Management	Jay D. Schwartz, Manuel R. Arahal, Member, IEEE, Daniel E. Rivera, Senior Member, IEEE, and Kirk D. Smith	2009	Estados Unidos	IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing	Q2	Web of Science
31	Decision in Implementation of Production Capacity Planning Determinated by Usage of Sensitive Analysis.	Tomáš Poláček, Martina Žáková	2018	Europa	Production Planning & Control	Q1	Pro quest
32	Improving production planning through finitecapacity MRP	Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini	2016	Italia	International Journal of Production Research	Q1	Taylor & Francis
33	Lean Manufacturing for Tsukiden Electronics Philippines, Inc.: a Six Sigma Approach.	Engr. Marizen B. Contreras	2018	Philippines	Global Business Review	Q2	Pro quest

Tabla 16F: Artículos Científicos Elegidos

Nº	TITULO	AUTOR(ES)	FECHA	PAIS	JOURNAL	Quartil	Base de Datos
34	Lean manufacturing: 5s and TPM, quality improvement tools. Metalworking company business in Cartagena, Colombia	Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz, Yaniris Yaneth Mendoza Álvarez & Harold Enrique Cohen Padilla	2018	Colombia	Production Planning & Control	Q1	Pro quest
35	Implementing lean manufacturing principle in an automobile valve manufacturing industry with simulation analysis - a case study.	S. Mahendran , A. Senthil Kumar	2018	India	Journal of the Balkan Tribological Association	Q3	Pro quest
36	Development of a Composite Lean Index to Measure Lean Implementation in Philippine Manufacturing Companies.	Willy F. Zalatar and Anna Bella D. Siriban-Manalang	2018	Philippines	Global Business and Economics Review	Q3	Pro quest
37	Methods of Lean Production to Improve Quality in Manufacturing.	Martin Pech, Drahoš Vaněček	2018	Europa	Cuality Innovation Prosperity	Q3	Springer
38	Efficiency Enhancement in a Medium Scale Gearbox Manufacturing Company through Different Lean Tools - A Case Study.	V. Saravanana, S. Nallusamy & Abraham George	2017	India	International Journal of Engineering Science	Q1	Web of Science
39	The influence of performance objectives on the implementation of lean manufacturing practices: An analysis based on strategic groups.	Hamilton Pozo, Orlando Roque da Silva & Takeshy Tachizawa	2017	Inglaterra	Journal of Small Business Management	Q1	Web of Science
40	Critical issues in lean manufacturing programs: A case study in Kurdish iron & steel factories.	Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad	2017	Europa	Production and Manufacturing Research	Q1	Taylor & Francis

Fuente: Elaboración Propia

## **1.3.2. 10 Casos de Éxito**

### **1.3.2.1. Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results**

#### **▪ Problema:**

El problema que se discute en el artículo es sobre la baja eficacia de la empresa, originados por los desperdicios en la cadena de valor. Los desperdicios hacen referencias a tiempos de espera, movimientos innecesarios, sobreproducción, falta de inventarios y baja calidad.

Estos desperdicios repercuten principalmente en los sobrecostos generados, la baja calidad de productos y materiales; y la sobrecarga del personal con el trabajo. Una de las formas de eliminar estos desperdicios es mejorar los procesos de la organización.

#### **▪ Propuesta del autor:**

La propuesta es la implementación y desarrollo de la filosofía de Lean Manufacturing en PYMES, el cual propone un conjunto de herramientas que pueden ser utilizadas en las empresas. Esta filosofía es aplicable en diferentes tipos de empresas y sus sucursales.

Lean Manufacturing se compone de una serie de técnicas y principios que se encuentran diseñadas para la eliminación de desperdicios y el establecimiento de un eficiente sistema de producción que permita realizar entregas a los clientes de los productos solicitados en el momento que sean requeridos, la cantidad requerida y con la calidad adecuada en los productos.

#### **▪ Diseño y desarrollo**

Este artículo presenta la implementación de la idea LM en PYMES. Los investigadores del estudio recogieron información de las empresas manufactureras, los temas detallados de la investigación de implementación de LM en las empresas

fueron: razones para la aplicación de LM, objetivos principales de LM, implementación indicada por las empresas analizadas, residuos típicos presentes en las empresas, cuáles son las medidas determinadas de la evaluación LM, problemas observados en LM, métodos LM y técnicas implementadas, métodos y técnicas LM planeadas para ser aplicadas.

Para el estudio, se utilizaron entrevistas las cuales fueron con el gerente superior y media, así como los empleados y supervisores en una empresa. El estudio utilizó el cuestionario con un formato de opción múltiple, donde se adoptaron los siguientes criterios para clasificar las empresas: tipo de industria, tipo de producción, tamaño de la empresa, autoevaluación de la situación de la empresa y tipo de propiedad. Entre las empresas analizadas, la mayoría son medianas (53%) y las micro (14%). La mayoría de ellos son empresas con un tipo de producción por pieza (73%), lote pequeño (29%) y lote medio (24%).

El 76% de las empresas estudiadas tiene capital mayoritario polaco y solo el 6% tiene capital enteramente polaca. El 47% de las empresas define su condición como en desarrollo y el 45% como estable. 8% de las empresas valoran que se encuentran en una situación difícil.

▪ **Resultados:**

Según el estudio realizado a las empresas, se determinó que tienen diferentes motivos para implementar la idea de LM. Muchos de ellos, es decir, el 81% que utilizan la idea de LM, querían mejorar la capacidad de la empresa. Por otro lado, el 50% de las empresas quería aumentar su ventaja competitiva.

Figura 11: Motivos para la implementación de Lean Manufacturing en las PYMES.



Fuente: Katarzyna Antosz and Dorota Stadnicka, 2017

Además, se determinó los propósitos principales de la implementación de LM. Muchos de ellos, exactamente el 94%, lo requieren para la eliminación de residuos, solo el 4% de las empresas quería minimizar el empleo y el 8% de las empresas busca minimizar la variabilidad.

Figura 12: Propósitos principales de la implementación.



Fuente: Katarzyna Antosz and Dorota Stadnicka, 2017

Los principales residuos que las empresas quieren eliminar con la filosofía Lean son: esperar el material (49%), movimientos innecesarios (41%), fallas de la máquina (27%), productos no conformes (35%) y el 10% de las empresas buscan eliminar el transporte innecesario.

▪ **Conclusión:**

Los resultados reflejan que la mayoría de las PYME están listas para implementar la filosofía de Lean Manufacturing, Estas empresas buscan un enfoque Lean; debido a que requieren mejorar su funcionamiento o cuentan con la necesidad

de eliminar los residuos. Los principales desperdicios identificados en el artículo son: espera de Material (49%), movimientos innecesarios (41%) y fallos de la máquina (39%). Bajo las estadísticas obtenidas se puede mencionar que las razones principales para la implementación de Lean son: la intención de mejorar la operación de la compañía (81%) y la necesidad de obtener una ventaja competitiva (50%). Sin embargo, aún muchas de las compañías, que representan el 55% no implementan la filosofía de LM mientras que las compañías que ha implementado la filosofía LM utilizando mayormente el método 5S (29%).

### **1.3.2.2. Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP**

#### **▪ Problema:**

El problema que se discute en el artículo, es la deficiente planificación de los requisitos de materiales; lo que conlleva a tener problemas en la gestión eficiente de las operaciones y la cadena de suministro que toda empresa busca.

Para realizar correctamente la planificación de los materiales se requiere de definir varios factores y de escoger correctamente un método que apoye con los análisis de las cantidades necesarios de materiales que se debe adquirir respecto a la demanda. En este artículo principalmente se discute sobre el método que aporte a planificar los materiales con la mayor exactitud y menores errores en su aplicación.

#### **▪ Diseño y Desarrollo:**

El estudio se realizó a una empresa que realiza la planificación de materiales con el método MRP, con el fin de comparar sus resultados y con los resultados al utilizar el método DDMRP. Se llevó a cabo un análisis global de 579 referencias pertenecientes al grupo de bienes. Esto involucró el estudio de la evolución del consumo total, el inventario total disponible y el stock de cobertura total. El análisis

se llevó a cabo durante un período de 11 meses, lo que permitió ver varios inventarios de las actuaciones de rotación.

Con el objetivo de realizar un estudio más profundo, la familia más consumida se analizó de forma independiente. Esta familia estaba compuesta por 23 referencias. Primero se hizo un análisis general de toda la familia, donde se estudió el inventario disponible y el stock de cobertura total. Luego, para ver en detalle la evolución de las referencias, fueron seleccionadas las tres referencias más consumidas individualmente. Se consideró la cantidad de tres referencias suficiente para llevar a cabo este análisis, ya que permitió ver si el patrón global se repitió en las referencias con el mayor consumo.

▪ **Resultados:**

El ADU (Average Daily Use), uso diario promedio, total de las 579 referencias analizadas durante los 11 meses posteriores a la implementación de DDMRP aumentó en media del 8,7%. Esto significa que, en general, el consumo de bienes aumentó en el período analizado de plazo. En un contraste sorprendente, el inventario disponible de esta muestra mostró la línea de tendencia opuesta, ya que en el promedio disminuyó en un 52.53%.

La evolución de la cobertura de stock total de estas 579 referencias también disminuyó en un 56,71%. Por lo tanto, después de la implementación de DDMRP, el volumen de negocios del inventario de estas referencias aumentó. La cobertura de stock se calculó dividiendo el total del inventario disponible por el ADU total. Mientras tanto el inventario disponible como el stock de cobertura disminuyó significativamente. El ADU disminuyó durante el período de análisis. Además, el inventario disponible y el stock de cobertura también disminuyeron en un nivel mucho mayor.

En resumen, después de la implementación del DDMRP se observó una disminución significativa en el inventario disponible, mientras que el aumento de ADU, resultó en un aumento de rotación de inventario. Además de estos beneficios, la empresa también mantuvo su alto nivel de servicio durante este período.

- **Conclusión:**

La gestión eficiente de las operaciones y la cadena de suministro es clave para lograr una ventaja competitiva sostenible, y en los años se han desarrollado muchos sistemas para gestionar este proceso. Uno de estos sistemas es MRP que predice el consumo para planificar los requisitos de materiales. El actual entorno de producción dinámico sin embargo plantea desafíos importantes para este enfoque, ya que no fue diseñado para funcionar en este contexto; por lo tanto, se requiere de una nueva alternativa.

En 2011, DDMRP se desarrolló para mejorar las deficiencias de los sistemas MPC existentes al proteger la cadena de suministro desde la variabilidad y manejo eficiente de la cuestión de la gestión de materiales. En este estudio se analizó sobre la implementación de DDMRP en una compañía que anteriormente estaba usando MRP. Los resultados del estudio de caso muestran claramente que al usar DDMRP la compañía cambió la gestión de materiales, resultando con una mayor visibilidad en la cadena de suministro. Además, el nivel de inventario vio una reducción significativa, mientras que el consumo de material aumentó esto se logró sin ninguna reducción en el alto nivel de servicio de la empresa.

### **1.3.2.3. Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study**

- **Problema:**

El problema que se presenta en el artículo es sobre los desperdicios y

actividades que no agregan valor en la cadena de valor. Este problema genera principalmente errores en la ejecución de los procesos, retrasos en los plazos de entrega y actividades que se desarrollan pero que no agregan valor al producto final.

▪ **Propuesta del autor:**

La propuesta del autor es utilizar como herramienta el VSM. Una de las herramientas más importantes para la producción ajustada (LP) que identifica y reduce errores, pérdidas, plazos de entrega y mejora el valor; por lo tanto, mejora la calidad del producto al potenciar la unidad de producción en términos de riesgo de producción y reducción de costos a largo plazo. Esta investigación tiene como objetivo examinar el efecto de las mejoras identificadas a través de VSM en el conjunto medición de la efectividad del equipo (OEE).

▪ **Resultados:**

Con respecto a la primera sub- hipótesis y de acuerdo con el resultado de PLS, indican un valor de 14.074 siendo un valor mayor que 1.96: por ende, se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis alterna. Por otro lado, con respecto a la segunda sub- hipótesis el coeficiente de trayectoria de este efecto es del 68%; de acuerdo con el resultado de PLS indica un el valor 31.690 siendo un valor mayor que 1.96; es por ello , que la hipótesis nula se rechaza y se admite H1b. Por último, con respecto a la tercera sub hipótesis y de acuerdo con el resultado de PLS , presenta un valor de 20.594 siendo un valor mayor que 1.96; lo cual conlleva a rechazar la hipótesis nula y se admite H1c. El coeficiente de trayectoria de este efecto es del 80,5%.

Figura 13: Disponibilidad, operación y Calidad.

<b>Construct</b>	<b>Disponibilidad</b>	<b>Operación</b>	<b>Calidad</b>
<b>Disponibilidad</b>	0.64		
<b>Operación</b>	0.14	0.73	
<b>Calidad</b>	0.12	0.327	0.77

Fuente: Ali-Asghar Dadashnejad & Changiz Valmohammadi

Figura 14: Resultado y Coeficiente de Trayectoria.

N°	Construct	Coeficiente de trayectoria	T	Resultado
1	Disponibilidad	0.68	14.074	<b>Soportado</b>
2	Operación	0.861	31.69	<b>Soportado</b>
3	Calidad	0.805	20.594	<b>Soportado</b>

Fuente: Ali-Asghar Dadashnejad & Changiz Valmohammadi

Usando el enfoque de PLS y el análisis de la trayectoria, las clasificaciones de las medidas de la métrica OEE. De acuerdo con los resultados obtenidos, el rendimiento (86%) se clasificó primero seguido de medidas de calidad (80%) y disponibilidad (68%), segunda y tercera, respectivamente.

▪ **Conclusión:**

Se puede concluir que la recopilación e integración de todos los conceptos, enfoques y herramientas en una producción o servicio firme, y utilizando los beneficios de dicha integración de manera eficiente hace un enfoque sistemático necesario. El enfoque de producción ajustada puede integrar todos estos componentes de manera correcta y completa, y ha demostrado ser exitoso en muchas fábricas.

Lean es un conjunto de herramientas y métodos que puede permite cambiar el camino de las empresas manufactureras; ya que adoptando e implementando estas herramientas y métodos, las fábricas podrían mejorar la calidad de sus productos mediante la eliminación de pérdidas y disminución de los plazos de entrega. Eliminando las barreras operativas y aplicando la coordinación necesaria entre las unidades relacionadas, LP (producción ajustada) podría jugar un papel fundamental para lograr los criterios antes mencionados, que, como resultado de centrarse en una mayor calidad y menor costo,

El VSM ha demostrado que es una herramienta común de implementación de LP. La investigación intentó descubrir la relación entre dos conceptos importantes de LP, es decir, VSM and OEE, y presentó un enfoque integrado para obtener los beneficios de oportunidades de mejora identificadas a través de VSM y sus efectos en la métrica OOE.

El Mapeo y análisis de flujo de valor, originados de la filosofía LP, son excelentes métodos para mejorar procesos y productos. Mapeo y análisis de los gestores de ayuda de VSM para entender los procesos claramente y para gestionar la mejora identificada oportunidades correctamente VSM ayuda a las personas, que siempre intentan mejorar los procesos, a ser consciente de las metas y objetivos reales. Este mapa muestra una perspectiva para futuras transmisiones y demuestra la situación ideal o al menos mejorada en el futuro. Se puede argumentar que el mapa se traducirá en un mapa técnico y un plan de acción. Esta herramienta nos ayudó a identificar los cuellos de botella, y a tomar decisiones acertadas para la elección del mejor método y la mejor herramienta para poder identificar oportunidades de mejora. El uso de esta herramienta en las organizaciones puede integrar principios lean y herramientas y lograr mejores resultados. Esta herramienta nos ayudó a analizar los procesos y definir los cambios necesarios, antes de cambiar los componentes de los procesos. Los resultados obtenidos al analizar la VSM actual reveló que existe una relación significativa entre las oportunidades de mejora identificadas y la métrica OEE. De hecho, la prueba de la principal hipótesis y sub-hipótesis relacionadas indicaron que VSM puede mejorar la tasa de disponibilidad de la máquina, rendimiento y calidad del producto de la fábrica encuestada.

#### **1.3.2.4. Planning of capacity, production and inventory decisions in a generic reverse supply chain under uncertain demand and returns**

- **Problema:**

El artículo menciona que actualmente existe un creciente interés por el diseño y la operación de los sistemas de cadena de suministro inversa; debido a los problemas que se presenta en su gestión; lo cual ocasiona sobre costos.

En el documento se abordan las operaciones de desmontaje, reacondicionamiento y producción en una configuración de cadena de suministro inversa para productos modulares, como computadoras y teléfonos móviles, considerando las incertidumbres de este sistema.

- **Propuesta del autor:**

El autor propone desarrollar una programación entera mixta a gran escala. Un modelo para capturar todas las características del sistema, y utilizar la optimización estocástica de dos etapas y la optimización robusta.

- **Diseño y desarrollo:**

Para el desarrollo de la programación se clasifica en dos etapas. En la primera etapa, se centra en las decisiones estratégicas sobre las capacidades de remodelación de sitios considerando diferentes escenarios con respecto a las incertidumbres en el sistema. En la segunda etapa, se analiza las decisiones operativas, como la producción, el inventario y las tasas de eliminación. Observamos a través del extenso análisis numérico de que la aleatoriedad de los valores de demanda y retorno afecta el rendimiento del sistema sustancialmente y la incertidumbre de las cantidades de retorno de los productos usados es mucho más importante que la incertidumbre de la demanda en este sistema.

- **Resultados:**

Figura 15: Análisis de sensibilidad sobre el costo de mantenimiento del producto.

PrI	Avg. lower bound	SOA				ROA			
		Rfe	Dse	Average cost	Max. loss	Rfe	Dse	Average cost	Max. loss
0	2,865,124	3	2	3,090,465	431,157	3	2	3,090,465	346,253
1	2,984,513	5	3	3,307,923	646,782	6	3	3,354,746	489,642
2	3,104,365	6	4	3,482,759	811,034	7	4	3,693,654	603,416
3	3,192,759	7	5	3,593,812	932,536	8	6	3,803,528	676,784
4	3,218,310	9	6	3,635,427	1,020,752	10	7	3,856,007	729,091
5	3,221,124	9	6	3,641,856	1,023,465	10	7	3,863,231	730,120
6	3,222,135	9	6	3,642,914	1,024,573	10	7	3,864,465	730,542

Fuente: Onur Kaya, Fatih Bagci & Metin Turkay, 2014

Figura 16: La comparación de la variabilidad entre la demanda y el retorno.

	Avg. lower bound	SOA				ROA			
		Rfe	Dse	Average cost	Max. diff.	Rfe	Dse	Average cost	Max. diff.
Variable return	2,517,433	11	8	2,936,778	862,615	9	7	3,147,028	722,615
Variable demand	2,769,680	6	4	2,836,370	129,049	6	4	2,836,370	129,049
Medium return and demand	2,371,192	8	5	2,374,399	18,328	8	5	2,374,399	18,328
Variable return and demand	3,218,310	9	6	3,635,427	1,020,752	10	7	3,856,007	729,091

Fuente: Onur Kaya, Fatih Bagci & Metin Turkay, 2014

- **Conclusión:**

En el artículo considerando las incertidumbres en el sistema se desarrolló una optimización matemática de enteros mixtos a gran escala, modelo para la planificación de la capacidad, la producción y las decisiones de inventario en un sistema de fabricación de circuito cerrado para modular productos.

Se desarrolló tanto una optimización estocástica como un modelo de optimización robusto en el que hay dos etapas, considerada como niveles estratégicos y tácticos. En la primera etapa, considerando la incertidumbre sobre los niveles de demanda y retorno y sus efectos en las operaciones de la segunda etapa, el modelo decide la capacidad del sistema al determinar el número óptimo de desmontaje y remodelación de emplazamientos para abrir. Luego, en la segunda etapa, después de observar la demanda real y los valores de retorno, las decisiones operativas, como las tasas de producción, disposición e inventario, se dan para las capacidades fijas.

Después de desarrollar el modelo para este problema de remanufactura, se realizó un extenso estudio numérico para analizar el comportamiento del sistema.

### **1.3.2.5. Decision in Implementation of Production Capacity Planning Determined by Usage of Sensitive Analysis**

#### **▪ Problema:**

El problema es la deficiente planificación y gestión de materiales y producción. La planificación y el control de la producción se consideran generalmente cruciales para el éxito de empresas de manufactura; debido a que, implica la gestión de todos los aspectos de la producción, incluidos los materiales. Además, se encarga de la gestión, planificación y programación de máquinas, recursos humanos y coordinación de proveedores y clientes clave.

#### **▪ Propuesta del autor:**

La propuesta del autor es implementar una planificación de la capacidad en la empresa en estudio, ya que presenta una serie de problemas asociados con los requisitos de información de calidad t datos precisos sobre los que se crean en un plan de producción. Esta decisión un desafío asociado con el alto riesgo y la necesidad de considerar el orden de varios meses de anticipación ante la incertidumbre.

#### **▪ Conclusión:**

Los resultados en la siguiente tabla muestran los beneficios de las cuatro variantes de la decisión. El mejor resultado posible es en el caso de la decisión de la implementación de APS y su éxito implementación en las variantes 2 y 4, que está representado por el método de intervalos aritméticos. Por otro lado, se muestra el resultado más bajo que es en el caso de decisión del desarrollo de MRP II y el fracaso del proyecto en todas las variantes, la compañía de casos comparó los resultados con

sus expectativas sobre el aumento de requisitos del cliente y decidió implementar Sistema APS. En esta comparación están los resultados de la toma de decisiones del árbol preferible para la decisión de implementación de APS, porque ofrece una mayor rotación posible en 26 meses.

### **1.3.2.6. Tactical supply chain planning under uncertainty with an application in the wind turbines industry.**

#### **▪ Motivación del Autor**

Los autores se sintieron motivados a estudiar diferentes formas de mejorar la precisión del pronóstico en empresas con entorno de producción ATO. Se prestó especial interés a los nuevos productos, que a menudo sufrían agotamiento o sobreproducción y exceso de inventarios en las primeras fases de su ciclo de vida. Seleccionar solo dos casos permite una observación profunda de los casos y capturar con mucho mayor detalle el contexto dentro del cual se produce el fenómeno en estudio.

Los autores estuvieron motivados ya que sus recursos de investigación podrían dirigirse a ayudar a más empresas en el seguimiento y análisis de datos, desarrollar conjuntamente el proceso y observar las discusiones sobre la toma de decisiones, ayudar a planificar y gestionar sus demandas (tengan o no un comportamiento no estándar) y controlar su producción.

#### **▪ Descripción del aporte del autor**

El estudio que los autores han realizado aporta a las empresas que presentan un comportamiento de demanda no estándar. La metodología S&OP junto con las herramientas utilizadas sirvieron a la empresa para ordenar, planificar y gestionar la demanda y producción. El documento presente muestra la importancia del mecanismo de los esfuerzos de planificación y contribuye a la literatura de intercambio de información de la cadena de suministro presentando un diseño S&OP probado y evolucionado para

situaciones de demanda no estándar, y mediante un análisis contextual de los mecanismos que producen los beneficios de la colaboración minorista e intercambio de información en el proceso S&OP.

- **Proceso para resolver el problema**

Se seleccionó una compañía que opera en la misma configuración del problema y en el mismo contexto, es decir, una empresa que produce netamente a pedido del cliente y posee una demanda no estándar. Se recopiló toda la data histórica de ventas, producción y demanda para que se pueda realizar los análisis correspondientes.

El diseño de la investigación constituye un experimento de campo sobre el intercambio de datos a pedido para observar cómo una solución diseñada desencadena o no desencadena mecanismos que producen resultados. El estudio de caso consiste en una compañía productora de abarrotes.

El estudio utiliza una variedad de métodos para la recopilación y el análisis de datos. En la primera fase, el problema en cuestión se discutió en reuniones iniciales con representantes de la compañía. Se reveló que la previsión de la demanda de productos introducidos recientemente, así como la gestión de operaciones para estos productos incluyen varios desafíos y riesgos significativos, que forman un contexto problemático potencialmente interesante y rentable que debe estudiarse.

Con toda la data histórica recopilada se sigue el modelo S&OP y se utilizó herramientas estadísticas para su análisis, hasta hallar el factor de correlación mediante el método adecuado de pronóstico. Jan Holmstrom propuso la realización de un plan agregado para planificación de demanda a mediano plazo y un plan maestro de producción para cada producto para llevar un control adecuado de ellos.

- **Resultados**

El gerente general de la empresa de estudio comentó que, con la implementación de

este modelo, los pronósticos de la compañía se actualizaron varias semanas antes y siguieron la demanda real con mucha más precisión. Más importante aún, cuando se actualiza un pronóstico, puede tener un impacto en la producción en tan solo dos semanas del cambio. La compañía también descubrió que los beneficios resultaban de las actualizaciones de pronóstico en la compra de materiales. Pero en donde más tuvo repercusiones esta intervención fue en la reducción de sobrecostos operativos, los cuales disminuyeron en un 34% en su totalidad y además se logró mejorar el Nivel de Servicio en un 2.6%.

### **1.3.2.7. Implementation of lean practices in the construction industry:**

#### **A systematic review**

- **Problema:**

El problema tratado en este artículo, es la ineficiencia y baja productividad de la industria de construcción. Generalmente la planificación, diseño y construcción de infraestructuras físicas de diferentes proyectos de la industria de concreto involucra actividades complejas que requieren los aportes de varias áreas de la organización. Si en caso no se cumple dicho aporte, se enfrenta a desafíos relacionados con actividades y procesos que no agregan valor a la cadena de suministro, lo cual trae como consecuencia el problema mencionado.

La ineficiencia en la industria de construcción se origina principalmente por el exceso de costos, los retrasos en el cumplimiento de los plazos de entrega de pedidos y desperdicios de material.

- **Propuesta del autor:**

El autor con el fin de mejorar la productividad en la industria de la construcción y lograr una construcción sostenible menciona que se requiere de una implementación sostenida para lograr este objetivo. Es por ello que el autor propone la implementación de

los principios y enfoques de la metodología lean, que actualmente está ganando terreno en la industria de construcción. Sin embargo, no hay una comprensión clara del número y las categorías de las prácticas lean implementadas y los beneficios asociados con ella en la planificación, diseño y construcción de edificación y proyectos de infraestructura. Ante ello, el autor realiza una revisión de literatura publicada sobre los principios Lean en Scopus, Science Direct y Google Scholar para identificar y categorizar las diferentes prácticas lean implementadas en la industria de la construcción y los beneficios derivados de ello.

- **Diseño y desarrollo**

El diseño de investigación adoptado en el artículo fue una revisión sistemática de la literatura, debido a que según Green (2005) explicó que una revisión es un aspecto importante en el enfoque de investigación científica que se puede utilizar para evaluar, resumir y comunicar los hallazgos e implicaciones de una gran cantidad de publicaciones de investigación sobre un tema en particular. Para ello, se realizó un proceso que consta de cinco pasos: formulación de preguntas de investigación, identificación de estudios publicados relevantes, evaluación de la calidad de los estudios, resumen de la evidencia; e interpretación de los hallazgos adoptados en estudios anteriores. Al seleccionar los artículos revisados, se utilizaron tres criterios de inclusión y exclusión. Los artículos fueron seleccionados en base al grado de relevancia de las preguntas de investigación planteadas inicialmente; para ello, se utilizó la siguiente escala de calificación: "1" para baja relevancia, "2" para relevancia media y "3" para alta relevancia. Adicionalmente, se utilizó un segundo criterio que se trata sobre las citas de los artículos, donde se dio prioridad a los artículos con altas citas.

Los artículos seleccionados fueron leídos y revisados por el autor con el objetivo de identificar en cada uno de ellos, las etapas de entrega del proyecto que se han implementado

y los beneficios asociados a su implementación.

- **Resultados**

Ante la búsqueda se identificó literaturas masivas que conceptualiza, discute, define y explica el magro pensamiento y enfoque productivo desde varias perspectivas de los principios lean.

Varios autores como (Paynaskar et al., 2003; Hame, Kowang y Fei, 2017; Ansah y Sorooshian, 2017) han señalado que el debate actual sobre el enfoque Lean se centra en la idea de producir con menor esfuerzo, material, equipo, personal y espacio; mientras se enfoca en agregar valor a los clientes y eliminar los desperdicios que se presentan en la cadena de valor de la producción.

Mediante la revisión de la literatura se determinó que la producción ajustada se basa en dos pilares, los cuales son: “flujo en tiempo justo (JIT) y automatización inteligente. Además, varios autores (Koskela, 1992; Womack y Jones, 1996; Franco y Picchi, 2016) han identificado que la clave de los principios lean incluyen en la reducción de actividades que no agregan valor, una mayor consideración en requisito del cliente, reducción de la variabilidad, reducción del tiempo de ciclo, simplificación al minimizar el número de pasos y partes aumentando la flexibilidad de salida, la transparencia del proceso, un mayor enfoque en el control del proceso completo, mejoras continuas en el proceso; equilibrando la mejora del flujo con mejora del benchmarking.

Además, la literatura revisada también revela que la entrega de proyectos lean entró en la industria de la construcción a través del trabajo de Koskela (1992) en donde, por primera vez, se presentó la posibilidad de adoptar principios lean en la construcción para mejorar el desempeño de la industria. Desde ese momento, se han presentado opiniones contendientes sobre la implementación de principios lean en la industria de la construcción. Por ejemplo, los autores. (Morgan y Liker, 2006; Salame, Solomon, Gnaidy y Minkarah,

2006; Bae y Kim, 2008: 156) plantean que la principal prioridad en la implementación de lean en el sector construcción es el deseo de satisfacer las expectativas de los clientes eliminando el desperdicio en la planificación, proceso de diseño y construcción.

Otras de las ideas importantes que se rescató de la revisión, es que la construcción tiene un gran potencial para aumentar la eficiencia, la eficacia y la productividad en proyectos de construcción al minimizar las actividades que no agregar valor en todas las fases del proyecto.

Por último, la revisión identificó 20 beneficios asociados con la implementación de los “Lean Construcción Practices (LCP)”, los beneficios identificados en la literatura se agruparon en tres categorías relacionadas a los beneficios económicos, sociales y ambientales.

<b>Costo económico, calidad y hora)</b>	Reducción de proyecto. horario
	Reducción del costo del proyecto
	Mejora del proyecto. calidad
	Mejora continua de proceso
	Mayor control de inventario
	Minimización de riesgos
	Disminución de la variabilidad del flujo de trabajo
	Mejora en el método de entrega.
<b>Social (relación y la gente satisfacción)</b>	Trabaja eficientemente incremento / aumento de mano de obra productividad y rendimiento
	Generación de mejor valor para satisfacción cliente / cliente
	Mejora en la relación con proveedores.
	Mejor cooperación entre partes interesadas.
	Mejora de la gestión y control.

#### **1.3.2.8. Allocation flexibility for agribusiness supply chains under market demand disruption.**

##### **▪ Motivación del Autor**

La motivación del autor consiste en investigar la flexibilidad de asignación para la cadena de suministro y la eficacia de las múltiples estrategias de gestión de riesgos.

Hoy en día son estudiados los tipos de flexibilidad como el volumen, la mezcla de la flexibilidad de productos y la flexibilidad en la entrega. El autor se enfoca más en la

investigación de la flexibilidad de asignación de la cadena de suministro de agronegocios bajo la interrupción de la demanda del mercado; ya que es el concepto menos estudiado.

▪ **Descripción del aporte del autor**

Desarrollar un modelo de múltiples períodos de optimización de múltiples productos básicos para analizar el riesgo de interrupción de la demanda del mercado en las cadenas de suministro agroindustriales. Es necesario mencionar, que una formulación de optimización robusta se utiliza para obtener soluciones con aversión al riesgo para la combinación de un objetivo esperado y el riesgo.

Adicionalmente el autor buscar presentar resultados numéricos para un estudio de caso de la vida real de la cadena de suministro de los kiwis Zespri.

▪ **Proceso para resolver el problema**

Se desarrolló un algoritmo de creación de redes para generar la red de transbordo con sus correspondientes nodos y arcos. El algoritmo se utiliza en la formulación del modelo basado en la red.

Los arcos de la red definen todas las variables de suministro, logística (es decir, inventario y envío) y ventas. Dependiendo de la selección de estrategias de RM, estas variables pueden ser limitadas o fijadas como cero (es decir, eliminadas efectivamente de la consideración). La red de salida resultante se puede utilizar para desarrollar el modelo basado en red, según sea apropiado para la red con una formulación de programación lineal de enteros mixtos.

Para la realización de la investigación se realizaron los siguientes pasos:

1. Agregar el conjunto de nodos.
2. Agregar nodos de suministro para cada ubicación de suministro, producto y período en el que hay suministro para ese producto en ese período o en períodos anteriores en algunos escenarios y estrategia de la AR.

3. Añadir arco de alimentación entre la fuente y el nodo de alimentación (ubicación de suministro, de los productos básicos, periodo) en el que hay suministro de ese producto en ese período en algunos escenarios y estrategia de la AR.
4. Añadir nodos de demanda para cada ubicación de la demanda, de los productos básicos, y el período en el que no es o bien de alimentación para ese producto en el periodo, menos tiempo de espera, o periodos anteriores en algunos escenarios y estrategia de la AR.
5. Los nodos intermediarios e indirectos / Arcos generación directa un bucle sobre todos los pares de nodos de oferta y demanda en el que un envío entre los nodos podría tomar lugar (es decir, con la misma materia prima y cuando período de demanda es período de suministro plus-tiempo de espera).

▪ **Resultados**

Las medidas comparadas son: el beneficio esperado bajo la interrupción de la demanda del mercado. El rendimiento en el escenario base se mejora en un 2%, mientras que el rendimiento bajo interrupción tiene solo una pequeña mejora).

Bajo este experimento, se tiene en cuenta las interrupciones simultáneas de la demanda, tanto en los chinos (que pierden el 80% de la capacidad de venta) y japonesa (pérdida del 40% de la capacidad de venta) de los mercados período de 5 en adelante.

Muestra, por DM moderadamente con aversión al riesgo, que el rendimiento esperado mejorada por 5,02% y la medida de riesgo agravado por el 18,05%. La mejora en el rendimiento esperado es mayor (es decir, 5,04% en comparación con 3,04%), pero la reducción en el riesgo es ligeramente menor (es decir, 18,05% en comparación con 19,59%). Sin embargo, las estrategias de RM seleccionados son los mismos. RM es más beneficioso en virtud de las perturbaciones del mercado simultáneas debido a una mayor

diferencia en el rendimiento entre la línea de base y el escenario de interrupción

### **1.3.2.9. Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management**

#### **▪ Problema:**

La planificación de materiales actualmente es un tema que presenta la mayoría de las empresas, por lo cual buscan herramientas o métodos que les pueda ayudar a determinar cuáles son las cantidades necesarias en el abastecimiento de materiales ante las necesidades de la demanda. Es importante mencionar que la planificación de materiales tiene el propósito de tener los materiales requeridos en el momento oportuno para cumplir con las demandas de los clientes.

#### **▪ Propuesta del autor:**

El autor propone la aplicación del método DDMRP, es un método de administración de material. Esencialmente, DDMRP representa un replanteamiento de la lógica básica MRP. Incorporando elementos extraídos de Lean Systems y la Teoría de las restricciones. DDMRP modifica la lógica de MRP básica para que pueda satisfacer mejor al cliente. Este método sirve para demandas que se vuelven cada vez más exigente, turbulento y dinámico.

#### **▪ Diseño y desarrollo:**

En primer lugar, se desarrolló la generación de datos; los factores fundamentales para ello fueron: el método de planificación y el nivel de variabilidad de la demanda. Se han simulado con demanda de variabilidad baja y alta. En teoría, la baja variabilidad de la demanda es el entorno donde MRP II y Kanban deben ser eficientes. Por lo tanto, los tres métodos deben tener resultados satisfactorios que sean cercanos el uno al otro.

Estadísticamente, los resultados se analizaron utilizando un ANOVA factorial completo univariado, donde hubo tres efectos principales (planmeth, demvar y rep (que representan los CRN utilizados en  $n = 40$ )) y un efecto de interacción bidireccional. La

variable independiente, rep, se trató como un factor de bloqueo, lo que significa que solo se evaluó como efecto principal para determinar si los resultados fueron influenciados por el flujo de números aleatorios específicos. Después de ejecutar cada ANOVA, se realizó una comparación por pares en el método de planificación para determinar si había diferencias en el rendimiento entre los métodos de planificación y para identificar posibles familias. Las familias consisten en dos o tres métodos de planificación donde no hubo una diferencia significativa en el rendimiento entre los métodos.

▪ **Resultados:**

Los resultados de las 240 ejecuciones de simulación apuntan a algunos hallazgos interesantes iniciales. En primer lugar, el DDMRP parece dominar los otros dos métodos independientemente del nivel de variabilidad de la demanda. Para los casos de baja variabilidad de la demanda, este hallazgo es sorprendente porque este entorno es el más propicio para un sistema tales como Kanvas / Lean. Segundo, el MRP II es el menos efectivo en términos de rendimiento. Tercero, cuando la variabilidad de la demanda aumenta, el rendimiento de los tres métodos se ve afectado negativamente. Sin embargo, de nuevo, DDMRP es menos influenciado, sin embargo, tiene un promedio de WIP ligeramente menor que el DDMRP (con una gran variabilidad de la demanda). Los resultados indican que la selección del método de planificación es importante y que la efectividad del método de planificación está influenciada por el nivel de variabilidad de la demanda. Si bien estos resultados son importantes, se necesita realizar comparaciones mediante pruebas de ANOVA; con el fin de responder ante la pregunta de investigación: ¿representa el DDMRP una mejora significativa en la planificación? Los resultados para la primera variable dependiente, Promedio OTD, encontramos que el primer contraste entre Kanvas y DDMRP es negativo y significativo; esto significa que, el promedio OTD promedio para DDMRP fue superior a la generada por Kanvas; y esta diferencia fue

significativa. Si este contraste hubiera sido positivo, habría indicado que Kanvas se desempeñó mejor que DDMRP.

- **Conclusión:**

Las actividades de la Gestión de la Cadena de Suministro se están volviendo más dinámicos. En consecuencia, se genera la necesidad de desarrollar y evaluar sistemas que puedan ayudar a las empresas y a gestionar mejor con las exigencias del entorno. En el estudio, se enfocó en alternativas nuevas; por ejemplo, el enfoque DDMRP. Cuyo concepto ha sido descrito y se ha comparado con los enfoques como Kanban, Lean y MRP II.

El DDMRP es emocionante, ya que representa el primer replanteamiento importante de la lógica y enfoque de MRP desde que se introdujo por primera vez la lógica. Es un enfoque integrador que se basa en las mejores características de los enfoques como TOC, MRP, Six Sigma y Lean. Consecuentemente, conceptualmente y desde una perspectiva de resultados.

Ante ese estudio, el autor espera que otros investigadores exploraren más a fondo de este nuevo desarrollo para evaluar sus límites, si en caso los hay, para comprender mejor cómo los diversos aspectos de su lógica y enfoque influyen en el rendimiento.

#### **1.3.2.10. Value Stream mapping approach and analytical network**

##### **process to identify and prioritize production system's Muda.**

- **Objetivo**

La investigación actual se ha realizado para identificar y priorizar los Mudass de la línea de producción de una empresa de fabricación de prendas de fibra natural; de esta manera, se ha utilizado la asignación de flujo de valor para identificar los Mudass, luego se ha utilizado el método de jerarquía analítica para seleccionar los Mudass.

- **Proceso para resolver el problema**

En el primer paso, la información necesaria para diseñar el flujo de valor del proceso

de producción se obtuvo mediante observación, medición y entrevista; luego, de acuerdo con la información obtenida y formando un grupo focal, Mudras en la línea de producción han sido identificados y priorizados de acuerdo con siete categorías de Mudras. Para dar prioridad a los Mudras mediante el uso del método de jerarquía analítica, se ha aplicado el software super decisión. Luego, de acuerdo con las prioridades obtenidas, se ha elaborado un mapa del futuro sistema de valores y se han presentado algunas sugerencias para eliminar Mudras y avanzar hacia la manufactura esbelta.

### 1.3.3. Resultados

- **P1: ¿Qué metodologías y herramientas logran una adecuada gestión y control, de la producción en una empresa perteneciente al sector de construcción?**

Tabla 17: Resultados Pregunta de Investigación 1

Enfoques	Descripción	Referencia
Lean Manufacturing (LM)	Lean manufacturing ayuda en la integración de un sistema simplificado y de alta calidad, con el objetivo de aumentar la productividad, reducir los sobrecostos costos, acortar los plazos de entrega y obtener una mayor flexibilidad de volumen en la fabricación de productos o la prestación de servicios.	S. Mahendran, A. Senthil Kumar, (2018)
Just in Time	En los casos de análisis, JIT se encarga de eliminar despilfarros, lo cual implica eliminar toda aquella actividad que no añade valor al producto final, y de esta manera, reducir costos, mejora la calidad del producto, y aumenta el nivel de servicio al cliente.	Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem & Isidore C. Ezema (2018)

Según los artículos sustentados, la metodología para una adecuada gestión y control es Lean Manufacturing, que busca eliminar actividades que no aportan valor y que busca realizar constantemente mejora continua. A esta metodología se complementa la metodología Just in Time que define la forma de optimizar un sistema de producción busca entregar materias primas o componentes a la línea de fabricación de forma que lleguen “justo a tiempo” a medida que sean necesarios. Se logra realizando un estudio detallado en el proceso e incorporando modificaciones

radicales en las herramientas, máquinas e incluso el propio producto, con el fin de disminuir tiempos de preparación.

Además, de debe contemplar para la gestión y control, las filosofías TPM y TQM. La filosofía TPM busca integrar el departamento de mantenimiento y el departamento operativo para mejorar la productividad y la disponibilidad; además, espera cero averías, cero tiempos muertos en las Maquinarias, ceros defectos a un mal estado de los equipos y cero pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debido a una Maquinaria inoperativa. En el caso de la filosofía TQM, tiene como principio el control de calidad que asegura únicamente que los productos que no cumplen con las especificaciones necesarias no lleguen al cliente, el enfoque en evitar el retrabajo y los desperdicios desde el momento cero.

- **P2: ¿Qué modelos de mejora de procesos productivos existen para la reducción de desperdicios y que consecuencias se generan tras su implementación?**

Tabla 18: Resultados Pregunta de Investigación 2

Enfoque	Descripción	Referencia
Lean manufacturing	Metodología que se enfoca en la minimización de desperdicios, que tiene como fin mejorar y optimizar el sistema de producción y busca eliminar o mitigar las actividades que no agregan valor en el proceso de productivo. Esta metodología se basa en los siguientes sistemas de producción: Kaizen, TQM, JIT, TOC y Reingeniería de procesos.	S. Mahendran, A. Senthil Kumar, (2018)
PDCA	El PDCA asegura la estabilización de procesos, ya que es la forma más efectiva para lograr una mejora de la eficiencia y calidad en una organización. En los casos de estudio se demostró que la implementación de la metodología TQM para la gestión total de la calidad aumentó la eficacia y la eficiencia de la empresa en análisis.	Martin Pech, Drahoš Vaněček (2018)

Fuente: Elaboración Propia

Los modelos que existen para la reducción de desperdicios; principalmente es la metodología Lean Manufacturing, la cual está enfocada en la eliminación de los

desperdicios que no generan valor al proceso ni al producto. Según los autores Hernández y Vizán, la metodología está enfocada en eliminación de 8 principales desperdicios; los cuales son: tiempo de espera, sobreproducción, almacenaje y transporte, sobre procesos, movimiento, inventario, defectos y desaprovechamiento de la capacidad de las personas. (Hernández.J.C., & Vizán. A., 2013).

Las consecuencias que generan su implementación son totalmente positivas; como la contribución a la mejora de la productividad al desechar procesos productivos, mayor satisfacción del cliente, reducción de costos y reducción de inventarios. Para obtener esos resultados cada empresa debe aplicar la filosofía Lean Manufacturing en función de sus experiencias, características, personal, mercado y objetivos, tanto a corto como a medio plazo; además, debe elaborar un plan de implementación con objetivos acotados; seleccionando e implantando, paso a paso, las técnicas más adecuadas para su desarrollo eficiente de la filosofía. (Hernández.J.C., & Vizán.A., 2013).

- **P3: ¿La implementación de herramientas de mejora de procesos de producción contribuyen de manera significativa en la productividad de una empresa?**

Tabla 19: Resultados Pregunta de Investigación 3

Enfoque	Consideraciones para la implementación	Referencia
Lean manufacturing	El autor menciona que la metodología Lean Manufacturing trata de eliminar o reducir las actividades que no agregan valor al producto, ya que son las que no aportan en nada al cliente, ni tampoco contribuyen en el proceso productivo. Este tipo de actividades hacen que el proceso productivo sea menos eficiente y por ende, al eliminarlas el tiempo de ciclo total se verá reducido. Con lo anteriormente mencionado se puede asegurar que la capacidad de producción aumentara y por ende la productividad de la empresa	S. Mahendran, A. Senthil Kumar, (2018)

Pensamiento Lean	La implementación del pensamiento Lean crea un desafío, puesto que las variaciones existentes y los cambios bruscos en las empresas, sugiere que se debe ser flexible y receptiva al cambio, si es que se quiere perdurar en el mercado. Por lo tanto, Lean es una forma efectiva de mejora para la gestión total de una empresa en un contexto de desarrollo. Adicionalmente, en un contexto de fabricación, Lean mejora aspectos como el rendimiento, reducción de sobre costo, eliminación de desperdicios y agilización en el tiempo de entrega.	S. Mahendran, A. Senthil Kumar (2018)
TQM	Para lograr una implementación exitosa del TQM en una empresa es necesario aprender enfoques de calidad, debido a la estructura de los empleados, los nuevos sistemas operativos, la capacitación del personal y la mejora continua. Así de esta manera, lograr un alto nivel de competitividad empresarial en términos de calidad y costo.	Martin Pech, Drahoš Vaněček (2018)

Fuente: Elaboración Propia

Según los artículos sustentados, la implementación de las herramientas de mejora de procesos de producción contribuye de manera significativa en la productividad de una empresa; ya que permiten identificar los puntos de mejora y las actividades que agregan o no agregan valor al producto. Todas estas identificaciones, conllevan a analizar y buscar soluciones para eliminar las actividades que no aportan valor; de ese modo incrementar la productividad de las empresas, la eficiencia empresarial y aumentar su competitividad.

El enfoque de mejorar continúa en los procesos, y la aplicación de herramientas adecuadas trae consigo beneficios como aumentar la capacidad de atención de la demanda, mayor flexibilidad en el volumen de pedidos y la capacidad de extenderse a nuevos mercados.

- **P4: ¿Qué metodologías y herramientas existen para lograr una adecuada gestión de planeamiento de recursos operativos?**

Tabla 20: Resultados Pregunta de Investigación 4

Estrategia / Metodología	Descripción	Referencia
Lean Manufacturing	Con la eliminación de los desperdicios: sobreproducción, sobre procesamiento, defectos y movimientos innecesarios se está reduciendo la utilización excesiva de los recursos operativos.	S. Mahendran, A. Senthil Kumar, (2018)
MRP I y MRP II	El MRP I aportará a la empresa analizada un método de control del abastecimiento, el cual permitirá conocer las fechas de emisión, pedido y recepción de los materiales para evitar atrasos o paradas en la producción. Por otro lado, el MRP II distribuirá correctamente la capacidad de producción, junto con la materia prima y operarios para cumplir con la mayor cantidad de pedidos.	Romain Miclo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018)

Fuente: Elaboración Propia

Según los autores, para poder realizar una adecuada planificación de recursos se debe aplicar la metodología Lean Manufacturing, teniendo como enfoque la eliminación de los desperdicios que se encuentran en la empresa. Para el éxito del funcionamiento de esta metodología se debe trabajar conjuntamente con la realización de ciertas herramientas. En primer lugar, se debe desarrollar el “Plan Agregado de producción”, el cual es un método para definir la cantidad de producción y su desarrollo a mediano plazo; en este plan agregado se determina la fuerza laboral, la cantidad de producción y los niveles de inventarios con el fin de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a mediano plazo. En segundo lugar, se debe utilizar la herramienta “Plan Maestro de Producción” que ayuda a determinar la cantidad a producir de cada artículo, así como el momento en que se debe comenzar dicha producción. En tercer lugar, se debe realizar un planeamiento de materiales con la herramienta MRP, que tiene como

objetivo controlar y coordinar los materiales para que estén disponibles cuando se necesiten y sin necesidad de tener un inventario excesivo. Por último, se debe realizar el cálculo del lote económico de compra, que ayuda a definir cuál es la cantidad óptima de compra que se debe realizar de un material de tal manera que el costo de posesión del inventario y el costo de la elaboración del pedido, sean lo menor posible.

#### **1.3.4. Conclusiones**

En el presente trabajo de investigación se encontraron diversos artículos académicos, y fueron priorizados los que pertenecen al contexto del sector o los que están relacionados a la problemática de la empresa en estudio. Se plantearon cuatro preguntas de investigación presentadas anteriormente en el estado del arte.

Las conclusiones están relacionadas con las preguntas planteadas vinculadas en el análisis de la revisión de la literatura de los Papers seleccionados.

En primer lugar, se le da respuesta a la pregunta 1. Aquí se investigó artículos científicos, los cuales demuestran que mediante la aplicación de la metodología Lean Manufacturing junto con sus herramientas se puede lograr una mejora en la gestión y control del suministro y producción de una empresa pequeña o mediana.

En segundo lugar, se tiene respuesta a la pregunta 2. Para ello, se identificaron cuáles son los modelos de mejora de procesos productivos que existen para la reducción de desperdicios. Como resultado obtuvimos el modelo de mejora Lean, el cual elimina los 3 desperdicios identificados en nuestro caso de estudio, los cuales son: tiempo de espera, procesos inadecuados y defectos. Junto con ello, se planteó la metodología de PDCA como un modelo a seguir para la mejora continua.

En tercer lugar, tenemos la respuesta a la pregunta 3. Con la revisión de la literatura de los artículos científicos enfocados a la pregunta 3, se llegó a la conclusión de que con ayuda de las herramientas de calidad, herramientas de

planeamiento y herramientas de medición y control de tiempos se puede influir significativamente en la productividad de una empresa, trabajando conjuntamente con una metodología de reducción de desperdicios como lo es Lean Manufacturing.

En cuarto lugar para responder la pregunta 4, se identificaron artículos científicos los cuales demuestran una reducción sustancial en la utilización de recursos operativos, disminuyendo de esta manera los sobrecostos. Además, con herramientas de control de abastecimiento de materiales, se pudo controlar las tardanzas en la llegada de materia prima para iniciar o continuar con la producción, junto con ello para una correcta distribución de la capacidad de la planta en cada caso de estudio, se propuso la utilización de la herramienta Capacity Requirement Planning para optimizar la disponibilidad de las máquinas de producción.

#### **1.4. Marco Normativo**

En esta parte del capítulo se mencionará sobre las condiciones técnicas requeridas para la fabricación de postes y accesorios de concreto armado; y sobre las normas ambientales que toda empresa debe considerar dentro de su fabricación.

##### **1.4.1. NTP 339.228: Norma Técnica Peruana para la elaboración de postes de concreto.**

Esta norma establece como características técnicas que los postes de concreto armado deben presentar un acabado superficial homogéneo; es decir, libre de fisuras, cangrejeras y escoriaciones. Estos defectos se pueden aceptar siempre y cuando el ancho de ellas sea menor a 0.1 mm. Otras de las características técnicas que debe presentar es que la relación de la carga de rotura y la carga de trabajo sea igual o mayor a 2.

Adicionalmente, los postes deberán llevar impreso la marca o nombre del fabricante y la designación del poste donde se indique la longitud en metros( $l$ ), la carga de trabajo( $daN$ ) con coeficiente de seguridad, diámetro de la cabeza del poste( $d$ ) en mm y

diámetro de la base(mm). Estos datos deben presentarse en los productos de manera legible y en lugar visible.

La carga de trabajo, la cual es denominada como la carga máxima a la cual puede ser sometido el poste sin que se presenten deformaciones superiores, varía de acuerdo a la longitud de los postes, estas cantidades son especificadas en la siguiente tabla:

Tabla 21: Carga de Trabajo de los Postes con respecto a su longitud

Longitud de postes	Carga de trabajo
Postes de 8,9 y 11 m	300 kg
Postes de 13,15 y 18 m	400 kg
Postes de 25 m	700 kg

Fuente: Fabinco, 2014

En el [Anexo 1](#) y [Anexo 2](#) se pueden observar las especificaciones técnicas de manera más detallada.

#### **1.4.2. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (N° 29783)**

La ley asegura la obligación del Estado en establecer una política de prevención de riesgos laborales y vigilar su cumplimiento. Además del deber de los empleadores de identificar, evaluar, prevenir y comunicar a sus trabajadores los riesgos en el trabajo; y el derecho de los trabajadores a estar informados de los riesgos que presentan las actividades que realizan. (MINAM, 2016)

“Esta ley busca crear las condiciones que aseguren el control de los riesgos laborales, mediante el desarrollo de una cultura de la prevención eficaz; en la que los sectores y los actores sociales responsables de crear esas condiciones puedan efectuar una planificación, así como un seguimiento y control de medidas de seguridad y salud en el trabajo; con el objeto de promover una cultura de prevención de riesgos laborales a través del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales”.(MINAM,2016).

### **1.4.3. Ley N° 23407: Ley General de Industrias**

La ley tiene como objetivo controlar que las empresas industriales realicen su proceso de producción sin perjudicar el medio ambiente o modificar el equilibrio de los ecosistemas. (MINAM, 2008).

### **1.4.4. Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos**

Establece obligaciones, derechos, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para garantizar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud; y el bienestar de la persona humana. (MINAM, 2000).

La ley indica que todo generador está obligado a acondicionar y almacenar en forma segura, sanitaria y ambientalmente adecuada los residuos, previo a su entrega a la municipalidad, para continuar con su manejo hasta su destino final.

### **1.4.5. Ley N° 28611: Ley General del Ambiente**

“La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente; así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país”. (MINAM, 2013)

## **CAPÍTULO II – DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se describirá acerca de la situación actual de la empresa Postes Sullana, empresa que se encuentra dentro del sector de construcción, la cual realiza la fabricación de postes y accesorios de concreto armado. Además, el objetivo de este capítulo es identificar el problema más relevante dentro de la empresa, con dicha información, analizar las causas raíces que ocasionan dicha problemática y el grado de relación que presentan con el problema central identificado.

### **2.1. Entorno Construcción**

El sector de construcción es un sector dinámico debido a que sus actividades se encuentran relacionadas a otras industrias, es por ello que su desarrollo se asocia con el crecimiento del país. Este sector, además, presenta una variabilidad en su desarrollo, y esto se debe directamente a que depende de la inversión pública y privada que se asigne para el desarrollo de proyectos. Esta dependencia, genera el riesgo principal del sector; sin embargo, no existe un retroceso en su desarrollo ya que cada vez se necesitan infraestructuras en el país.

En el primer semestre del 2018 se presentó un crecimiento en 5.04%. El motivo de ello, fue una evolución en el avance físico de obras en 8.65% por el incremento de la inversión del Gobierno Regional en 20.86%, Gobierno Local en 6.39% y Gobierno Nacional en 2.94%. (INEI, 2018).

A lo largo de los años, el PBI y la cantidad de obras de construcción han presentado un crecimiento positivo, esto genera a que nuevas empresas (Pymes) surjan, ya sea de construcción de viviendas, obras públicas, o elaboración de productos provenientes del concreto (Lucidez, 2019).

Hoy en día, el problema principal de las empresas Pymes es la baja competitividad. Esto se origina principalmente a que no cuentan con una gestión global adecuada en toda la organización y no presenten un enfoque hacia la mejora de sus procesos.

Estos problemas repercuten en los incumplimientos de entrega de obra o pedidos en la fecha programada con el cliente afectando negativamente la rentabilidad de la organización, ya sea por penalidades de incumplimientos de pedidos o por exceso de sobrecostos operativos.

## **2.2. Descripción de la Empresa**

Industria de Postes Sullana S.A.C. es una empresa que cuenta con una vasta experiencia en el rubro de la manufactura, especialmente en los procesos de fabricación de postes y accesorios de concreto armado, siendo su principal fin obtener productos para usos de redes eléctricas. Postes Sullana S.A.C. es una empresa con más de 40 años en el mercado, pues funciona desde el año 1984, siendo una empresa familiar y con altas metas de crecimiento. Comenzaron con una sede en la provincia de Sullana, pasando posteriormente a una planta en el Callao, la cual tuvo que dejar de funcionar por fines municipales, llegando así a ocupar la planta en Lurín en la que se ubican actualmente. La empresa dispone normalmente de 20 operarios de planta (cantidad puede aumentar en picos demanda) y 15 operarios fijos con funciones administrativas, los cuales trabajan de lunes a viernes 8 horas diarias con un intermedio de 1 hora de refrigerio. Postes Sullana S.A.C. se posee sucursales en 5 departamentos del Perú, los cuales son: Lima (Planta Principal), Loreto, Piura, Tacna y Puno. La sucursal de Lima ubicada exactamente en el distrito de Lurín cuenta con más de 3200 m<sup>2</sup> y está ubicada en el Pasaje las Palmeras – Mz. D Lote 20, Urbanización Buena Vista, Lurín.

Tabla 22: Ficha Técnica de Postes Sullana S.A.C.

RAZÓN SOCIAL	POSTES SULLANA S.A.C.
RUC	20113020254
Gerente general	Alejandro Aspilcueta Motta.
Actividad	Fabricación de Postes y accesorios de concreto.
Rubro	Manufactura.
Ubicación	Pasaje Las Palmeras - Mz D Lote 20 Urb. Buena Vista, Lurín
Teléfono	367-3842

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

### 2.2.1. Ubicación

Postes Sullana S.A.C. se encuentra ubicada en la ciudad de Lima, en el Pasaje Las Palmeras - Mz D Lote 20 Urb. Buena Vista, Lurín.

Figura 17: Ubicación de Postes Sullana S.A.C.



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

### 2.2.2. Misión

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes en cuanto a su necesidad de postes y accesorios de concreto a un precio tentativo y con altos estándares de calidad que son los que el producto requiere.

### 2.2.3. Visión

Ser a empresa líder a nivel nacional en la venta de postes y accesorios de concreto, logrando a su vez implementar nuevas tecnologías y siempre la mano con el medio ambiente y la comunidad.

### 2.2.4. Productos

Postes Sullana S.A.C fabrica diversos productos a base de concreto, entre los cuales se tienen:

**Postes de Concreto Armado:** Producto principal de la empresa. Posee diversas presentaciones y varían en su largo (desde 7 metros hasta 28 metros) y en su diámetro de base (desde 0.20 metros hasta 0.63 metros). Estos productos son producidos en medidas estándares o también con especificaciones proporcionados por los clientes.

Tabla 23: Postes de Concreto Armado - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Longitud	m	7 - 28
	Diámetro Interior	mm	120 - 150
	Recubrimiento de Concreto	mm	45
	Carga de prueba vertical	kg	70 - 220
	Coefficiente mínimo de seguridad	-	5.5
	Proceso de Fabricación	-	Moldeado

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

**Pastorales de Concreto:** Soporte de luminarias en redes de alumbrado público, instalando en la punta de los postes para alumbrado de calles, avenidas y en áreas verdes.

Tabla 24: Pastorales de Concreto - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Longitud	m	1.50
	Diámetro Interior	mm	120 - 150
	Recubrimiento de Concreto	mm	15
	Carga de trabajo vertical	kg	30
	Carga de trabajo horizontal	kg	20
	Coefficiente mínimo de seguridad	-	2.5
	Proceso de Fabricación	-	Vibrado

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

**Crucetas Simétricas y Asimétricas de Concreto Armado:** Para la instalación de aisladores tipo PIN o de suspensión en estructuras de alineamiento, ángulo y anclaje de líneas aéreas. Sirven también como soporte de reflectores para iluminación y de cámaras de seguridad.

Tabla 25: Crucetas Simétricas de Concreto Armado - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Longitud	m	1.20 - 3.00
	Diámetro Interior	mm	Según el poste
	Recubrimiento de Concreto	mm	15
	Carga de trabajo vertical	kg	300 - 1000
	Carga de trabajo horizontal	kg	300 - 400
	Coefficiente mínimo de seguridad	-	2
	Proceso de Fabricación	-	Vibrado

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

Tabla 26: Crucetas Asimétricas de Concreto Armado - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Longitud	m	1.50 - 2.00
	Longitud de brazo mayor	mm	0.90 - 1.20
	Longitud de brazo menor	mm	0.60 - 0.80
	Carga de trabajo vertical	kg	100
	Carga de trabajo horizontal	kg	250
	Coefficiente mínimo de seguridad	-	2
	Proceso de Fabricación	-	Vibrado

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

**Palomilla:** Fabricado para la unión de dos Postes de Concreto.

Tabla 27: Palomillas de Concreto - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Longitud	m	1.50 - 3.00
	Diámetros Interiores	mm	Según el poste
	Recubrimiento de Concreto	mm	15
	Carga de trabajo vertical	kg	150 - 300
	Carga de trabajo horizontal	kg	200 - 250
	Coefficiente mínimo de seguridad	-	2.5
	Proceso de Fabricación	-	Vibrado

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

**Accesorios para Fijación (Ladrillos Block):** Fabricado para construcción paredes y muros de concreto.

Tabla 28: Ladrillos Block - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Ancho	cm	10
	Alto	cm	3*
	Recubrimiento de Concreto	cm	20
	Rendimiento	Und/m2	50

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

**Ductos de concreto armado de 4 vías:** Fabricado para proteger conductores eléctricos y cableado subterráneo en los cruces de avenidas.

Tabla 29: Ductos de concreto de 4 vías - Especificaciones

Producto	Características	UM	Valores
	Ancho	m	0.3
	Alto	m	1.2
	Recubrimiento de Concreto	mm	15
	Diámetro de los agujero	mm	90

Fuente: Postes Sullana S.A.C.

### 2.2.5. Principales Proveedores

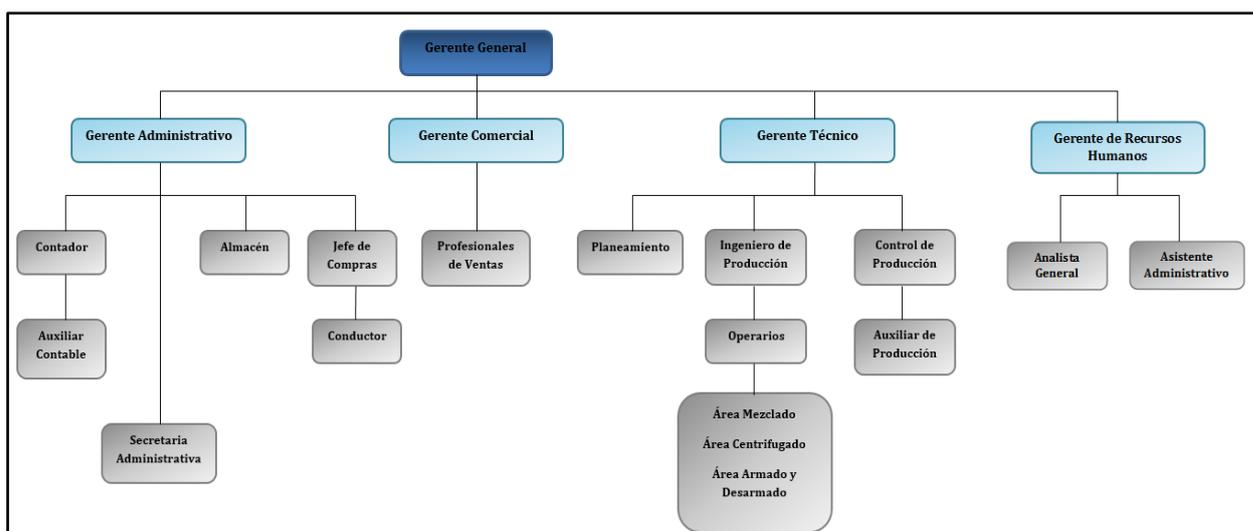
- **Cemensa:** Proveedor principal de cemento de la empresa Postes Sullana.
- **Macisa:** Segundo proveedor de cemento de la empresa Postes Sullana.
- **Aceros Arequipa:** Proveedor principal de tubos de acero de la empresa Postes Sullana.
- **Fierros Reycorp:** Segundo proveedor de tubos de acero de la empresa Postes Sullana.
- **Comasa:** Principal proveedor de alambres de la empresa Postes Sullana.

- **Churica:** Proveedor principal de agregados (arena y piedra chancada) de la empresa Postes Sullana.
- **Pesegne:** Segundo proveedor de agregados (arena y piedra chancada) de la empresa Postes Sullana.

### 2.2.6. Organigrama Corporativo

La empresa Postes Sullana S.A.C cuenta con un organigrama corporativo el cual está conformado por las gerencias principales, las cuales son el Gerente General, Administrativo, Comercial, Técnico y de Recursos Humanos. Asimismo, se puede visualizar las responsabilidades e involucramiento de cada uno de ellos. En la siguiente figura se puede visualizar claramente el organigrama corporativo.

Figura 18: Organigrama Corporativo de la empresa Postes Sullana SAC



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

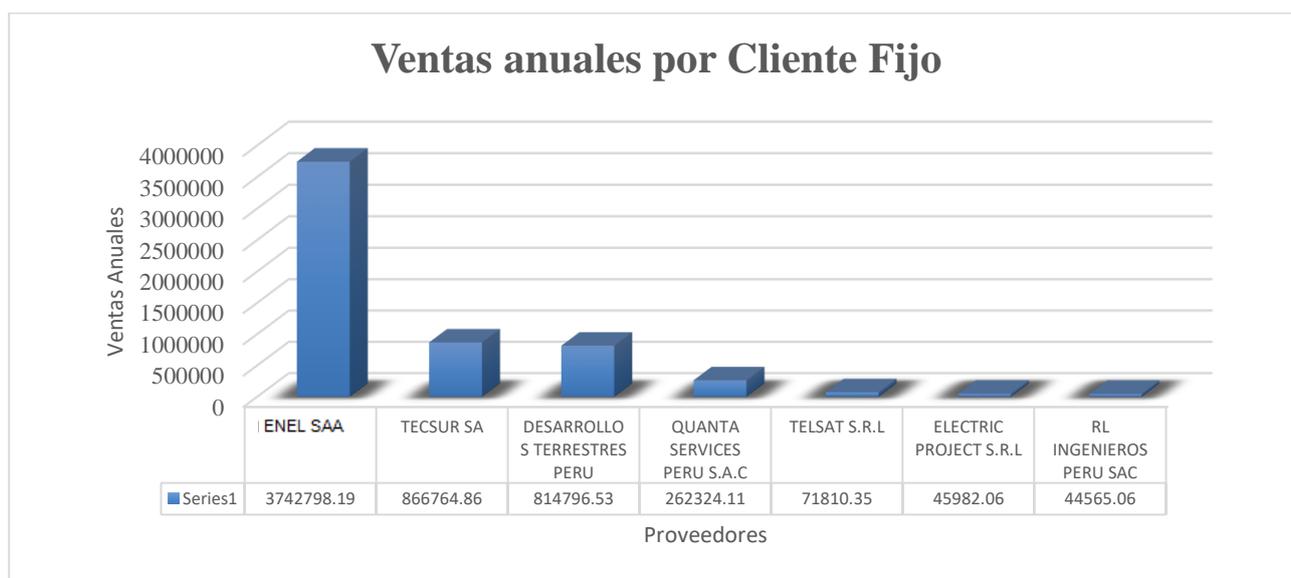
### 2.2.7. Clientes

Postes Sullana S.A.C cuenta con 21 clientes, los cuales están enfocados a la realización de proyectos ya sea en el sector público o privado. A continuación, se detallarán los clientes fijos y variables que presenta la empresa.

En el caso de los clientes fijos se encuentran: ENEL S.A.A, TECSUR S.A, DESARROLLOS TERRESTRES PERU, QUANTA SERVICES PERU S.A.C, TELSAT

S.R.L, ELECTRIC PROJECT S.R.L y RL INGENIEROS PERU SAC. Dichos clientes representaron en conjunto un total de S/. 5, 849, 041 (\$1,777, 824) en la facturación anual en el año 2018; lo cual representó el 94.2% de dicha facturación. Es importante mencionar que la facturación en dicho año fue de S/. 6, 211,389.77 (\$1, 887, 960).

Figura 19: Ventas Anuales por Cliente Fijo



Fuente: Datos de la Empresa POSTES SULLANA S.A.C.

Por otro lado, como clientes variables se encuentran:

- ORION INGENIEROS CONTRATISTAS SAC
- SCHREDER PERU SA
- TECNO REDES S.A
- OIEM SAC
- SINELCON PERU SAC
- SERVICIOS GENERALES V Y V INGS S.R.
- IFIT PERU SAC
- LUZ DEL SUR SAA
- ELECTRO DIESEL NOR ORIENTE SRL
- 4 T CONTRATISTAS GENERALES SA
- INSTELECT GROUP SA

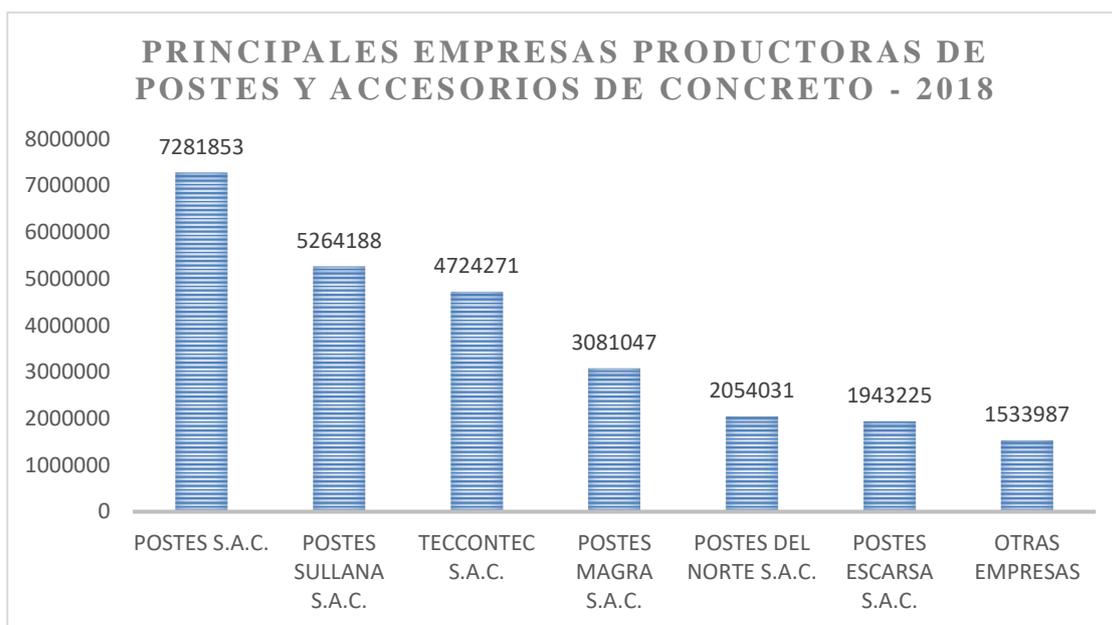
En el caso de los clientes mencionados representaron un total 362,348.61 (\$110,136.36), lo cual representa un 5.8% del total de facturación anual.

### 2.2.8. Principales Competidores

Postes Sullana S.A.C. compite principalmente con las siguientes empresas:

- TECCONTEC S.A.C.
- POSTES MAGRA S.A.C.
- POSTES DEL NORTE S.A.C.
- POSTES ESCARSA S.A.C.
- POSTES S.A.C.

Figura 20: Principales Empresas productoras de Postes y Accesorios de Concreto - 2018



Fuente: Asociación de Fabricadores de Concreto Premezclado

2.2.9. Layout de la empresa

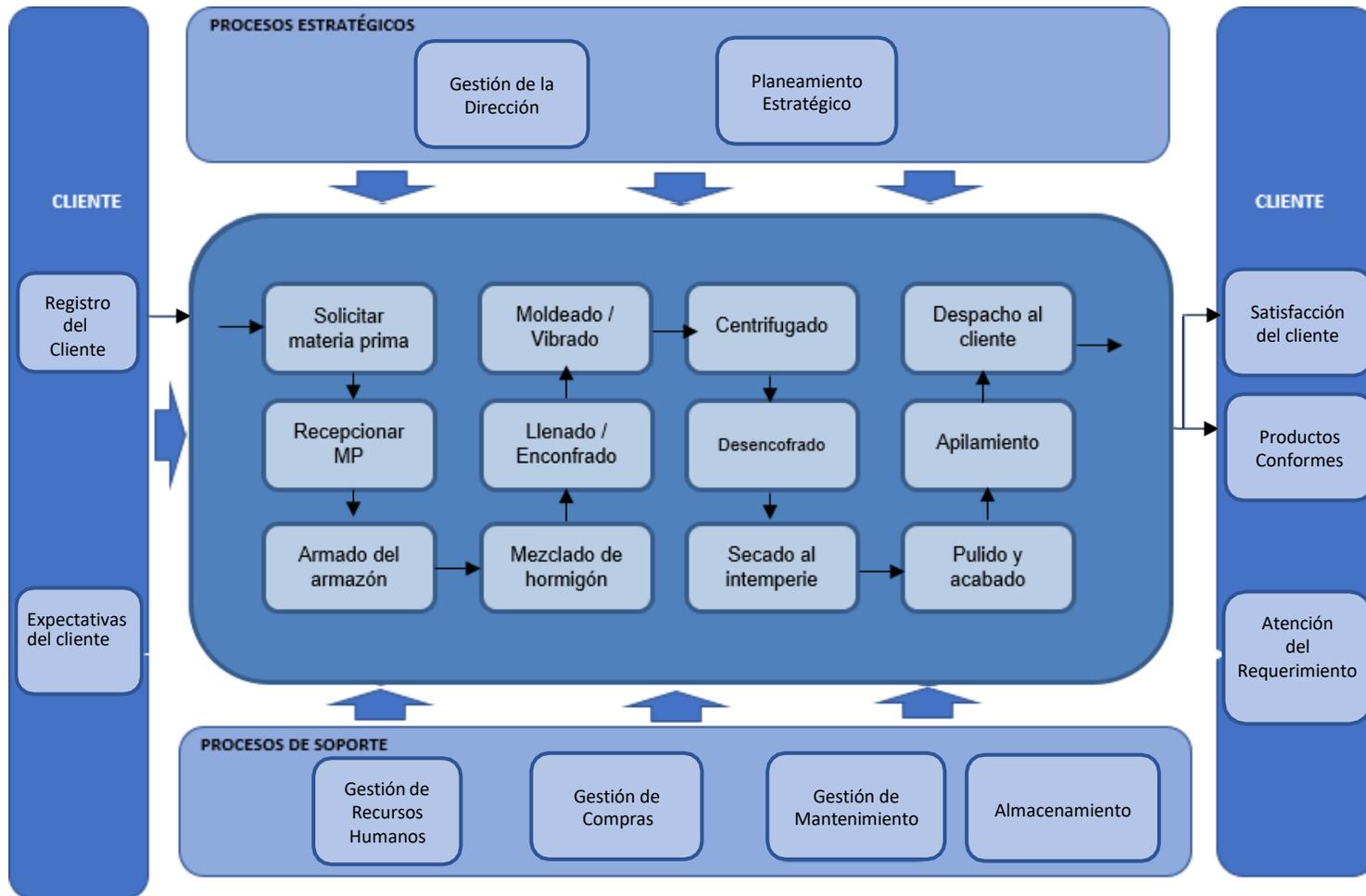
Figura 21: LayOut de la empresa Postes Sullana.



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.10. Mapa de Procesos

Figura 22: Interacción de procesos en Postes Sullana S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia.

Los procesos productivos, estratégicos y de soporte son identificados para la creación del mapa de procesos y con el fin de normalizar la creación de valor.

En la anterior figura se puede observar el mapa de proceso de la empresa Postes Sullana

### **Procesos estratégicos**

Son los procesos responsables de analizar las condiciones y las necesidades de la sociedad y el entorno en el que se desarrolla la empresa. En el presente caso se puede observar 2 procesos estratégicos, En primer lugar, la gestión administrativa, refiriéndose a la gestión de la documentación necesaria para la producción y venta de los postes y accesorios de concreto, y en segundo lugar, Control Financiero, ya que la empresa lleva un control de las ventas, compras y utilidades mediante data historia desde el año de su iniciación.

### **Procesos claves**

Los procesos clave son los cuales afectan directamente a la elaboración de los bienes y satisfacción del cliente. Cabe resaltar, que estos procesos son la parte fundamental de la organización, es por ello que se deben de manejar de la forma más eficiente posible. En estos procesos se encuentran todos los procesos de elaboración de los productos que serán entregados al cliente, desde que se solicita la materia prima, hasta que se realiza el pulido y acabado del poste o accesorio.

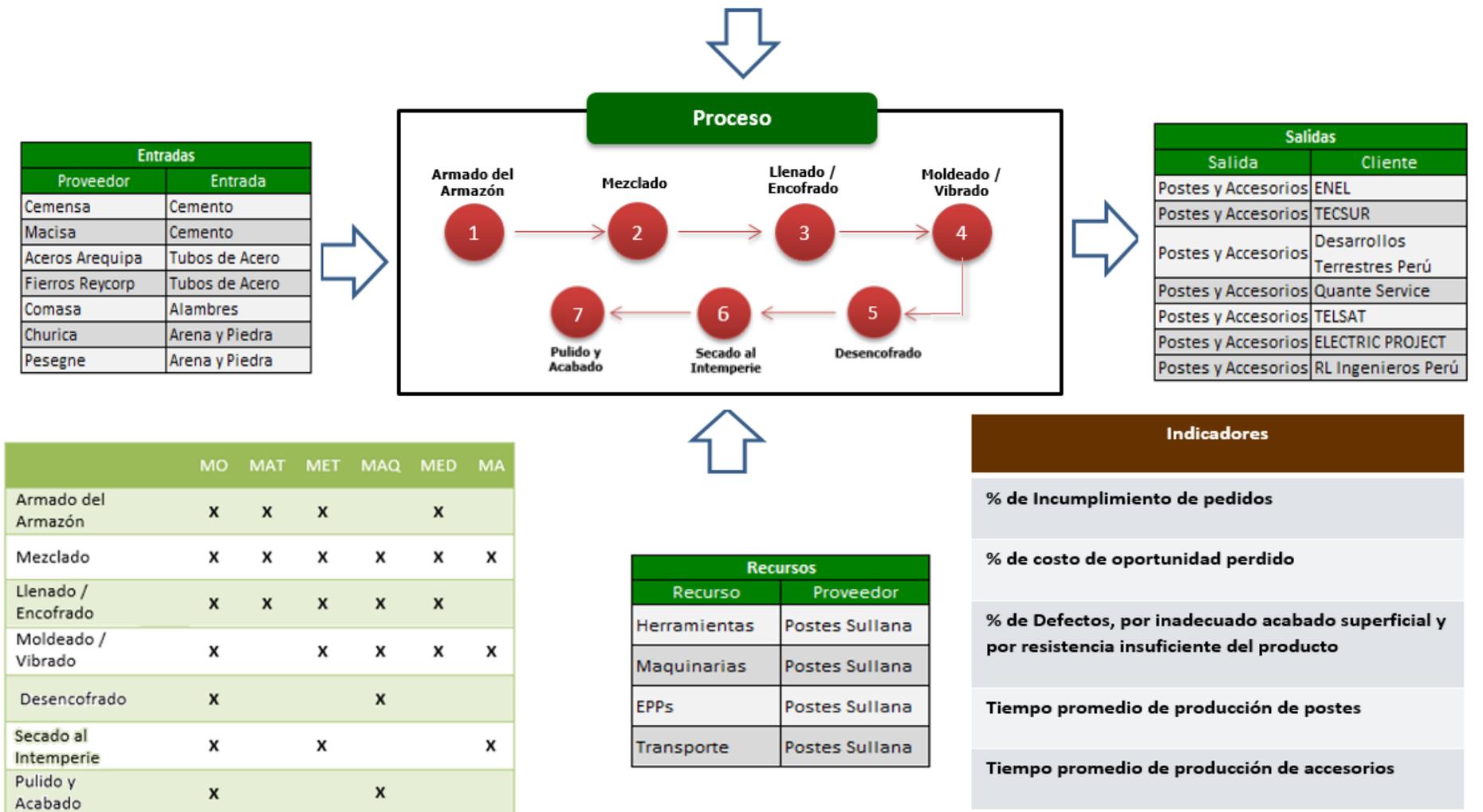
### **Procesos de soporte**

Los procesos clave son la parte fundamental de la cadena de suministro, se requiere también de estos procesos, ya que sin ellos los demás no podrían desempeñarse de manera eficiente. En el mapa de procesos se puede observar, a Recursos Humanos, Logística, Almacén y finalmente al proceso de mantenimiento reactivo que se le realiza a la maquinaria al presentarse una eventualidad de fallo.

Figura 23: SIPOC de la empresa Postes Sullana

2.2.11. SIPOC

CONTROLES		
C1: Personal fijo capacitado en la producción de postes de concreto (MO1)	C2: Verificación de la dosificación realizada para la producción de postes y accesorios (MET1)	C3: Política de mantenimiento de herramientas de trabajo
C4: Control del uso de EPPs en los operarios (MO2)	C5: Registro de defectuosos con fecha y motivo (MET2)	C6: Mantenimiento correctivo a las maquinarias

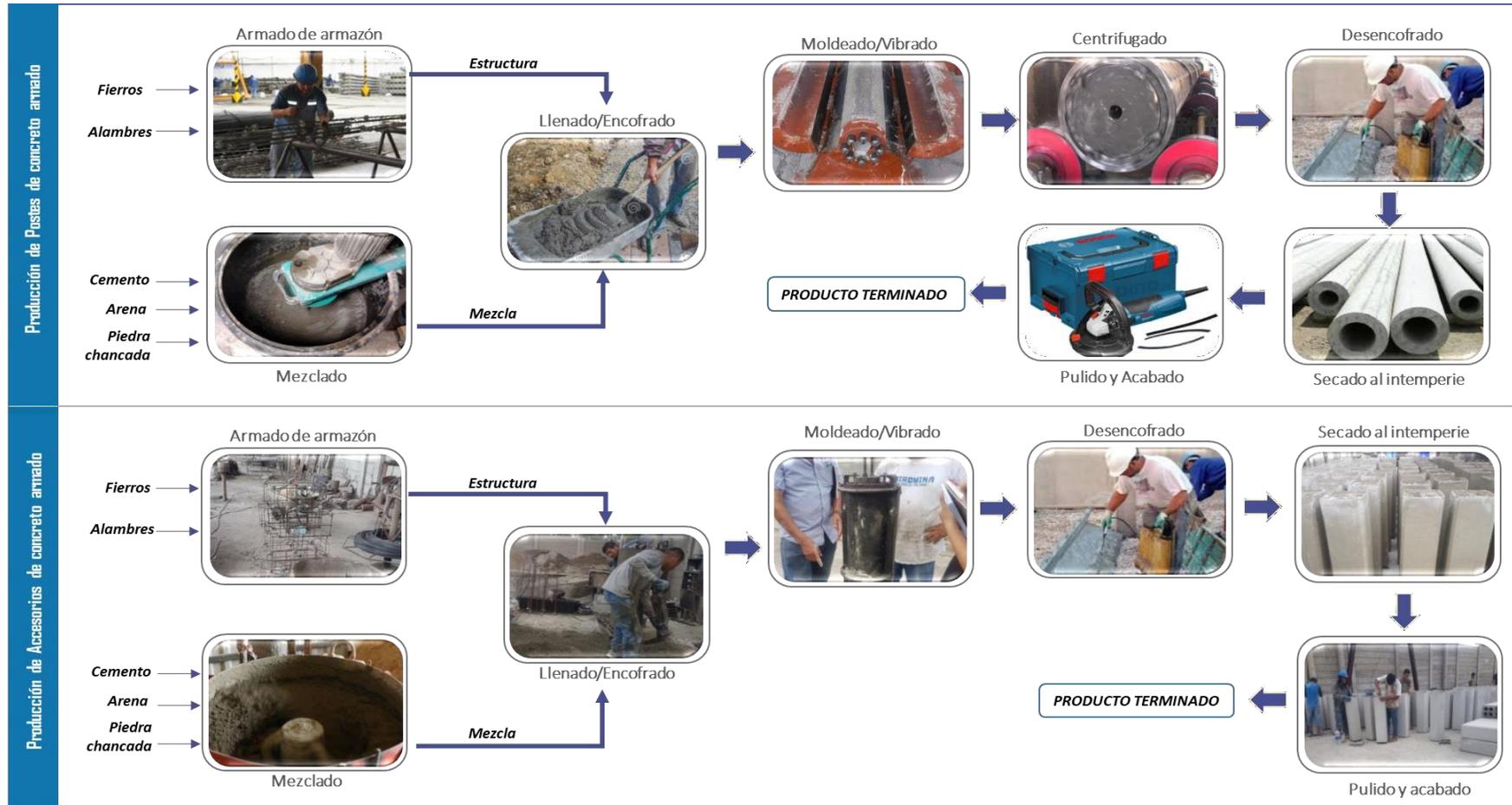


Mediante la herramienta SIPOC, se puede visualizar las entradas necesarias para la producción de los productos de concreto armado, estas entradas hacen referencia a los materiales de producción: cemento, arena, fierro, alambre y piedra chancada; además, se puede visualizar los proveedores de cada uno de ellos. Como se puede observar en el SIPOC los materiales son necesarios para iniciar el proceso de armado de armazón, y por ende todo el flujo de producción; en otras palabras, es fundamental que se presente la totalidad de los materiales para la producción de los pedidos ya que si no se dispone de uno de ellos no se podrá culminar con la elaboración de los productos. Por esta razón es importante que el almacén de materiales se encuentre abastecido con el fin de impedir retrasos en la producción. Se puede visualizar, además, que una vez elaborados los pedidos son entregados a los clientes, ya sean fijos o variables, clasificación que ya ha sido mencionado anteriormente.

Adicionalmente, se analizó para cada uno de los diferentes procesos de producción cuales eran los factores fundamentales que afectan su ejecución. Estos factores son: materiales, mano de obra, método de trabajo, maquinaria, medición y medio ambiente. Además, se muestra los controles necesarios que se debe realizar en el proceso productivo con el fin de que no presente problemas en la ejecución. Por ejemplo, uno de los controles es el mantenimiento de las maquinarias presentes en la producción, ya que si no se realiza un control de mantenimiento previo ocasionaría posibles paradas en las máquinas y tiempo muerto en los operarios. Por último, se muestra los indicadores fundamentales que debe presentar la empresa, estos indicadores se establecen con el fin de tomar medidas necesarias ya sea para aumentar o disminuir el porcentaje de ellas; según sea el caso, y se evite pérdida en el desempeño de la empresa. Por ejemplo, uno de los indicadores propuestos es el % de incumplimiento de pedido, para este caso se busca disminuir su índice de ese modo evitar el cobro de penalidades por el retraso en la entrega del pedido.

2.2.12. Diagrama de Bloques – Postes y accesorios de Concreto

Figura 24: Diagrama de bloques de postes y accesorios de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

### **2.2.13. Procesos Específicos**

#### **Proceso de Producción de Postes de Concreto Armado**

Postes Sullana S.A.C. produce postes de concreto armado de diversas medidas. La elaboración de estos productos inicia con el enmallado y preparación del molde de la medida correspondiente (metros). A la vez, se prepara la mezcla de materias primas por, y tras ello, se llena manualmente la mezcla al molde donde la duración dependerá del tamaño y largo del poste. Se deja reposar y se continúa con el centrifugado. Finalmente se ejecuta el desmontaje del molde y se realiza la verificación del producto para asegurar que el cableado pase a lo largo del poste. Cabe recalcar que no se cuenta con un almacén de postes de concreto terminados.

#### **Proceso de Producción de Accesorios de concreto**

Postes Sullana S.A.C. produce también accesorios de concreto. La elaboración de estos productos en general se podría describir de la siguiente manera: Mezclar los insumos necesarios para la elaboración de los accesorios destinados, luego de ello se procede a llevar a la mezcladora. Cuando la masa ya está uniforme se dirige al proceso de moldeado, donde por medio de vibraciones y con la utilización de moldes el concreto asumirá la forma requerida. Tras el secado, el siguiente paso es realizar el acabado superficial y pulido a cada accesorio donde luego se llevarán al almacén de productos terminados para su posterior venta.

En el **Anexo 3** y el **Anexo 4** se puede observar los Diagramas de Análisis de procesos de la producción de postes y accesorios de concreto armado respectivamente.

### 2.2.14. Máquinas de Producción

Mezcladora de Concreto para Postes: Máquina encargada de la elaboración del concreto, con la dosificación correspondiente para la producción de los postes de concreto armado.

Figura 25: Mezcladora de Concreto para Postes



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

Moldeadora de Concreto para Postes: Máquina encargada de moldear el concreto hasta obtener la forma del poste, seguido de la centrifugación correspondiente para la eliminación del agua en interior del producto.

Figura 26: Moldeadora de Concreto para Postes



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

Mezcladora de Concreto para Accesorios: Máquina encargada de la elaboración del concreto, con la dosificación correspondiente para la producción de los accesorios de concreto armado.

Figura 27: Mezcladora de Concreto para Accesorios



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

Máquina de Vibrado: Máquina encargada de moldear el accesorio correspondiente, repartiendo correctamente el concreto mediante el proceso de vibrado.

Figura 28: Moldeadora de Concreto para Accesorios



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

Moldeadora de Ladrillos Block: Máquina encargada de la elaboración de ladrillos Block, repartiendo correctamente el concreto mediante el proceso de vibrado.

Figura 29: Moldeadora de Ladrillos Block



Fuente: Postes Sullana S.A.C.

### 2.3. Identificación del Producto Patrón

Se traza como objetivo la identificación del producto patrón; debido a que la empresa en estudio presenta una familia de productos derivados del concreto. La identificación del producto patrón será una información importante para poder ejecutar los respectivos cálculos, cuantificaciones y métricas en la presente investigación. Para cumplir con dicho objetivo se aplicará la herramienta de Análisis ABC, enfocado en los ingresos de los productos en el año 2018.

#### 2.3.1. Análisis ABC

La empresa ofrece al mercado diferentes tamaños y anchos de postes de concreto armado, además de también proporcionar una diversidad variada de accesorios de concreto, donde cada uno de ellos tiene diferentes precios. Para poder realizar el siguiente análisis se trabajará con los precios de venta proporcionados por la empresa Postes Sullana S.A.C. donde se concluye que el producto patrón es el Postes de 9 metros, ya que es el que mayor ganancia genera a la empresa.

Tabla 30: Análisis ABC de los Productos

Producción 2018	Demanda Anual	Precio Unitario (S/.)	Venta Total (S/.)	Venta Total (US\$)	Venta Acumulada	Grupo
<b>9 metros</b>	<b>3416</b>	<b>389.74</b>	<b>1,331,352</b>	<b>409,647</b>	409,647	<b>A</b>
12 metros	1536	671.20	1,030,963	317,219	726,866	
15 metros	452	1,737.97	785,562	241,712	968,578	
25 metros	129	5,815.00	750,135	230,811	1,199,388	
Pastorales de Concreto Armado	9545	63.37	604,867	186,113	1,385,501	<b>B</b>
18 metros	194	2,851.20	553,133	170,195	1,555,696	
28 metros	68	7,570.35	514,784	158,395	1,714,091	
8 metros	1501	327.80	492,028	151,393	1,865,484	
7 metros	1231	236.85	291,562	89,711	1,955,196	
Accesorios para Barbotantes	3231	86.00	277,866	85,497	2,040,693	<b>C</b>
Crucetas de Concreto Armado	3340	79.07	264,094	81,260	2,121,953	
Crucetas de CA Asimétrica	3992	50.80	202,794	62,398	2,184,351	
Accesorios para Fijación	8265	24.13	199,434	61,364	2,245,715	
Ductos de Concreto Armado	3481	27.10	94,335	29,026	2,274,741	

Fuente: Elaboración Propia.

## **2.4.Contexto Actual de Postes Sullana S.A.C.**

El diagnóstico se llevó a cabo gracias a la información brindada por la empresa Postes Sullana S.A.C. Además, se realizaron una serie de visitas a la planta con el fin de tener un panorama más amplio sobre los procesos, actividades, procedimientos, Maquinarias utilizadas, estrategias de negocio y sus respectivos responsables.

La empresa posee la documentación correspondiente a todos los procesos, procedimientos, responsables de cada área, número de máquinas de producción, número de paradas de máquina, estados financieros entre otros documentos que facilitan y permiten tener un mayor conocimiento del flujo de información para la elaboración del informe profesional.

Dentro del proceso de recolección de información relevante, se tuvo el alcance a los datos y los resultados de los indicadores globales de la empresa de los años 2016, 2017 y 2018 principalmente; con el fin de obtener un mayor análisis en el diagnóstico del problema.

## **2.5. Identificación del Problema Actual**

### **2.5.1. Brainstorming**

Para iniciar con el diagnóstico de la situación actual de Postes Sullana S.A.C. se realizó una reunión con los principales involucrados de las áreas de la empresa; presenciamos la ayuda del gerente general, gerente administrativo y los operarios de planta. El resultado de dicha reunión fue obtener un Brainstorming con 27 ideas sobre los problemas que presenta la empresa, dichas ideas nos sirven para iniciar con la identificación del problema más relevante de la empresa; dicha tabla se encuentra en el **Anexo 5** del presente informe. Tras la obtención de las ideas del Brainstorming se realizó la depuración correspondiente y se obtuvo un total de 15 ideas generales, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 31: Ideas generales tras la depuración

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS	
ITEM	PROBLEMA
P1	Elevados Costos Operativos
P2	Deficiente Gestión y control de la producción
P3	Alto índice de penalidades
P4	Inadecuado sistema de Abastecimiento
P5	Paradas en las máquinas
P6	Productos Defectuosos
P7	Inadecuado método de proceso de secado
P8	Ausencia de estandarización de procedimientos
P9	Excesivo tiempo de producción de pedidos
P10	Operarios contratados al destajo
P11	Costo de Oportunidad Perdido
P12	Falta de Capacidad de Producción
P13	Carencia de un almacén adecuado de Productos Terminados
P14	Rechazo de Pedidos
P15	Pérdida de Clientes

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.5.2. Matriz de Vester

Cada una de las 15 ideas generales propuestas cuenta con una ficha técnica de descripciones generales, las cuales se encuentran en el **Anexo 6**.

Para ponderar las ideas generales y poder priorizarlas se realizó la matriz de Vester (**Anexo 7**) el cual permitirá localizar las ideas en cualquiera de los 4 cuadrantes (Pasivos, Críticos, Exógenos, Activos). Se tomó en consideración la escala de calificación de Likert, la cual se encuentra en el **Anexo 8**.

Para demostrar que la matriz realizada es válida y puede aportar a la identificación del problema central de la organización se realizara la matriz de consistencia, la cual debe arrojar un valor porcentual menor a 30%, de lo contrario, la matriz se tendrá que elaborar nuevamente.

Tabla 32: Tabla de Consistencia para Matriz Vester

TABLA DE CONSISTENCIA	
Total celdas valoradas	210
Celdas Valoradas con 3	22
Coefficiente (%)	10.48%
Resultado	<b>CONSISTENTE</b>

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla de consistencia arroja un valor porcentual de 10.48%, con lo cual la matriz de Vester realizada anteriormente tiene validez.

Tabla 33: Tabla de problemas clasificados en el cuadrante Vester correspondiente

ITEM	PROBLEMA	X	Y	Tipo de Problema
P1	Sobrecostos Operativos	1	13	PP
P2	Deficiente Gestión y control de la producción	15	23	Problema Central
P3	Alto índice de penalidades	0	15	PP
P4	Inadecuado sistema de Abastecimiento	7	3	PE
P5	Paradas en las máquinas.	12	0	PA
P6	Productos Defectuosos	12	12	PC
P7	Inadecuado método de proceso de secado	13	3	PA
P8	Ausencia de estandarización de procedimientos	14	5	PA
P9	Excesivo tiempo de producción de pedidos	7	11	PP
P10	Operarios contratados al destajo	9	0	PA
P11	Ausencia de control de inventarios.	3	8	PE
P12	Falta de Capacidad de Producción	14	5	PA
P13	Carencia de un almacén adecuado de Productos Terminados	7	2	PE
P14	Rechazo de Pedidos	3	12	PP
P15	Pérdida de Clientes	4	10	PE

MAX	15	23
MIN	0	0
PROMEDIO	7.5	11.5

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en la **Tabla 33**, los “productos defectuosos” y la “Deficiente gestión y control de la producción” son clasificados problemas críticos dentro de los cuadrantes Vester, siendo este último, el problema central de la empresa según el análisis cualitativo realizado.

El **Anexo 10** muestra los 15 problemas distribuidos en los cuatro cuadrantes de Vester, encontrándose en el cuadrante de Problemas Críticos el P2 y P6. Se concluye del análisis cualitativo que el problema central de la organización es la Deficiente gestión y control de la producción.

### 2.5.3. Determinación del impacto económico de los problemas relevantes

Posterior a la identificación del problema mediante la matriz de Vester, se procede a realizar un análisis cuantitativo con el fin de obtener el porcentaje de relevancia del problema principal con respecto a la facturación obtenida en el año 2018. Adicionalmente, se analizará junto con los 3 problemas más relevantes rescatados del análisis cualitativo. Los problemas seleccionados para la cuantificación son: Deficiente Gestión y control de la producción, Productos defectuosos, Parada de máquinas y el Inadecuado sistema de abastecimiento. A continuación, se presenta el dato de la facturación del año 2018.

*Facturación 2018 = US\$ 1,619,750*

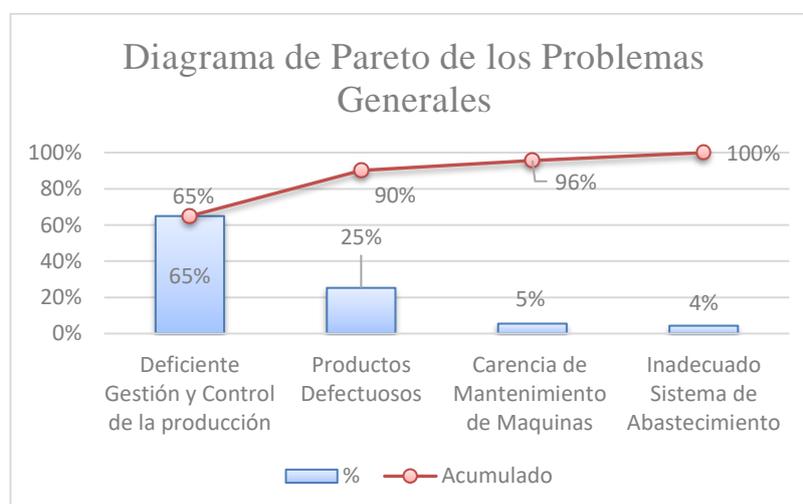
Tabla 34: Impacto económico de los 4 problemas más relevantes para la empresa, según el diagrama de Vester

N.	Problema	Monto (US\$)	%	% con respecto a la fact. Total
1	Deficiente Gestión y Control de la producción	\$395,381	65%	<b>24.41%</b>
2	Productos Defectuosos	\$154,613	25%	9.55%
3	Carencia de Mantenimiento de Máquinas	\$33,600	5%	2.07%
4	Inadecuado Sistema de Abastecimiento	\$26,554	4%	1.64%

Fuente: Elaboración Propia.

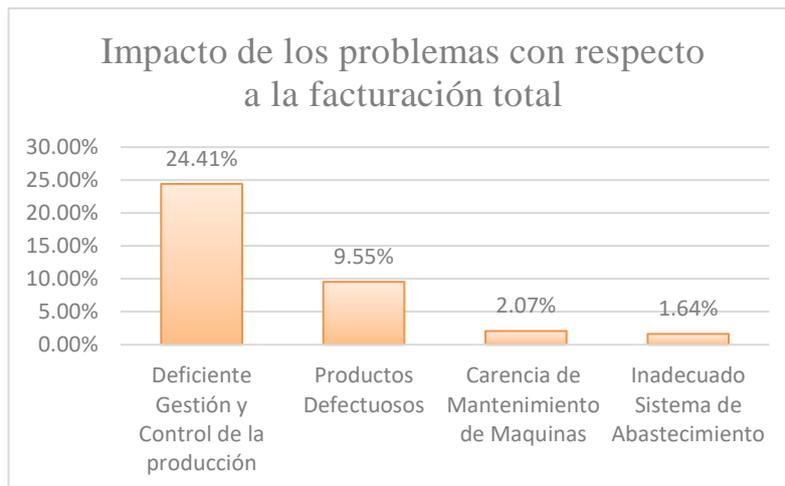
En el **Anexo 11** se muestra el cálculo del impacto económico del problema principal de la empresa Postes Sullana S.A.C.

Figura 30: Diagrama de Pareto de los Problemas Generales de Postes Sullana S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31: Impacto de los problemas con respecto a la facturación total del año 2018



Fuente: Elaboración Propia.

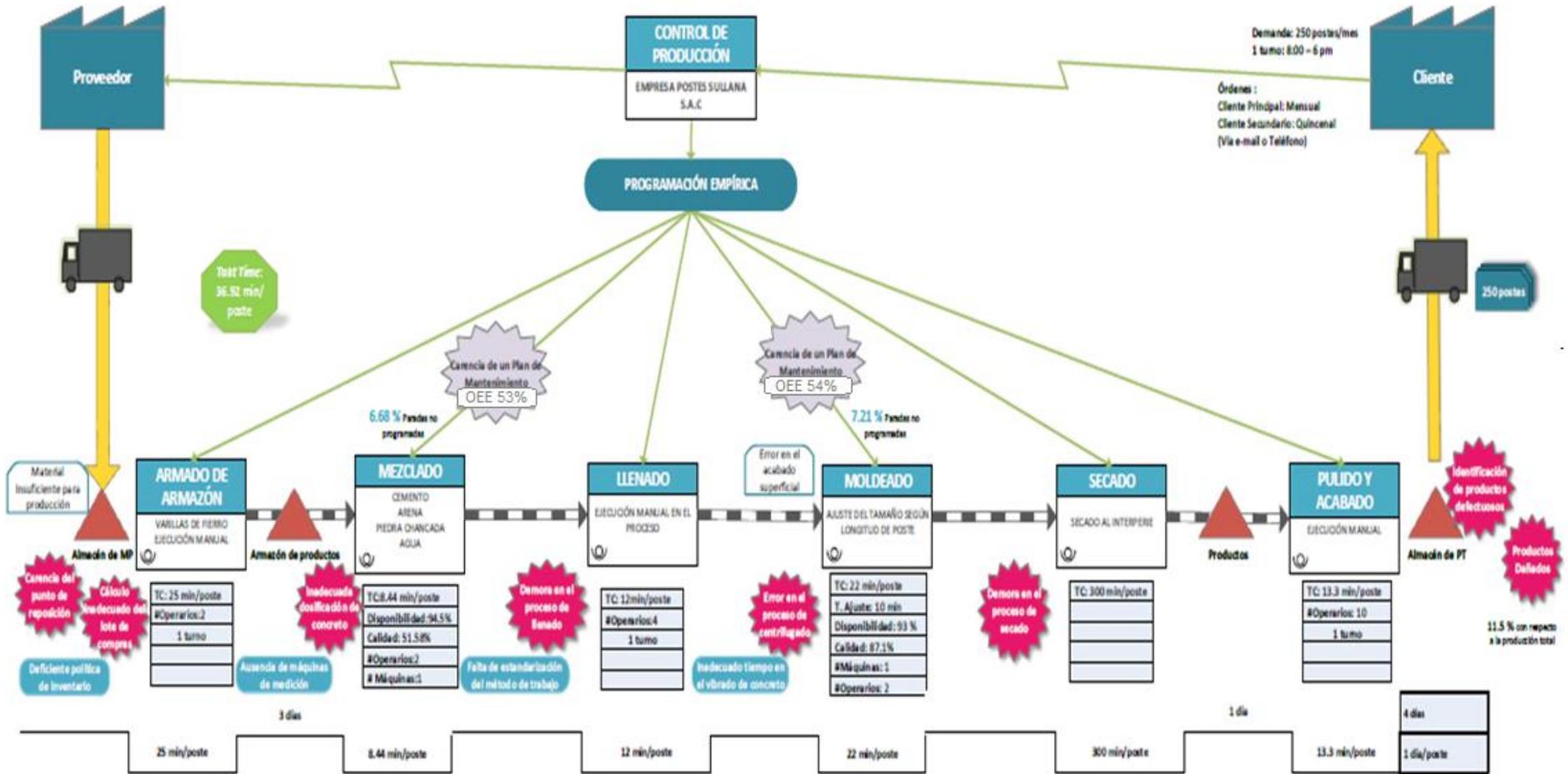
El problema “Deficiente Gestión y Control de Producción” genera un impacto económico del 24.41% utilizando como base la facturación total de la empresa del año 2018, y se debe principalmente a las penalidades por entrega tardía. El problema en general genera una suma de 397,679 dólares. Una vez realizado el análisis cualitativo y cuantitativo, se obtiene como resultado que el problema más relevante en la empresa es el “Deficiente Gestión y Control de Producción”.

Dentro del 2018 se realizaron 213 órdenes de pedidos, los cuales engloban las ventas de los postes y accesorios que ofrece la empresa. En dicho año, se presentó un 19.72% de órdenes de pedidos despachados fuera del plazo lo cual ocasiona directamente el cobro de penalidades por parte los clientes.

## 2.6. Análisis de las Causas

Una vez definido el problema central de la empresa de estudio en el inciso anterior, se procede a determinar las causas inmediatas, con el objetivo de finalmente tener las causas raíces, las cuales originan el problema principal. Para la identificación de dichas causas se utilizó el Mapa de Flujo de Valor que se observa a continuación:

Figura 32: Mapa de Flujo de Valor



Fuente: Elaboración Propia.

Por lo antes mencionado se analizará a continuación las 3 causas inmediatas identificadas en el VSM.

## 2.7. Análisis de las Causa Inmediatas

### 2.7.1. Causa Inmediata 1: Deficiente Gestión y control de la calidad

Se ordenó la información brindada por la empresa Postes Sullana, por cada presentación de postes y accesorios de concreto armado que ofrece al mercado. La información fue clasificada según la cantidad de producción total, productos conformes y no conformes que se presentaron en el año 2018.

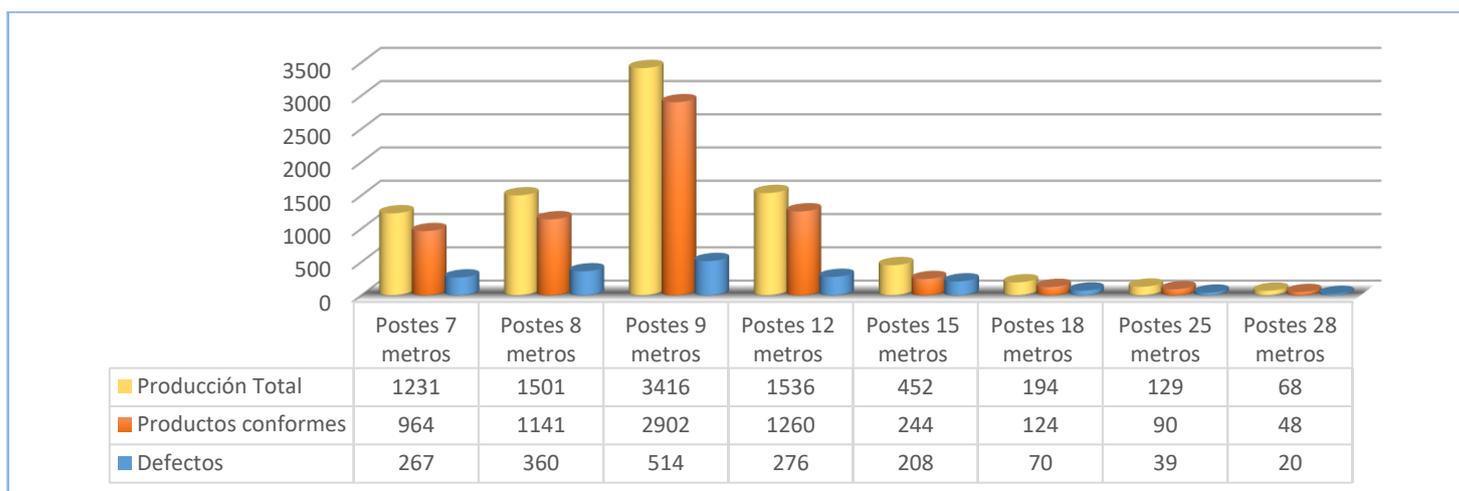
En el caso de los postes se englobaron los postes con medidas estándares y especiales para tener una cantidad general de los productos no conformes indistintamente de las variaciones en el ancho y diámetro. Dichas cantidades son mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 35: Postes y accesorios no conformes

Productos	Producción Total	Productos conformes	Defectos
Postes 7 metros	1231	964	267
Postes 8 metros	1501	1141	360
Postes 9 metros	3416	2902	514
Postes 12 metros	1536	1260	276
Postes 15 metros	452	244	208
Postes 18 metros	194	124	70
Postes 25 metros	129	90	39
Postes 28 metros	68	48	20
Pastorales	9545	9034	511
Crucetas Simétricas	3340	2946	394
Crucetas Asimétrica	3992	3530	462
Palomillas	3231	2946	285
A. De Fijación	8265	7580	685
Ductos de 4 vías	3481	2980	501
<b>Total</b>	<b>40381</b>	<b>35789</b>	<b>4592</b>

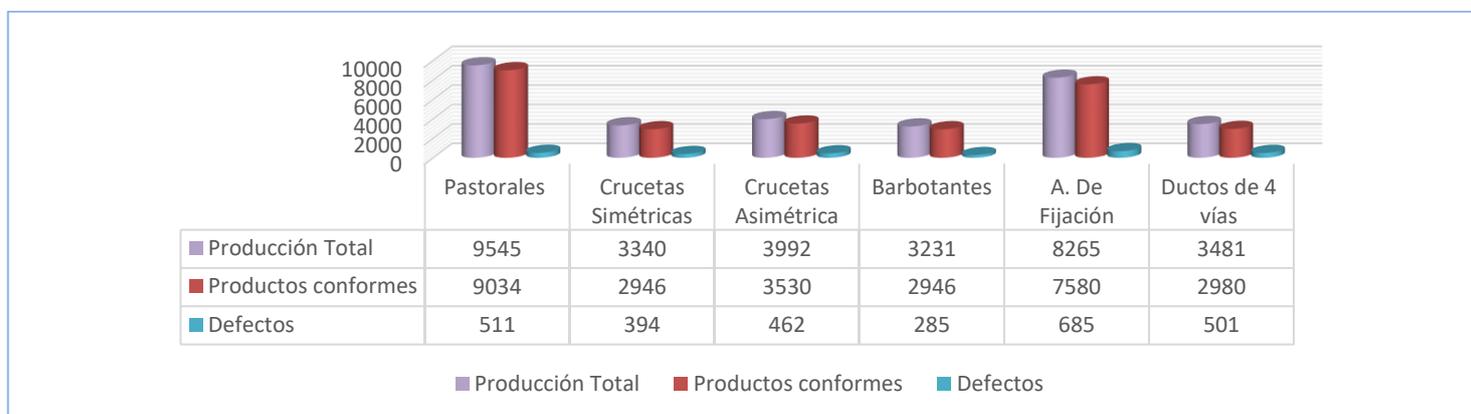
Fuente: Elaboración Propia

Figura 33: Producción total de Postes en el año 2018



Fuente: Elaboración Propia

Figura 34: Producción total de Accesorios en el año 2018



Fuente: Elaboración Propia

Según los gráficos mostrados, se puede determinar que aproximadamente se presenta un índice de 11.50% de defectos con respecto a la producción total. Además, se puede determinar que el producto con mayor defecto es el poste de 9 metros, con una cantidad de 514; seguido por el accesorio de fijación con una cantidad de 685 productos defectuosos.

Con respecto a los motivos que se encontraban dentro de la documentación de los productos no conforme, se pudieron identificar dos causas principales: Daños físicos y Fuera de los estándares de calidad. Las cantidades por cada motivo serán mencionadas a continuación en la siguiente tabla.

Figura 35: Tipos de defectos por tipo de producto

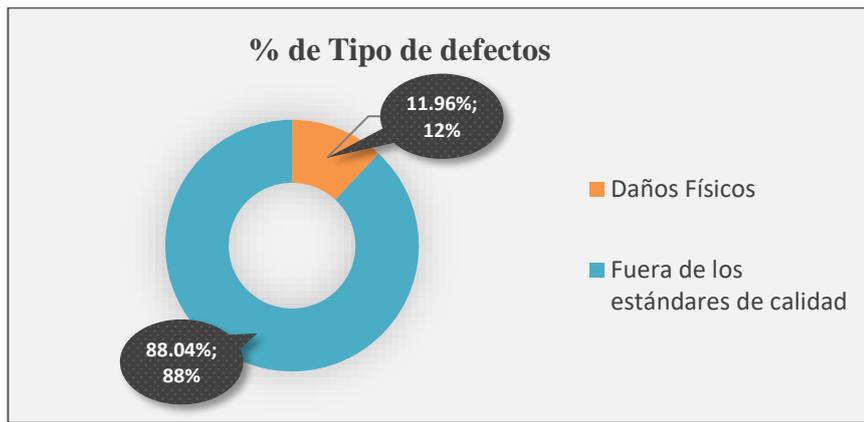
Productos	Producción Total	Productos conformes	Defectos	Daños Físicos	Fuera de los estándares de calidad
Postes 7 metros	1231	964	267	38	229
Postes 8 metros	1501	1141	360	25	335
Postes 9 metros	3416	2902	514	42	472
Postes 12 metros	1536	1260	276	34	242
Postes 15 metros	452	244	208	37	171
Postes 18 metros	194	124	70	20	50
Postes 25 metros	129	90	39	18	21
Postes 28 metros	68	48	20	4	16
Pastorales	9545	9034	511	52	459
Crucetas Simétricas	3340	2946	394	39	355
Crucetas Asimétrica	3992	3530	462	42	420
Palomillas	3231	2946	285	45	240
A. De Fijación	8265	7580	685	94	591
Ductos de 4 vías	3481	2980	501	59	442
<b>Total</b>	<b>40381</b>	<b>35789</b>	<b>4592</b>	<b>549</b>	<b>4043</b>

Fuente: Elaboración Propia

Los daños físicos en los productos se originan principalmente en el área de almacén, debido a que se encuentran expuestos a presentar golpes ocasionados por errores en el manejo de los productos terminados hacia el área de despacho o alguna otra área donde se soliciten; en otras palabras, en plena movilización de los productos por la grúa pórtico que posee la empresa, se puede presentar caídas de estos originando principalmente daños en la superficie de los productos que se encuentran en el almacén. Es importante recalcar que los productos se encuentran expuestos a presentar estos daños; ya que el área de almacén de productos terminados no cuenta con los controles y cuidados necesarios para la protección de golpes en los productos.

Los productos no conformes que se encuentran fuera de los estándares de calidad hacen referencia a los productos que no cumplen con las resistencias establecidas en la carga de trabajo, valor que según norma se debe cumplir según características de cada poste y accesorio de concreto. Además, aquellos productos que presentan fisuras, hendiduras y resanes en su superficie, no son considerados aptos para la venta al cliente.

Figura 36: % de Defectos

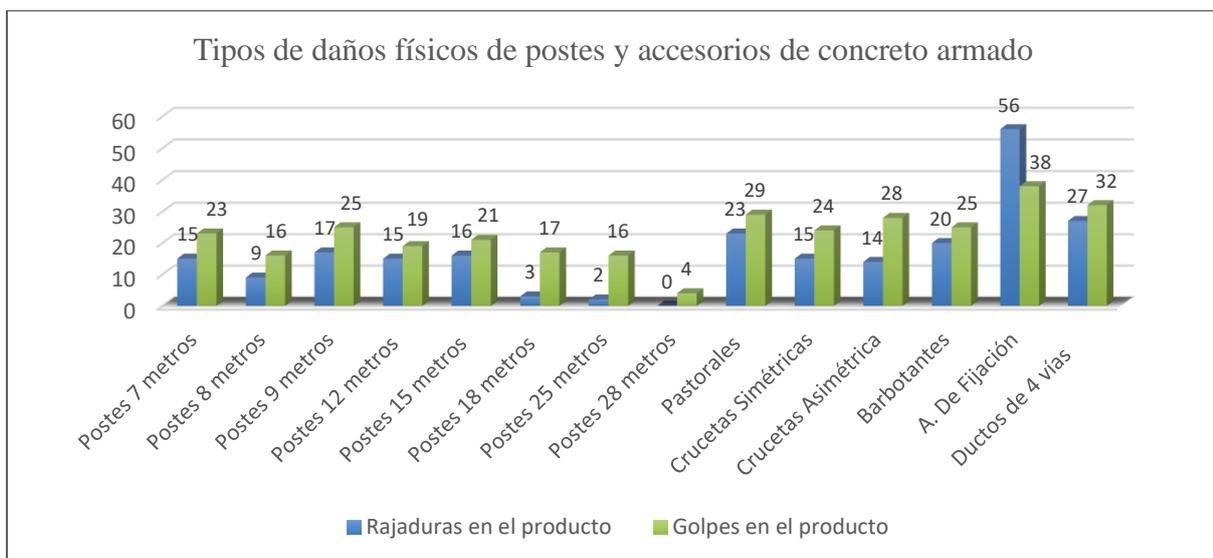


Fuente: Elaboración Propia.

Según el gráfico mostrado, se puede determinar que el porcentaje mayor según los motivos que presentan los productos no conformes, son los que se encuentran fuera de los estándares de calidad con un índice de 88%.

Los productos que presentan daños físicos en su superficie, principalmente presentan rajaduras y golpes, los cuales como ya han sido mencionados, son ocasionados por la falta de un área de almacén adecuado del cuidado de los productos terminados. Las cantidades de rajaduras y golpes que se han presentados se muestran a continuación gráficamente.

Figura 37: Tipos de daños físicos de postes y accesorios de concreto armado



Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede visualizar en el gráfico los accesorios de fijación presentan altas cantidades de productos que presentan inconformidad, ya sea de rajaduras en el producto o golpes, lo cual ocasiona que los productos no se vendan al cliente y sean elaborados nuevamente.

Con respecto a los productos que se encuentran fuera de los estándares de calidad, son originados por el mismo proceso de elaboración; es decir, los productos no conformes son resultados de los errores que se pueden presentar en las diferentes etapas de producción; principalmente en la etapa de mezclado, encofrado y acabado. Estos errores pueden ser ocasionados por una mala ejecución del proceso por parte del recurso operativo o por fallas técnicas en las maquinarias.

Las fisuras, hendiduras y resanes son originados principalmente por una mala ejecución en el encofrado de la mezcla, principalmente por el tiempo que se le asigne a cada producto; ya que, si la mezcla no se esparce correctamente por todo el molde del producto trae como consecuencia que se presente huecos en la superficie. Si bien estos defectos en la superficie del producto podrían ser modificados en el área de acabado, en muchas ocasiones ocurre que el proceso de acabado no necesariamente modifica ciertos errores, generando directamente que en el almacén de productos terminados se presenten una cantidad de productos con estos defectos.

### **2.7.2. Causa Inmediata 2: Deficiente gestión de planeamiento de operaciones**

Esta causa se encuentra enfocada principalmente por la cantidad insuficiente de operarios, las paradas de máquinas y el material insuficiente para la producción. A continuación, se describirá específicamente cada una de las tres razones que han sido mencionados.

▪ **Cantidad insuficiente de operarios:**

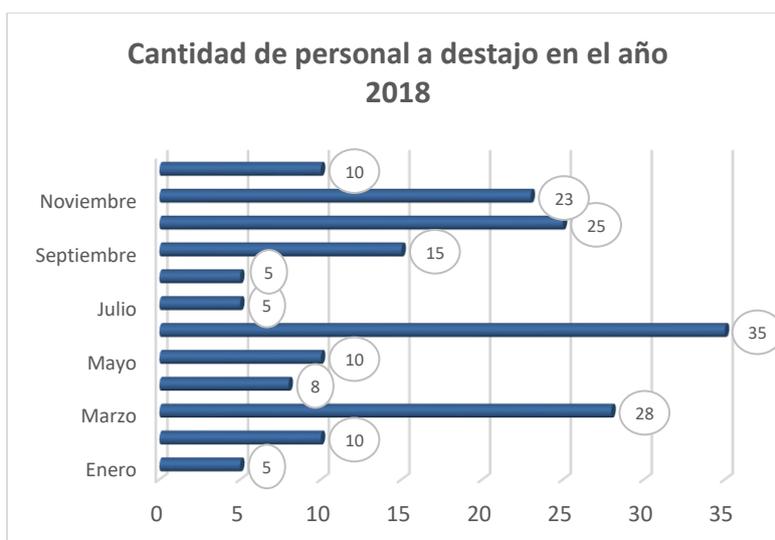
Como se mencionó anteriormente, la empresa contrata personal a destajo en periodos picos, debido a que la cantidad fija de 20 operarios que poseen no es suficiente para atender la demanda. Se presentará la cantidad de operarios a destajo que se presentó mensualmente.

Tabla 36: Numero de operarios contratados por destajo en cada mes del año 2018

Mes	Personal a destajo
Enero	5
Febrero	10
Marzo	28
Abril	8
Mayo	10
Junio	35
Julio	5
Agosto	5
Septiembre	15
Octubre	25
Noviembre	23
Diciembre	10
<b>Total</b>	<b>179</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura 38: Cantidad de personal a destajo en el año 2018



Fuente: Elaboración Propia

A base de la información brindada, se puede determinar que los meses con menor cantidad de operarios contratados a destajo fue en Enero, Abril, Julio y Agosto; debido a que en dichos meses la demanda no era tan alta, lo cual solo se necesitan a 5 personas para poder cumplir con los pedidos. Caso contrario, en el mes de Junio se presenta una contratación de 35 personas a destajo debido a la alta demanda. Es importante mencionar que la capacidad de respuesta de la producción, depende de varios factores, principalmente del estado óptimo de las máquinas y los materiales; ya que si dichos factores presentan problemas en su estado retrasan el flujo óptimo de producción. Por lo mencionado anteriormente, estos factores influyen de alguna manera con el número de personal contratado a destajo; ya que se busca de algún modo mitigar el número de días de retraso de pedidos.

Se presenta en la siguiente tabla la producción mensual de las diferentes presentaciones de postes y accesorios en el año 2018.

Tabla 37: Producción del año 2018

Producción 2018	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
7 metros	79	80	123	63	94	182	60	81	121	122	121	105	<b>1231</b>
8 metros	92	103	144	83	117	199	78	100	147	163	143	131	<b>1501</b>
9 metros	212	225	335	180	266	495	172	219	334	362	328	287	<b>3416</b>
12 metros	95	104	152	86	117	211	73	101	153	160	152	131	<b>1536</b>
15 metros	29	29	45	23	34	68	23	29	46	47	43	37	<b>452</b>
18 metros	12	13	19	10	16	28	10	13	19	21	18	16	<b>194</b>
25 metros	8	9	13	7	10	18	7	9	13	14	12	10	<b>129</b>
28 metros	4	4	7	4	5	10	3	5	7	7	6	6	<b>68</b>
Pastorales	613	627	956	528	733	1301	457	604	959	1037	937	793	<b>9545</b>
Crucetas	198	213	325	171	264	503	160	220	335	360	313	277	<b>3340</b>
Crucetas Asimétrica	248	254	395	223	315	538	195	266	393	432	389	344	<b>3992</b>
Palomillas	204	204	323	172	259	467	155	217	314	343	308	263	<b>3231</b>
A. para Fijación	495	543	797	446	639	1184	400	537	828	859	822	713	<b>8265</b>
Ductos	206	236	342	174	270	546	168	220	337	367	333	284	<b>3481</b>

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Material insuficiente para la producción**

Para esta causa inmediata es necesario mencionar previamente los proveedores y el Lead Time de cada uno. La empresa cuenta actualmente con 7 proveedores.

Tabla 38: Proveedores de la empresa Postes Sullana

<b>Materiales</b>	<b>Proveedores</b>	<b>Lead Time</b>
<b>Cemento</b>	Macisa	3
	Cemensa	4
<b>Fierro</b>	Aceros Arequipa	3
<b>Alambre</b>	Comasa	1
<b>Agregados</b>	Churica	3
	Pesegne	2
	Domingo Wong	2

Fuente: Elaboración Propia

Además, una recopilación de los postes que dejaron de ser producidos por paradas de máquinas a causa del desabastecimiento de algún insumo principal. Cabe recalcar que esta información se obtiene de los reportes emitidos por el supervisor de producción.

Tabla 39: Postes reprogramados por desabastecimiento de materia prima

Mes	Cant.	Producto faltante	Mes	Cant.	Producto faltante
Enero	33	Poste 9 metros	Julio	54	Poste 9 metros
	12	Poste 7 metros		19	Poste 8 metros
	5	Poste 25 metros		6	Poste 25 metros
	4	Poste 28 metros		1	Poste 20 metros
Febrero	42	Poste 9 metros	Agosto	29	Poste 9 metros
	23	Poste 8 metros		17	Poste 8 metros
	2	Poste 20 metros		6	Poste 25 metros
	8	Poste 28 metros		2	Poste 28 metros
Marzo	76	Poste 9 metros	Septiembre	66	Poste 9 metros
	18	Poste 18 metros		15	Poste 12 metros
	4	Poste 25 metros		8	Poste 25 metros
	6	Poste 28 metros		2	Poste 28 metros
Abril	31	Poste 9 metros	Octubre	35	Poste 9 metros
	16	Poste 12 metros		23	Poste 7 metros
	9	Poste 25 metros		7	Poste 22 metros
	8	Poste 28 metros		2	Poste 28 metros
Mayo	32	Poste 9 metros	Noviembre	43	Poste 9 metros
	11	Poste 25 metros		24	Poste 8 metros
	8	Poste 20 metros		12	Poste 25 metros
	7	Poste 28 metros		8	Poste 28 metros
Junio	45	Poste 9 metros	Diciembre	39	Poste 9 metros
	21	Poste 7 metros		10	Poste 12 metros
	3	Poste 25 metros		8	Poste 20 metros
	4	Poste 28 metros		6	Poste 28 metros

Fuente: Elaboración Propia

### ▪ Paradas en las máquinas:

En el 2018 se presentaron 155 paradas en las 5 máquinas que presenta la empresa, ocasionando que el flujo normal de producción sea vea afectado por la reducción en el tiempo de disponibilidad de las máquinas.

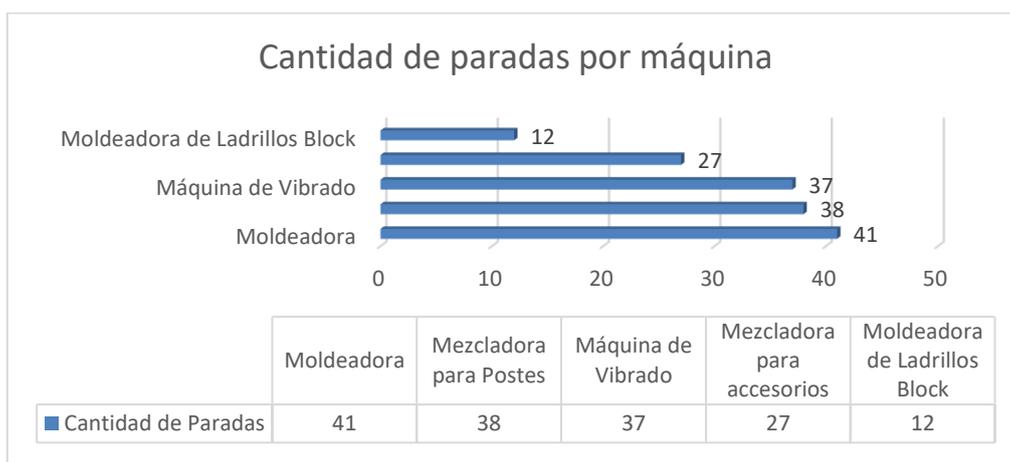
Las paradas provocaron tiempos ociosos en los operarios y pérdida en la mezcla ya elaborada; debido a que esta se seca durante el tiempo de reparación de la máquina y no existe forma de recuperación. Adicionalmente, originó aperturas de horas extras para producir los productos pendientes y mitigar o evitar los incumplimientos de pedidos.

Figura 39: Cantidad mensual de paradas en las máquinas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 40: Cantidad de paradas por máquina

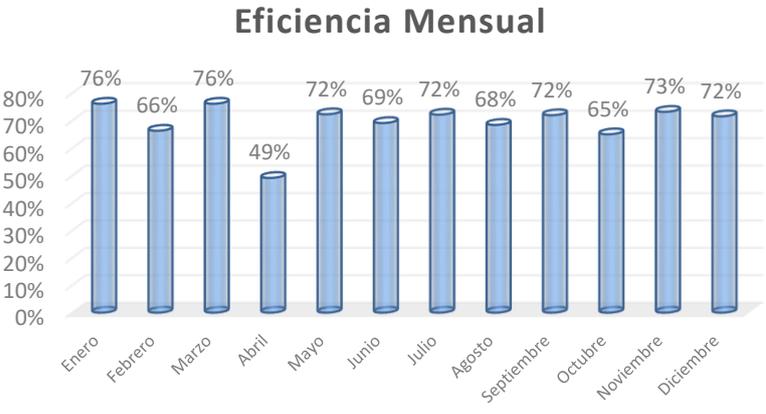
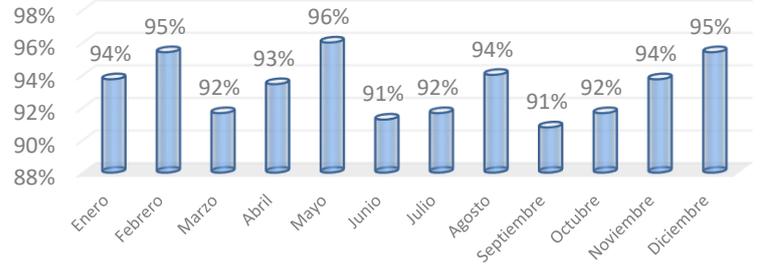


Fuente: Elaboración Propia

Para un mayor análisis del estado de las máquinas se calculará el OEE para cada máquina, con el fin de poder analizar la eficiencia global de las máquinas de la empresa.

➤ **Mezcladora para postes:**

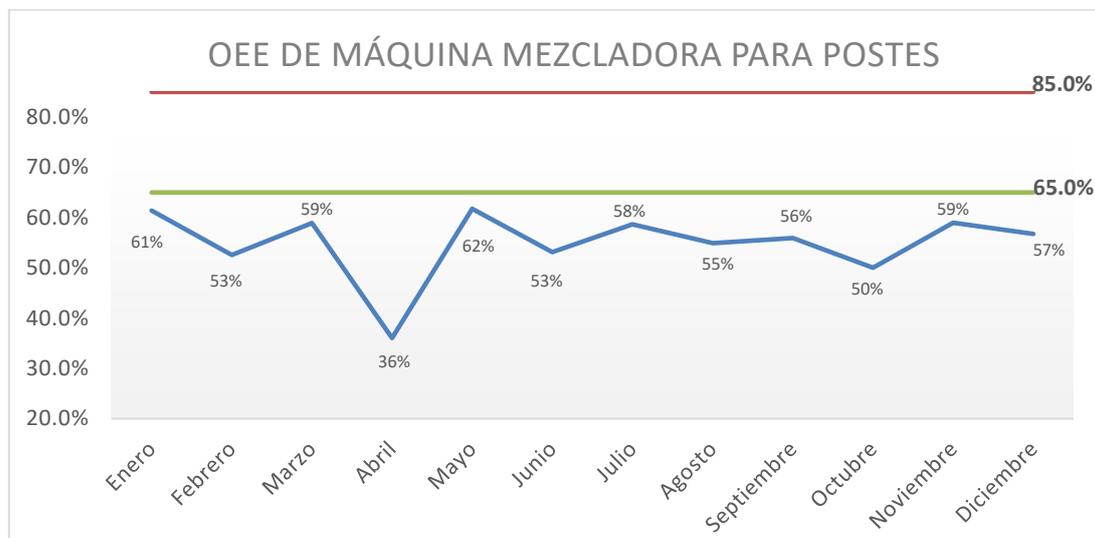
Para obtener el OEE mensual de la máquina mezcladora para postes, se procedió a hallar los 3 factores importantes para el cálculo: eficiencia, disponibilidad y calidad.

Eficiencia	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Eficiencia Mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="231 470 997 884"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Eficiencia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>76%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>66%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>76%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>49%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>69%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>68%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>65%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>73%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>72%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Eficiencia (%)	Enero	76%	Febrero	66%	Marzo	76%	Abril	49%	Mayo	72%	Junio	69%	Julio	72%	Agosto	68%	Septiembre	72%	Octubre	65%	Noviembre	73%	Diciembre	72%	<p>Se puede identificar que los meses con menor índice de disponibilidad se presentaron en los meses de Febrero y Abril; donde debido a las paradas presentaban una capacidad máxima de producción de 1145 productos y 1203, y solo se produjeron 760 y 592 respectivamente para cada mes.</p>
Mes	Eficiencia (%)																										
Enero	76%																										
Febrero	66%																										
Marzo	76%																										
Abril	49%																										
Mayo	72%																										
Junio	69%																										
Julio	72%																										
Agosto	68%																										
Septiembre	72%																										
Octubre	65%																										
Noviembre	73%																										
Diciembre	72%																										
Disponibilidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad Mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="231 1086 997 1355"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Disponibilidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>92%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>93%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>92%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>92%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>95%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Disponibilidad (%)	Enero	94%	Febrero	95%	Marzo	92%	Abril	93%	Mayo	96%	Junio	91%	Julio	92%	Agosto	94%	Septiembre	91%	Octubre	92%	Noviembre	94%	Diciembre	95%	<p>Debido a las paradas que se presentaron a lo largo del año 2018 se presentó en los meses de marzo, junio, julio, septiembre y octubre un índice de 91% y 92%, siendo los índices más bajos a lo largo del año. En estos meses se presentó 840 minutos de paradas en cada mes mencionado.</p>
Mes	Disponibilidad (%)																										
Enero	94%																										
Febrero	95%																										
Marzo	92%																										
Abril	93%																										
Mayo	96%																										
Junio	91%																										
Julio	92%																										
Agosto	94%																										
Septiembre	91%																										
Octubre	92%																										
Noviembre	94%																										
Diciembre	95%																										
Calidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad Mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="199 1489 1045 1848"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Calidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ENERO</td><td>94%</td></tr> <tr><td>FEBRERO</td><td>95%</td></tr> <tr><td>MARZO</td><td>92%</td></tr> <tr><td>ABRIL</td><td>93%</td></tr> <tr><td>MAYO</td><td>96%</td></tr> <tr><td>JUNIO</td><td>91%</td></tr> <tr><td>JULIO</td><td>92%</td></tr> <tr><td>AGOSTO</td><td>94%</td></tr> <tr><td>SEPTIEMBRE</td><td>91%</td></tr> <tr><td>OCTUBRE</td><td>92%</td></tr> <tr><td>NOVIEMBRE</td><td>94%</td></tr> <tr><td>DICIEMBRE</td><td>95%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Calidad (%)	ENERO	94%	FEBRERO	95%	MARZO	92%	ABRIL	93%	MAYO	96%	JUNIO	91%	JULIO	92%	AGOSTO	94%	SEPTIEMBRE	91%	OCTUBRE	92%	NOVIEMBRE	94%	DICIEMBRE	95%	<p>Como se puede visualizar en el mes de abril se presentó el índice más bajo en el año 2018, con un 78%, presentado un total de 128 productos defectuosos de un total de 592 productos elaborados en ese mes.</p>
Mes	Calidad (%)																										
ENERO	94%																										
FEBRERO	95%																										
MARZO	92%																										
ABRIL	93%																										
MAYO	96%																										
JUNIO	91%																										
JULIO	92%																										
AGOSTO	94%																										
SEPTIEMBRE	91%																										
OCTUBRE	92%																										
NOVIEMBRE	94%																										
DICIEMBRE	95%																										

Mediante los valores obtenidos en el cálculo de la eficiencia, disponibilidad y calidad para cada mes, se obtuvo la eficiencia global (OEE) mensual de la máquina en

estudio. EL OEE mensual se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 41: OEE de Máquina mezcladora para postes



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de analizar e identificar el estado de la máquina se estableció como límite superior el valor de 85%, que hace referencia a que los valores iguales o superiores a ese índice indican que el estado de la máquina es bueno. Por otro lado, se estableció como límite inferior el valor de 65%, ya que aquellos valores que se encuentran debajo de este índice representan un estado inaceptable de la máquina y se procede a identificar medidas para aumentar dicho valor.

Como se puede visualizar mensualmente el indicador OEE se encuentra inferior al límite mínimo establecido, lo cual nos indica que la eficiencia global de la máquina no es la adecuada.

➤ **Moldeadora para postes:**

Para obtener el OEE mensual de la máquina moldeadora para postes, se procedió a hallar los 3 factores importantes para el cálculo: eficiencia, disponibilidad y calidad.

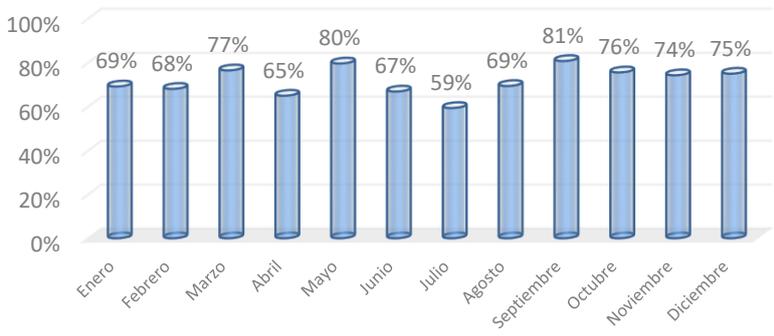
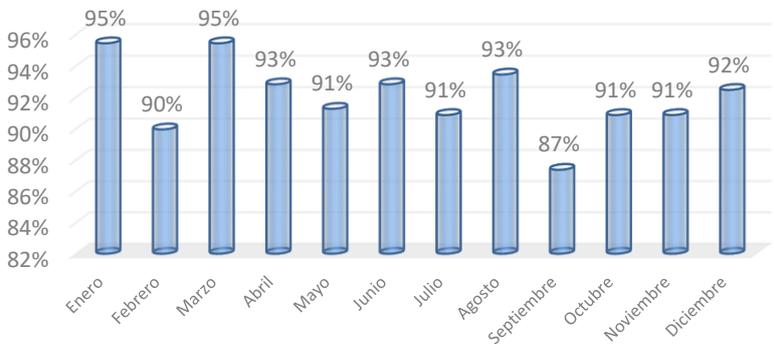
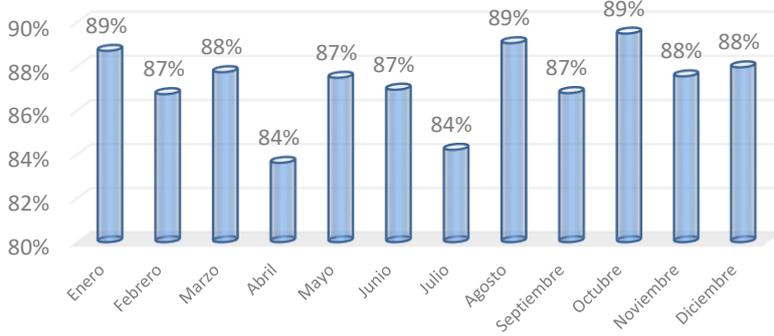
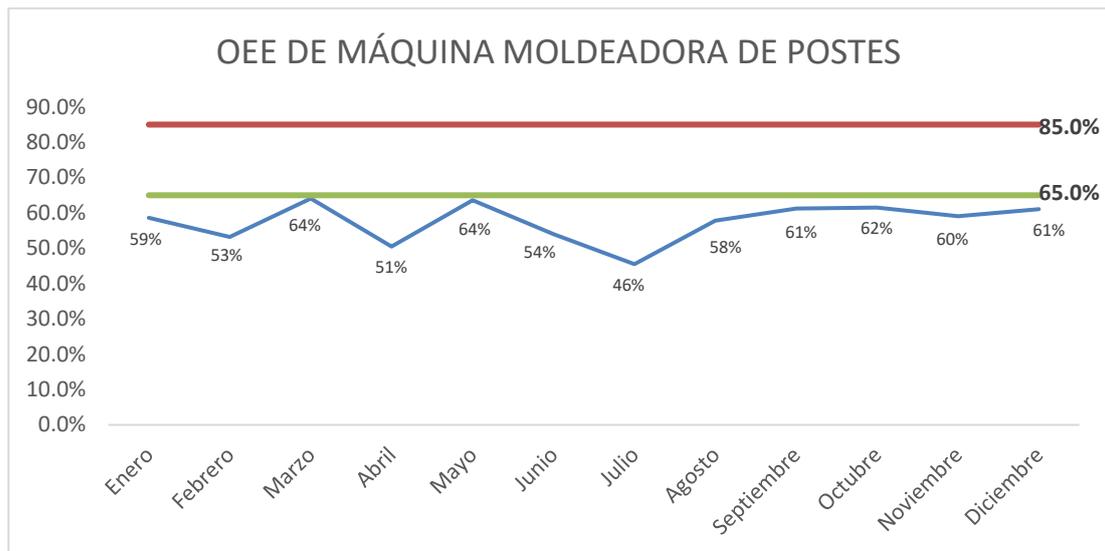
Eficiencia	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Eficiencia Mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="207 324 981 660"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Eficiencia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>69%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>68%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>77%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>65%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>80%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>67%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>59%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>69%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>81%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>76%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>74%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>75%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Eficiencia (%)	Enero	69%	Febrero	68%	Marzo	77%	Abril	65%	Mayo	80%	Junio	67%	Julio	59%	Agosto	69%	Septiembre	81%	Octubre	76%	Noviembre	74%	Diciembre	75%	<p>Se puede identificar que los meses con menor índice de disponibilidad se presentaron en los meses de Abril y Julio; donde debido a las paradas presentaban una capacidad máxima de producción de 732 productos y 767, y solo se produjeron 476 y 456 respectivamente para cada mes.</p>
Mes	Eficiencia (%)																										
Enero	69%																										
Febrero	68%																										
Marzo	77%																										
Abril	65%																										
Mayo	80%																										
Junio	67%																										
Julio	59%																										
Agosto	69%																										
Septiembre	81%																										
Octubre	76%																										
Noviembre	74%																										
Diciembre	75%																										
Disponibilidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad Mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="207 862 981 1220"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Disponibilidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>90%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>93%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>93%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>93%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>87%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>92%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Disponibilidad (%)	Enero	95%	Febrero	90%	Marzo	95%	Abril	93%	Mayo	91%	Junio	93%	Julio	91%	Agosto	93%	Septiembre	87%	Octubre	91%	Noviembre	91%	Diciembre	92%	<p>Debido a las paradas que se presentaron a lo largo del año 2018 se presentó en los meses de febrero y septiembre un índice de 90% y 87%, siendo el índice menor al largo del año. En estos meses se presentó 840 y 1050 minutos de paradas respectivamente en los meses mencionados.</p>
Mes	Disponibilidad (%)																										
Enero	95%																										
Febrero	90%																										
Marzo	95%																										
Abril	93%																										
Mayo	91%																										
Junio	93%																										
Julio	91%																										
Agosto	93%																										
Septiembre	87%																										
Octubre	91%																										
Noviembre	91%																										
Diciembre	92%																										
Calidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Calidad Mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="207 1422 981 1758"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Calidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>89%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>87%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>88%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>84%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>87%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>87%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>84%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>89%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>87%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>89%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>88%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>88%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Calidad (%)	Enero	89%	Febrero	87%	Marzo	88%	Abril	84%	Mayo	87%	Junio	87%	Julio	84%	Agosto	89%	Septiembre	87%	Octubre	89%	Noviembre	88%	Diciembre	88%	<p>Como se puede visualizar en el mes de Abril y Julio se presentó el índice más bajo en el año 2018, con un valor de 84%, presentado un total de 78 y 72 productos defectuosos de un total de 476 y 456 productos elaborados en los respectivos meses.</p>
Mes	Calidad (%)																										
Enero	89%																										
Febrero	87%																										
Marzo	88%																										
Abril	84%																										
Mayo	87%																										
Junio	87%																										
Julio	84%																										
Agosto	89%																										
Septiembre	87%																										
Octubre	89%																										
Noviembre	88%																										
Diciembre	88%																										

Figura 42: OEE de Máquina Moldeadora



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de analizar e identificar el estado de la máquina se estableció como límite superior el valor de 85%, que hace referencia a que los valores iguales o superiores a ese índice indican que el estado de la máquina es bueno. Por otro lado, se estableció como límite inferior el valor de 65%, ya que aquellos valores que se encuentran debajo de este índice representan un estado inaceptable de la máquina y se procede a identificar medidas para aumentar dicho valor.

Como se puede visualizar durante el año 2018 se presentó mensualmente un OEE inferior al 65%, especialmente en el mes de febrero, abril y julio. Con dicho indicador se puede determinar que la eficiencia global de la moldeadora no es la adecuada.

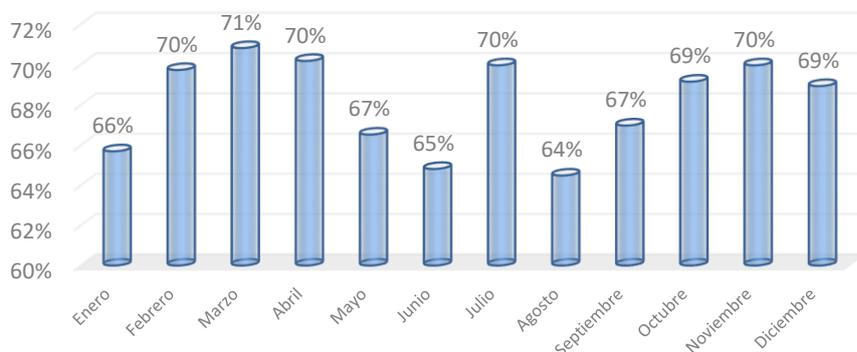
➤ **Mezcladora para accesorios:**

Para obtener el OEE mensual de la máquina moldeadora para postes, se procedió a hallar los 3 factores importantes para el cálculo: eficiencia, disponibilidad y calidad.

### Eficiencia

### Conclusión

#### Eficiencia Mensual

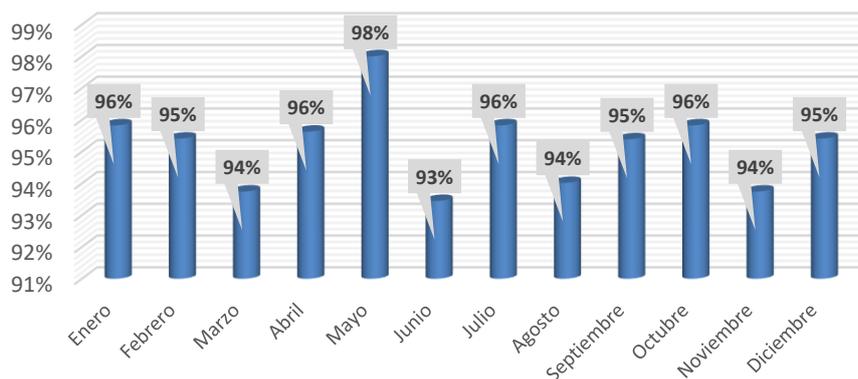


Se puede identificar que los meses con menor índice de disponibilidad se presentaron en los meses de Junio y Agosto; donde debido a las paradas presentaban una capacidad máxima de producción de 2237 y 2450, y solo se produjeron 1450 y 1580 respectivamente para cada mes.

### Disponibilidad

### Conclusión

#### Disponibilidad Mensual

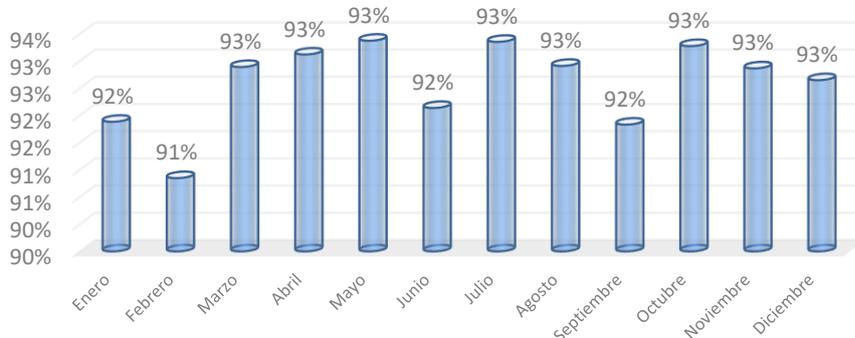


Debido a las paradas que se presentaron a lo largo del año 2018 se presentó en los meses de marzo, junio, agosto y noviembre un índice de 94%, siendo el índice menor al largo del año. En estos meses se presentó 630 minutos de paradas respectivamente en los meses mencionados.

### Calidad

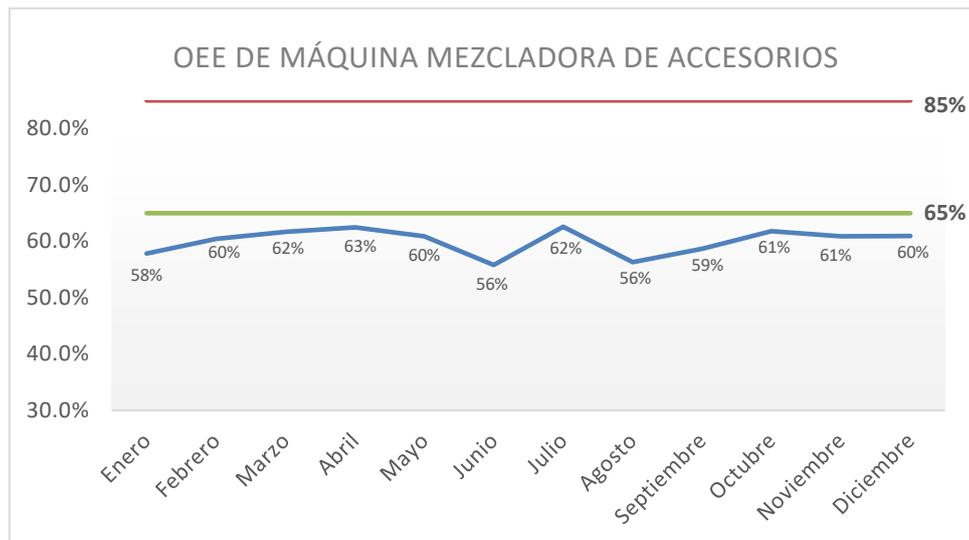
### Conclusión

#### Calidad Mensual



Como se puede visualizar en el mes de Febrero se presentó el índice más bajo en el año 2018, con un valor de 91%, presentado un total de 132 productos defectuosos de un total de 1486 productos producidos.

Figura 43: OEE de Máquina Mezcladora para accesorios



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de analizar e identificar el estado de la máquina se estableció como límite superior el valor de 85%, que hace referencia a que los valores iguales o superiores a ese índice indican que el estado de la máquina es bueno. Por otro lado, se estableció como límite inferior el valor de 65%, ya que aquellos valores que se encuentran debajo de este índice representan un estado inaceptable de la máquina y se procede a identificar medidas para aumentar dicho valor.

Como se puede visualizar el indicador mensual se encuentra inferior al 65%, especialmente en el mes de junio y agosto debido a una baja eficiencia en la capacidad de producción.

➤ **Máquina vibradora:**

Para obtener el OEE mensual de la máquina moldeadora para postes, se procedió hallar los 3 factores importantes para el cálculo: eficiencia, disponibilidad y calidad.

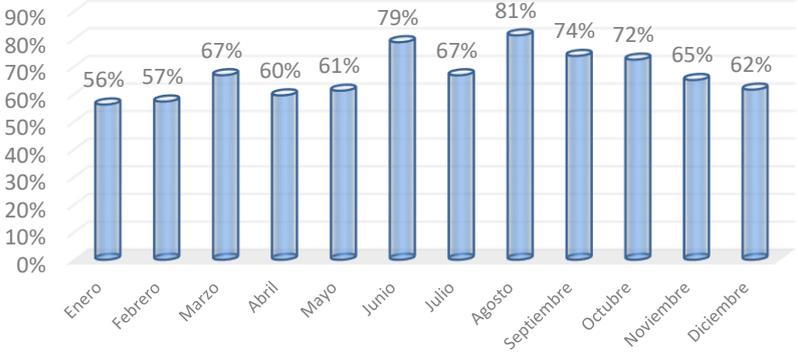
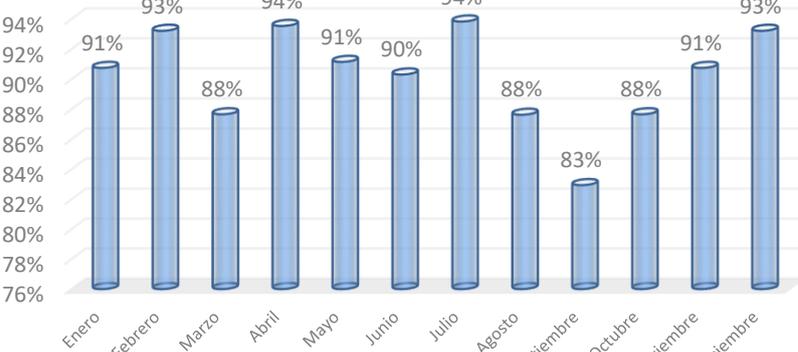
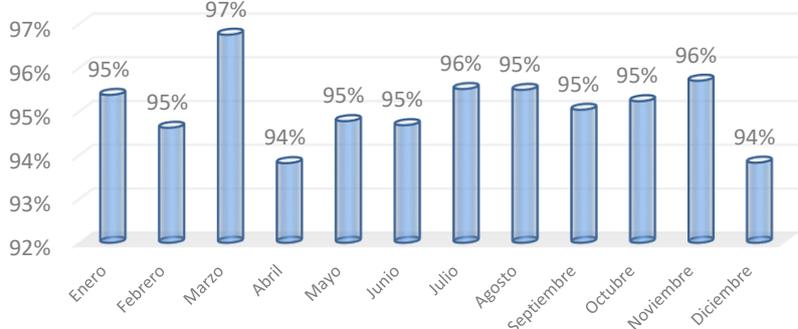
Eficiencia	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Eficiencia mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="207 353 1005 705"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Eficiencia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>56%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>57%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>67%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>60%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>79%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>67%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>81%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>74%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>65%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>62%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Eficiencia (%)	Enero	56%	Febrero	57%	Marzo	67%	Abril	60%	Mayo	61%	Junio	79%	Julio	67%	Agosto	81%	Septiembre	74%	Octubre	72%	Noviembre	65%	Diciembre	62%	<p>Se puede identificar que los meses con menor índice de disponibilidad se presentaron en los meses de Enero y Febrero; donde debido a las paradas presentaban una capacidad máxima de producción de 3503 y 3184, y solo se produjeron 1969 y 1824 respectivamente para cada mes.</p>
Mes	Eficiencia (%)																										
Enero	56%																										
Febrero	57%																										
Marzo	67%																										
Abril	60%																										
Mayo	61%																										
Junio	79%																										
Julio	67%																										
Agosto	81%																										
Septiembre	74%																										
Octubre	72%																										
Noviembre	65%																										
Diciembre	62%																										
Disponibilidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="207 929 1005 1281"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Disponibilidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>93%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>88%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>90%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>88%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>83%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>88%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>93%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Disponibilidad (%)	Enero	91%	Febrero	93%	Marzo	88%	Abril	94%	Mayo	91%	Junio	90%	Julio	94%	Agosto	88%	Septiembre	83%	Octubre	88%	Noviembre	91%	Diciembre	93%	<p>Debido a las paradas que se presentaron a lo largo del año 2018 se presentó en el mes de septiembre un índice de 83%, siendo el índice menor al largo del año. En este mes se presentó 1350 minutos de paradas respectivamente en los meses mencionados.</p>
Mes	Disponibilidad (%)																										
Enero	91%																										
Febrero	93%																										
Marzo	88%																										
Abril	94%																										
Mayo	91%																										
Junio	90%																										
Julio	94%																										
Agosto	88%																										
Septiembre	83%																										
Octubre	88%																										
Noviembre	91%																										
Diciembre	93%																										
Calidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Calidad mensual</b></p>  <table border="1" data-bbox="207 1541 1005 1870"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Calidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>97%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>94%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Calidad (%)	Enero	95%	Febrero	95%	Marzo	97%	Abril	94%	Mayo	95%	Junio	95%	Julio	96%	Agosto	95%	Septiembre	95%	Octubre	95%	Noviembre	96%	Diciembre	94%	<p>Como se puede visualizar en los meses de Abril y Diciembre se presentó el índice más bajo en el año 2018, con un valor de 94%, presentado un total de 123 y 121 productos defectuosos de un total de 1990 y 1921 productos producidos respectivamente.</p>
Mes	Calidad (%)																										
Enero	95%																										
Febrero	95%																										
Marzo	97%																										
Abril	94%																										
Mayo	95%																										
Junio	95%																										
Julio	96%																										
Agosto	95%																										
Septiembre	95%																										
Octubre	95%																										
Noviembre	96%																										
Diciembre	94%																										

Figura 44: OEE de Máquina Vibradora



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de analizar e identificar el estado de la máquina se estableció como límite superior el valor de 85%, que hace referencia a que los valores iguales o superiores a ese índice indican que el estado de la máquina es bueno. Por otro lado, se estableció como límite inferior el valor de 65%, ya que aquellos valores que se encuentran debajo de este índice representan un estado inaceptable de la máquina y se procede a identificar medidas para aumentar dicho valor.

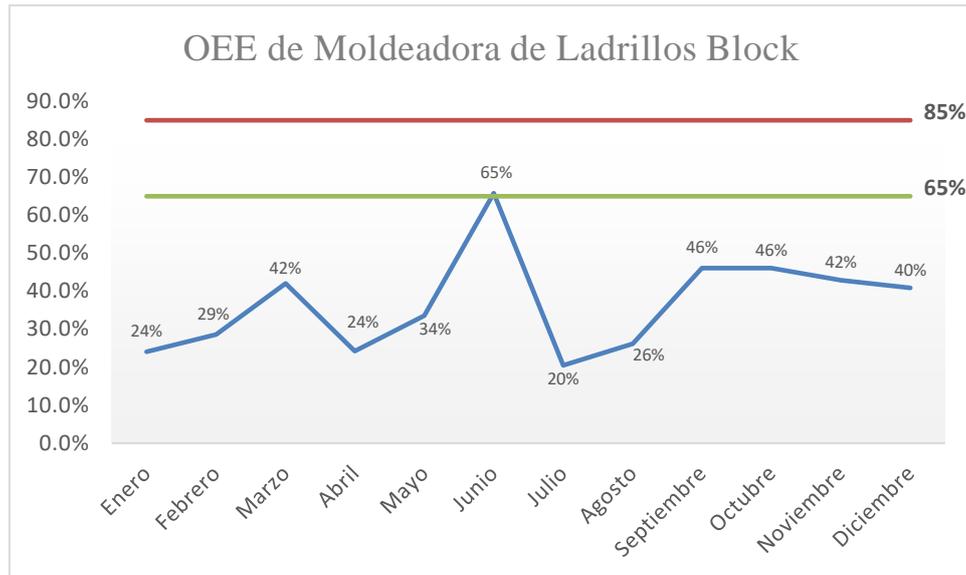
Mediante la representación gráfica se puede determinar que en el mes de enero y febrero tuvieron un índice menor a 65%, lo cual indica que en dichos meses el estado de la máquina fue inaceptable para mantener un adecuado flujo en el proceso productivo. Por lo contrario, en el mes de junio se puede apreciar que el estado de la máquina fue bueno, superando el índice de 85%.

#### ➤ **Moldeadora de Ladrillos Block**

Para obtener el OEE mensual de la máquina moldeadora para postes, se procedió a hallar los 3 factores importantes para el cálculo: eficiencia, disponibilidad y calidad.

Eficiencia	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Eficiencia Mensual</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Eficiencia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>29%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>36%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>47%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>27%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>36%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>23%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>30%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>53%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>50%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>48%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>46%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Eficiencia (%)	Enero	29%	Febrero	36%	Marzo	47%	Abril	27%	Mayo	36%	Junio	72%	Julio	23%	Agosto	30%	Septiembre	53%	Octubre	50%	Noviembre	48%	Diciembre	46%	<p>Se puede identificar que la máquina moldeadora para ladrillos Block presentó índices bajos durante el año 2018, a excepción del mes de junio. Esto se debe principalmente que no se utilizó toda la capacidad de producción que la máquina cuenta. Por ejemplo, en el mes de julio la capacidad de producción era para 1713 productos y solo se elaboró en dicho mes 400 unidades.</p>
Mes	Eficiencia (%)																										
Enero	29%																										
Febrero	36%																										
Marzo	47%																										
Abril	27%																										
Mayo	36%																										
Junio	72%																										
Julio	23%																										
Agosto	30%																										
Septiembre	53%																										
Octubre	50%																										
Noviembre	48%																										
Diciembre	46%																										
Disponibilidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Disponibilidad Mensual</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Disponibilidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>97%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>97%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>98%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>97%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>97%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>96%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Disponibilidad (%)	Enero	97%	Febrero	96%	Marzo	95%	Abril	97%	Mayo	98%	Junio	95%	Julio	97%	Agosto	95%	Septiembre	96%	Octubre	97%	Noviembre	95%	Diciembre	96%	<p>Debido a las paradas que se presentaron a lo largo del año 2018 se presentó en los meses de marzo, junio, agosto y noviembre un índice de 95%, siendo el índice menor al largo del año. En estos meses se presentó 504 minutos de paradas respectivamente en los meses mencionados.</p>
Mes	Disponibilidad (%)																										
Enero	97%																										
Febrero	96%																										
Marzo	95%																										
Abril	97%																										
Mayo	98%																										
Junio	95%																										
Julio	97%																										
Agosto	95%																										
Septiembre	96%																										
Octubre	97%																										
Noviembre	95%																										
Diciembre	96%																										
Calidad	Conclusión																										
<p style="text-align: center;"><b>Calidad Mensual</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Calidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Enero</td><td>86%</td></tr> <tr><td>Febrero</td><td>83%</td></tr> <tr><td>Marzo</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Abril</td><td>92%</td></tr> <tr><td>Mayo</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Junio</td><td>96%</td></tr> <tr><td>Julio</td><td>91%</td></tr> <tr><td>Agosto</td><td>92%</td></tr> <tr><td>Septiembre</td><td>93%</td></tr> <tr><td>Octubre</td><td>95%</td></tr> <tr><td>Noviembre</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Diciembre</td><td>93%</td></tr> </tbody> </table>	Mes	Calidad (%)	Enero	86%	Febrero	83%	Marzo	95%	Abril	92%	Mayo	96%	Junio	96%	Julio	91%	Agosto	92%	Septiembre	93%	Octubre	95%	Noviembre	94%	Diciembre	93%	<p>Como se puede visualizar en el mes de Febrero se presentó el índice más bajo en el año 2018, con un valor de 83%, presentado un total de 90 productos defectuosos de un total de 543 productos producidos.</p>
Mes	Calidad (%)																										
Enero	86%																										
Febrero	83%																										
Marzo	95%																										
Abril	92%																										
Mayo	96%																										
Junio	96%																										
Julio	91%																										
Agosto	92%																										
Septiembre	93%																										
Octubre	95%																										
Noviembre	94%																										
Diciembre	93%																										

Figura 45: OEE de Moldeadora de Ladrillos Block



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de analizar e identificar el estado de la máquina se estableció como límite superior el valor de 85%, que hace referencia a que los valores iguales o superiores a ese índice indican que el estado de la máquina es bueno. Por otro lado, se estableció como límite inferior el valor de 65%, ya que aquellos valores que se encuentran debajo de este índice representan un estado inaceptable de la máquina y se procede a identificar medidas para aumentar dicho valor.

Mediante la representación gráfica se puede determinar que todos los se encuentran debajo del índice inferior de 65%, esto se debe principalmente a la baja eficiencia que presenta dicha máquina. Esto se debe a que se está produciendo cantidades menores a la capacidad de producción que presenta la máquina.

### 2.7.3. Causa Inmediata 3: Deficiente método de trabajo

Esta causa hace referencia a los tiempos prolongados que presentan las etapas de producción; especialmente, el llenado y secado. En la siguiente tabla se muestra los tiempos de cada etapa de producción para los postes y accesorios de concreto.

Tabla 40: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los postes de concreto

Postes de Concreto Armado	Tiempo de Ciclo (min/unidad)					
	Mezclado	Llenado	Moldeado	Espera	Secado	Acabado
7 metros	10	9	11	5	300	5
8 metros	10	10	12	5	300	5
9 metros	10	12	15	7	300	5
12 metros	10	15	18	8	320	7
15 metros	10	17	22	10	350	7
18 metros	10	18	23	10	360	7
25 metros	10	22	27	12	420	10
28 metros	10	25	31	13	480	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los accesorios de concreto

Accesorios de concreto	Tiempo de Ciclo (min/unidad)				
	Mezclado	Llenado	Moldeado	Secado	Acabado
Pastorales	6	5	3	280	5
Crucetas	6	7	3	300	5
Crucetas Asimétricas	6	6	2	300	5
Palomilla	6	6	3	300	5
Media palomilla	6	5	2	250	5
Accesorios de fijación	6	1	1	180	5
Ductos de concreto	6	2	3	320	5

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en el cuadro anterior la etapa de llenado y secado presentan un prolongado tiempo de realización, más aún cuando la longitud de los productos es mayor.

Esto se debe a que el llenado se realiza de manera manual y denota la utilización de carretilla y lampa para su llenado en toda la longitud de los productos.

Con respecto al secado, los postes y accesorios se secan a intemperie; es decir, una vez moldeado el producto se deja en un espacio para su secado al medio ambiente hasta que la mezcla se encuentre endurecida; por este motivo, es que la duración del secado es prolongada.

## 2.8. Identificación y análisis de las Causas Raíces

### CAUSA INMEDIATA N.1: DEFICIENTE GESTIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

En la causa inmediata de la Deficiente Gestión y control de Calidad mostrada anteriormente, se presentó el porcentaje de defectos con respecto a la producción en el año 2018; además, se clasificaron los defectos según como se habían originado: daños físicos y fuera de los estándares de calidad.

Los daños físicos hacen referencia a aquellos productos cuyos defectos han sido originados una vez culminado el proceso productivo; por ejemplo, golpes o daños que se presentaron en almacén o en el pasillo del área de producción. Por otro lado, con respecto a los productos que se encuentra fuera de los estándares de calidad, hacen referencia a defectos originados durante el proceso de producción; como, por ejemplo, el incumplimiento de la resistencia o defectos en la superficie.

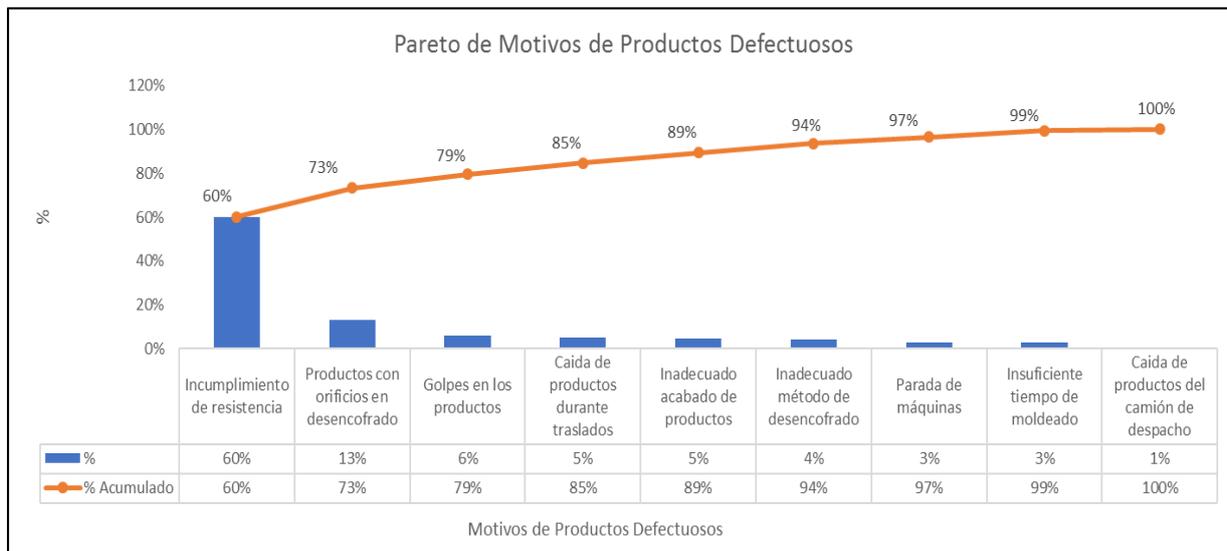
Con el fin de identificar las causas raíces que originan los productos defectuosos se realizará un Pareto de todos los motivos que originaron la totalidad de productos defectuosos en el año 2018, esta información se realizó en base a los registros de la empresa Postes Sullana.

Tabla 42: Motivos de Productos Defectuosos

Motivos de Productos Defectuosos	Cantidad de productos	%	%Acumulado
Incumplimiento de resistencia	2765	60%	60%
Productos con orificios en desencofrado	605	13%	73%
Golpes en los productos	280	6%	79%
Caída de productos durante traslados	240	5%	85%
Inadecuado acabado de productos	210	5%	89%
Inadecuado método de desencofrado	195	4%	94%
Parada de máquinas	140	3%	97%
Insuficiente tiempo de moldeado	128	3%	99%
Caída de productos del camión de despacho	29	1%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>4592</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>

Fuente: Elaboración Propia

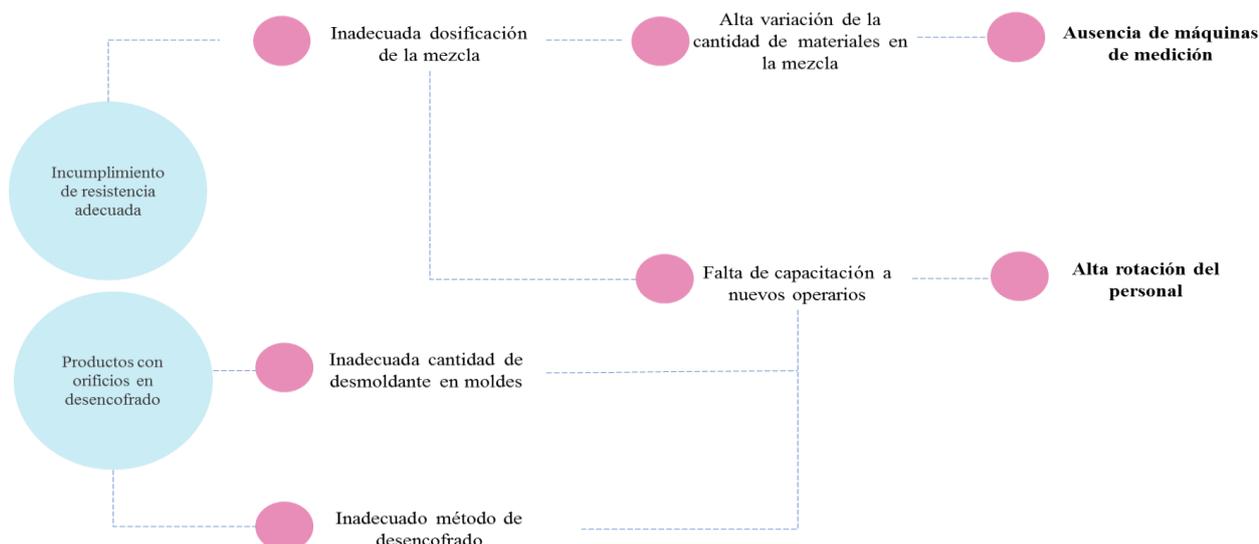
Figura 46: Pareto de Motivos de productos defectuosos



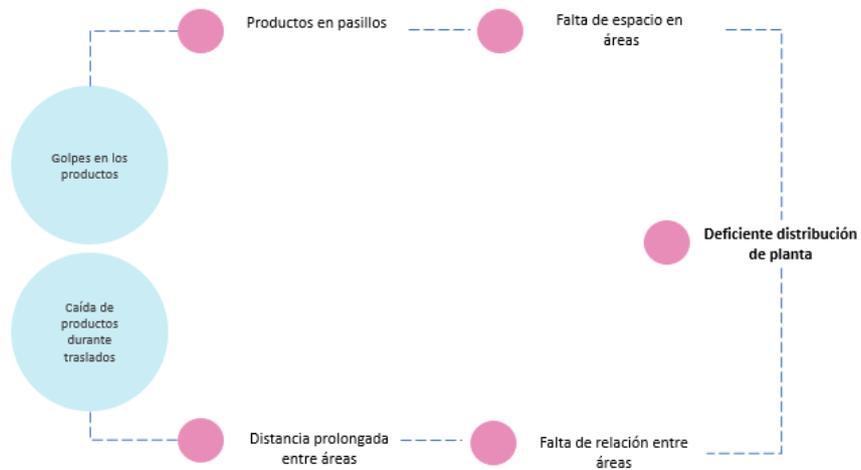
Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al Pareto realizado, se tomará en consideración los motivos que representan el 85% de total analizado. Con esta información, se procederá a analizar cada uno de estos 4 motivos para identificar las causas raíces que generan los productos defectuosos.

Con respecto a los 2 principales motivos que representan el 73%, los cuales son: el incumplimiento de resistencia y productos con orificios en desencofrado, se analizaron las causas que los originan y se identificaron que son por ausencia de máquinas de medición y alta rotación del personal.



Del mismo modo, se realizó para los golpes en los productos y caída de productos durante traslados.

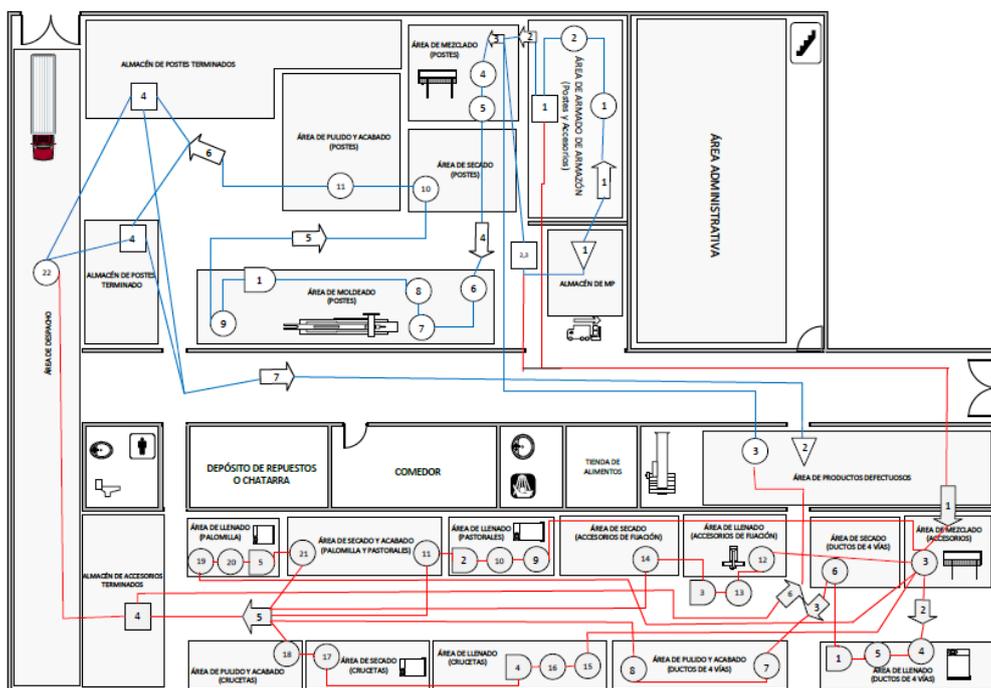


Con el fin de sustentar estas 3 causas raíces identificadas, se aplicará a continuación herramientas de Ingeniería industrial para cada una de ellas.

### 2.8.1. Causa Raíz N.1: Deficiente distribución de planta

Para comprobar la deficiente distribución de planta que presenta la empresa, se realizó un análisis relacional de actividades y adicionalmente, se presenta el diagrama de recorrido del proceso productivo para postes, cuyo flujo se encuentra representado con líneas celestes; y la elaboración de accesorios, representado por líneas rojas.

Figura 47: Diagrama de Recorrido para la Producción de postes de concreto armado



Fuente: Elaboración Propia.

Con el análisis relacional de actividades, que nos indica la importancia de proximidad de las áreas, y con el diagrama de recorrido se puede determinar que existen áreas que se encuentran alejadas a pesar de tener un proceso secuencial; esto genera mayor recorrido del flujo de materiales y en el operario. Además, es importante recalcar que el área de accesorios cuenta con un pasillo de aproximadamente 2 metros, por donde se trasladan los productos terminados. Este traslado presenta problemas debido a que en los pasillos se encuentran productos en proceso y ocasiona que el lugar no se encuentre despejado para el traslado de productos terminados. El problema es mayor para los ductos de 4 vías y accesorios de fijación que se encuentran sumamente alejados al almacén de productos terminados.

Por otro lado, la empresa tiene el área de productos no conformes, donde se encargan de moler dichos productos para obtener piedra chancada. Estos productos no conforme son identificados en el almacén de productos terminados mediante inspecciones de resistencia, y luego los productos que no cumplen con las especificaciones son enviados al área de producto no conforme. Dentro de este recorrido se topan con los productos en proceso que se encuentran en los pasillos; además, se puede observar que ambas áreas se encuentran a una distancia mayor a lo que debería ya que una depende de otra y para evitar recorridos mayores deberían encontrarse próximas.

Por último, se puede observar que solo existe un área de armado de armazón para la producción de ambos productos (postes y accesorios), en el caso de los postes se encuentra próximo al área de moldeado; caso contrario, para la elaboración de accesorios se encuentran muy alejados teniendo como mayor dificultad el traslado de armazón; ya que el nexo de las áreas es un pasillo de 1.80 metros y deben entrar primero por el área de productos no conformes que presenta piedra molida en los pisos.

Para evidenciar lo mencionado, se presentan imágenes que evidencian la deficiente distribución de la planta de la empresa Postes Sullana, las cuales pueden ser observadas

en el **Anexo 28** del presente informe.

Para complementar el sustento de una deficiente distribución de planta, se realizó la matriz esfuerzo. Para la elaboración de dicha matriz se realizó previamente la matriz cantidad y matriz distancia, las cuales se encuentran en el Anexo 21 y Anexo 22 respectivamente.

Tabla 43: Peso en Kg de las unidades producidas

Productos	Abrev.	Secuencia del proceso	Demanda Anual	Peso Unitario (Kg)	Peso Total Producido (Kg)	Peso (TN)
Postes 7 metros	P1	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	1231	300	369300	369.3
Postes 8 metros	P2	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	1501	450	675450	675.45
Postes 9 metros	P3	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	3416	610	2083760	2083.76
Postes 12 metros	P4	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	1536	1080	1658880	1658.88
Postes 15 metros	P5	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	452	2200	994400	994.4
Postes 18 metros	P6	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	194	3100	601400	601.4
Postes 25 metros	P7	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	129	3560	459240	459.24
Postes 28 metros	P8	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	68	4100	278800	278.8
Pastorales	P9	H-A-H-K-R-T-Y-Z	9545	45	429525	429.525
Crucetas Simétricas	P10	H-A-H-K-Q-S-U-Y-Z	3340	80	267200	267.2
Crucetas Asimétrica	P11	H-A-H-K-Q-S-U-Y-Z	3992	85	339320	339.32
Palomillas	P12	H-A-H-K-V-T-Y-Z	3231	60	193860	193.86
A. De Fijación	P13	H-A-H-K-N-P-Y-Z	8265	25	206625	206.625
Ductos de 4 vías	P14	H-A-H-K-M-L-O-Y-Z	3481	94	327214	327.214
<b>Total</b>			<b>40381</b>			

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante dicho análisis se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 44: Resultado de la Matriz esfuerzo

Distribución de planta	Matriz cantidad	Matriz distancia	Matriz esfuerzo
Actual	70250	869	2185627

Fuente: Elaboración Propia.

El cual demuestra que existe un factor esfuerzo elevado en los operarios, debido a las áreas que se encuentran alejadas a pesar de la importancia de proximidad entre ellas, como se ha mostrado anteriormente.

A continuación, se muestra la matriz esfuerzo.

Tabla 45: Matriz Esfuerzo de la situación actual

	A	B	C	D	E	G	H	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Y	Z
A							243004														
B						274167															
C				101478																	
D					163788																
E																					316183
G			210076																		
H	243004	241054						139741													
K									4902	7054				30860	24045				15602		
L												8468									
M									5576												
N													2190								
O																				20232	
P																				11928	
Q																	8613				
R																		5219			
S																		8006			
T																					20154
U																					12543
V																	2394				
Y																					65347
Z																					
<b>TOTAL</b>	243004	241054	210076	101478	163788	274167	243004	139741	5576	4902	7054	8468	2190	30860	24045	8613	7613	8006	15602	64857	381529

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.8.2. Causa Raíz N.2: Alta rotación del personal

En el TIS realizado anteriormente para el vertimiento de los materiales en el mezclado se identificó que las personas que realizan esta actividad son operarios fijos o contratados a destajo, estos últimos no reciben capacitación previa ya que su duración por la empresa es por un corto tiempo de aproximadamente entre 5 a 7 días, según se los requiera.

Para complementar el sustento de esta causa también se realizará el TIS para el proceso de moldeo, ya que los productos con orificios en el desencofrado son originados por una inadecuada cantidad de desmoldante aplicado en el molde y por un inadecuado método en el desencofrado; los cuales son originados por una alta rotación de trabajadores contratados a destajo. Como se mencionó anteriormente, en el año 2018 se presentaron 179 operarios contratados a destajo.

A continuación se muestra el TIS del proceso de moldeo.

Tabla 46: TIS del proceso de moldeo de concreto – Preguntas Preliminares

<i>Proceso</i>	<i>Moldeo</i>	
<b>TIPO</b>	<b>PREGUNTAS PRELIMINARES</b>	
<b>PROPÓSITO</b>	¿Qué se hace?	¿Por qué hay que hacerlo?
	Se moldea el producto mediante vibración durante un cierto tiempo	Para conseguir la forma deseada del producto
<b>MEDIOS</b>	¿Cómo se hace?	¿Por qué se hace de ese modo?
	Se coloca en primer lugar desmoldante al molde que se va utilizar, luego de un cierto tiempo se desempeña el molde para retirar el producto	Porque es fundamental que el desmoldante se aplique inicialmente en el molde para evitar problemas en el desencofrado que puede generar defectos al momento de retirar el producto; ya que, si no se aplica el desmoldante, la mezcla se adhiere al molde ocasionando dificultad en el retiro lo cual por utilización de mucha fuerza puede generar orificios en la superficie

<b>SUCESIÓN</b>	¿Cuándo se hace?	¿Por qué se hace en ese momento?
	Se realiza luego de obtener la mezcla	Porque en ese momento se obtiene la mezcla fresca que debe ser automáticamente utilizada para realizar el moldeado y obtener el producto deseado
<b>PERSONA</b>	¿Quién lo hace?	¿Por qué lo hace esa persona?
	Operarios fijos en demanda baja, y en caso de demanda alta lo realizan operarios a destajo	Porque depende de la cantidad de demanda en el periodo que se realiza
<b>LUGAR</b>	¿Dónde se hace?	¿Por qué se hace ahí?
	En el área de moldeado	Porque se encuentra la máquina moldeadora o vibradora según sea el caso

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 47: TIS del proceso de moldeado de concreto - Preguntas de Fondo

<i>Proceso</i>	<i>Moldeado</i>	
<b>TIPO</b>	<b>PEGUNTAS DE FONDO</b>	
<b>MEDIOS</b>	¿De qué otro modo podría hacerse?	¿Qué debería hacerse?
	Se realizaría de ese modo solo que se debería asignar a un personal definido para este proceso y controlar que se reduzca la cantidad de productos defectuosos por falta de aplicación de desmoldante	Controlar que se aplique adecuadamente la cantidad de desmoldante en el molde
<b>PERSONA</b>	¿Qué otra persona podría hacerlo?	¿Quién debería hacerlo?
	Operarios que no se encuentren atareados y puedan concentrarse en aplicar la cantidad de desmoldante adecuada en el molde para evitar defectos en el momento de desencofrado	Operarios fijos que solo realicen este proceso

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.8.3. Causa Raíz N.3: Ausencia de máquinas de medición

Como se mencionó anteriormente, el incumplimiento de la resistencia (carga de

trabajo) en los productos, se debe directamente por una variación en la dosificación de materiales; la cual se encuentra establecida en el diseño de concreto, en donde se establece la dosificación de cada uno de los materiales de acuerdo al diseño y función que tendrá cada producto que fabrica la empresa. Esto se realiza con el fin de que los productos cumplan con la resistencia adecuada, más aún tratándose de postes y accesorios de concreto armado que sirven como elementos de soporte para el sector de construcción.

Con el fin de analizar esta causa, se utilizará la herramienta de interrogatorio sistemático (TIS) en el proceso de mezclado, específicamente en la actividad de verter los materiales a la máquina mezcladora, para analizar el medio en el que se realiza actualmente la actividad y como esto impacta en la calidad de los productos. Se muestra a continuación el TIS realizado.

Tabla 48: TIS del proceso de mezclado - Preguntas Preliminares

<i>Proceso</i>	<i>Mezclado</i>	
<i>Actividad</i>	<i>Verter materiales a mezcladora</i>	
<b>TIPO</b>	<b>PREGUNTAS PRELIMINARES</b>	
<b>PROPÓSITO</b>	<i>¿Qué se hace?</i>	<i>¿Por qué hay que hacerlo?</i>
	Se vierte proporciones de materiales necesarias para la producción de los productos (postes y accesorios) en la máquina mezcladora	Para obtener la mezcla necesaria que será usada posteriormente en el proceso de moldeado con el fin elaborar los productos
<b>MEDIOS</b>	<i>¿Cómo se hace?</i>	<i>¿Por qué se hace de ese modo?</i>
	Se echa los materiales en carretillas o baldes, que son utilizados para calcular las proporciones que serán vertidas en la mezcladora	Porque no existen herramientas de medición, como, por ejemplo, balanzas que puedan indicar que la cantidad de materiales que es vertida es la correcta.
<b>SUCESIÓN</b>	<i>¿Cuándo se hace?</i>	<i>¿Por qué se hace en ese momento?</i>
	Se realiza previamente al mezclado	Para obtener todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla
<b>PERSONA</b>	<i>¿Quién lo hace?</i>	<i>¿Por qué lo hace esa persona?</i>
	Operarios fijos o contratados a destajo	Porque no hay control con respecto a que la persona que realiza esta actividad conozca exactamente cuáles deben ser las cantidades necesarias para cumplir con la

		dosificación establecida. Solo sigue indicaciones que se le brinda.
<b>LUGAR</b>	<i>¿Dónde se hace?</i>	<i>¿Por qué se hace ahí?</i>
	En el área de Mezclado	Porque se encuentra la máquina mezcladora, que sirve para mezclar todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla para la producción

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 49: TIS del proceso de mezclado - Preguntas de Fondo

<b>Proceso</b>	<b>Mezclado</b>	
<b>Actividad</b>	Verter materiales a mezcladora	
<b>TIPO</b>	<b>PEGUNTAS DE FONDO</b>	
<b>MEDIOS</b>	<i>¿De qué otro modo podría hacerse?</i>	<i>¿Qué debería hacerse?</i>
	Pesar la cantidad de materiales antes de ser vertido con el fin de asegurarse que la cantidad de materiales cumpla con la dosificación establecido según el diseño de concreto	Colocar los materiales en un recipiente, el cual será colocado en una balanza industrial para confirmar que el kg de los materiales sean los adecuados
<b>PERSONA</b>	<i>¿Qué otra persona podría hacerlo?</i>	<i>¿Quién debería hacerlo?</i>
	Personal fijo y nuevo con previa capacitación acerca de cuáles son las cantidades que debe ser colocados en la mezcla para los diferentes productos producidos	Personal capacitado acerca de la dosificación de los materiales

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante el análisis anterior, se puede determinar que el método que actualmente realizan la medición de los materiales es mediante carretillas o baldes, que muchas veces no cumple con los kg necesarios según se requiere para la elaboración de los productos. Adicionalmente, para sustentar la variación de los materiales se tomaron 50 muestras a cada uno los materiales para obtener los kg que eran vertidos en el mezclado, dichas muestras se encuentran en el **Anexo 20**.

## **CAUSA INMEDIATA N.2: DEFICIENTE METODO DE TRABAJO**

Para la identificación de las 2 causas raíces con respecto a los métodos de trabajo, se procedió a mapear los 2 procesos críticos identificados en el VSM, los cuales son el

secado y el llenado de concreto. Para ello, se utilizó la herramienta TIS para detectar cuales son los errores que se presentan en la elaboración de los productos y de qué manera se pueden mitigar.

#### 2.8.4. Causa Raíz N.4: Secado al Intemperie de los postes

Se realizó el TIS del proceso de secado a la intemperie de los postes de concreto.

Figura 48: TIS del proceso de secado al intemperie - Preguntas Preliminares

Tipo	Preguntas Preliminares	
Propósito	¿Qué se hace?	¿Por qué hay que hacerlo?
	Se coloca el producto al intemperie tras ser retirado de su molde para que se pueda fraguar con la temperatura del ambiente	Se coloca para que el producto seque gracias al calor del ambiente
Medios	¿Cómo se hace?	¿Por qué se hace de ese modo?
	Se retira el producto del molde con una grúa y se coloca al lado de la máquina moldeadora	Porque no hay un espacio definido para que los productos puedan fraguar
Sucesión	¿Cuándo se hace?	¿Por qué se hace en ese momento?
	Se realiza cada vez que sea necesario obtener un postes o accesorio de concreto seco	Porque se tiene de satisfacer los pedidos del cliente en el tiempo establecido tras la negociación
Persona	¿Quién lo hace?	¿Por qué lo hace esa persona?
	un operario de la empresa controla la grúa traslada el producto	Porque es el método de trabajo en la organización
Lugar	¿Dónde se hace?	¿Por qué se hace ahí?
	La actividad se realiza en el área de moldeado de concreto	Porque los productos se retiran de la máquina moldeadora y se colocan donde exista un espacio disponible

Fuente: Elaboración Propia

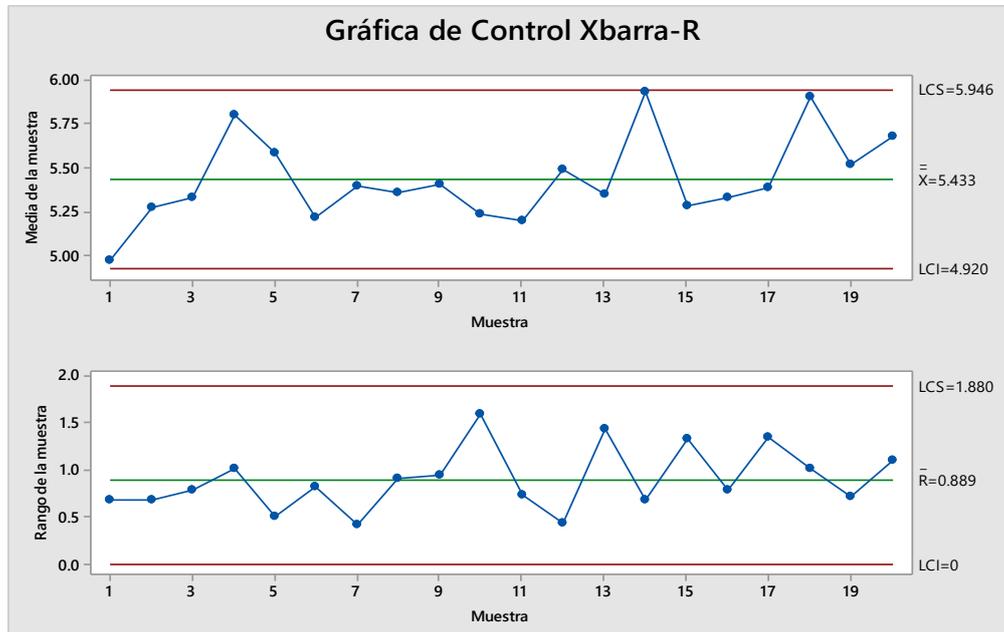
Figura 49: TIS del proceso de secado al intemperie - Preguntas de Fondo

Tipo	Preguntas de Fondo	
Medios	¿De qué otro modo podría hacerse?	¿Qué debería hacerse?
	Al momento de preparar la mezcla se debería agregar un súper plastificante que acelere el proceso de fraguado al intemperie	Investigar sobre súper plastificantes que aceleren el proceso de secado para luego aplicarlo a la mezcla
Lugar	¿En que otro lugar se puede realizar?	¿Por qué debería hacerse ahí?
	Se debe retirar el producto de la moldeadora y llevarlo a un área de secado sin interrumpir ni afectar el libre tránsito en áreas contiguas	Se debe realizar en una área designada para el secado de concreto para evitar accidentes, golpes o danos a los productos, además de no interrumpir el tránsito en las otras áreas de producción

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de realizar el TIS, se realizó toma de tiempos obteniendo un total de 100 datos, los cuales fueron agrupados en 2 subgrupos para realizar un análisis Control Xbarra – R.

Figura 50: Gráficas de Control del proceso de secado de postes



Fuente: Elaboración Propia

Mediante el gráfico podemos concluir que existe puntos que se encuentran próximos a exceder los LCS, los cuales son el punto 14 con un valor medio de 5.937 y el punto 18 con un valor de 5.904. Estos puntos alertan de que el proceso está en riesgo de encontrarse fuera de control. Además, se puede concluir mediante el análisis, que los tiempos de algunos productos que han sido realizados de la misma mezcla varían. Esto nos dirige a analizar el método de trabajo del moldeado y vibrado; ya que debido a que el secado de los postes y accesorios se realizan a temperatura ambiente, depende de la cantidad de mezcla que se ha colocado y si la distribución de la mezcla realizada en el vibrado ha sido la correcta.

### 2.8.5. Causa Raíz N.5: Falta de estandarización de los métodos de trabajo (Proceso Crítico: Llenado de Concreto)

Se realizó el TIS del proceso de llenado de concreto.

Figura 51: TIS del proceso de llenado de concreto - Preguntas Preliminares

Tipo	Preguntas Preliminares	
Propósito	¿Qué se hace?	¿Por qué hay que hacerlo?
	Se traslada en carretilla la mezcla desde la máquina mezcladora hasta la máquina moldeadora y se distribuye en el molde mediante pala por 4 operarios	Se coloca la mezcla en el molde para que el producto tenga la forma deseada para luego fraguarlo
Medios	¿Cómo se hace?	¿Por qué se hace de ese modo?
	Es un proceso completamente manual y se realiza mediante carretilla y pala. En ocasiones se realiza re procesos por cálculo erróneo de mezcla a distribuir	Porque es el método de trabajo en la organización y no se ha pensado en un proceso de mejora hasta el momento
Sucesión	¿Cuándo se hace?	¿Por qué se hace en ese momento?
	Se realiza luego de que la mezcla esta lista para ser colocada en el molde	Porque si se espera mucho tiempo la mezcla puede perder sus propiedades dentro de la máquina mezcladora y quede inutilizable
Persona	¿Quién lo hace?	¿Por qué lo hace esa persona?
	4 operarios son los encargados de llevar la mezcla y distribuirla en el molde	Porque es el método de trabajo en la organización
Lugar	¿Dónde se hace?	¿Por qué se hace ahí?
	Se realiza desde el área de mezclado hasta el área de moldeado, áreas que están relativamente lejos en la planta	La planta no cuenta con una adecuada distribución de áreas dependiendo de los procesos contiguos

Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: TIS del proceso de llenado de concreto - Preguntas de Fondo

Tipo	Preguntas de Fondo	
Medios	¿De qué otro modo podría hacerse?	¿Qué debería hacerse?
	Se podría reubicar las máquinas y áreas de mezclado y de moldeado, además de también eliminar las actividades que no aportan valor al proceso para que el traslado de concreto se puede realizar de manera más eficiente.	Reubicar las áreas de mezclado y moldeado y realizar el traslado eliminando actividades que no agregan valor agregado al proceso.
Persona	¿Quién lo hace?	¿Por qué lo hace esa persona?
	Los 4 operarios capacitados en dicha actividad	Realizar las actividades necesarias para llenar correctamente el molde sin realizar excesivos viajes para trasladar la mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

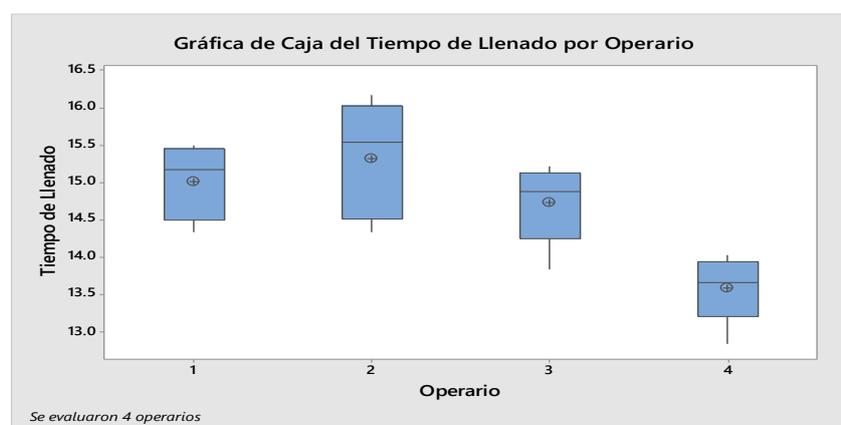
Luego de la elaboración del TIS, se realizaron 20 tomas de tiempo durante la jornada laboral a 4 operarios de los cuales 2 eran nuevos, es decir operarios a destajo. Con estos datos se realizó una gráfica de cajas para analizar los tiempos medios de cada operario y poder identificar si los tiempos de llenado se incrementan en los operarios nuevos.

Tabla 50: Tiempo de llenado de postes en base al tipo de operario

Nº	Tiempo de Llenado	Operarios	Característica
1	14.33	Operario 1	Operario Fijo
2	15.17	Operario 1	Operario Fijo
3	14.67	Operario 1	Operario Fijo
4	15.50	Operario 1	Operario Fijo
5	15.40	Operario 1	Operario Fijo
6	16.17	Operario 2	Operario Nuevo
7	15.88	Operario 2	Operario Nuevo
8	14.33	Operario 2	Operario Nuevo
9	14.70	Operario 2	Operario Nuevo
10	15.53	Operario 2	Operario Nuevo
11	15.22	Operario 3	Operario Nuevo
12	15.03	Operario 3	Operario Nuevo
13	14.67	Operario 3	Operario Nuevo
14	13.83	Operario 3	Operario Nuevo
15	14.88	Operario 3	Operario Nuevo
16	12.83	Operario 4	Operario Fijo
17	13.67	Operario 4	Operario Fijo
18	13.83	Operario 4	Operario Fijo
19	13.58	Operario 4	Operario Fijo
20	14.03	Operario 4	Operario Fijo

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Gráfica de Caja de tiempo de llenado por operario



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51: Resultados del análisis de cajas

N. de operario	Bigote Inferior	Bigote Superior	Quartil 1	Mediana	Quartil 3
Operario1	14.33	15.5	14.5	15.16	15.45
Operario2	14.33	16.16	14.51	15.53	16.02
Operario3	13.83	15.21	14.21	14.83	15.12
Operario4	12.83	14.03	13.2	13.66	13.93

Fuente: Elaboración Propia

Con el análisis realizado, se pudieron obtener los tiempos máximos, mínimo y medio de cada operario. Con ello, podemos concluir que el operario 4 tiene un menor tiempo en comparación con los otros; y el operario 3 a pesar de ser nuevo tiene un tiempo promedio similar al operario 4; y un tiempo menor al operario 1 a pesar de que este sea un operario fijo y tenga mayor familiaridad con el proceso de llenado. Es importante mencionar, que el proceso de llenado es de manera manual y depositan la mezcla en todo lo largo del poste utilizando carretilla y lampa. Por este motivo, el tiempo de duración no depende de que el operario se encuentre capacitado para realizar dicha actividad; sino de factores como que el método de trabajo sea más rápido posible y que los operarios puedan tener el área de mezclado más próximo. Lo último mencionado, está enlazado a la prolongada distancia que se encuentran las áreas que dependen de otra por la secuencia del proceso o por el flujo de materiales, este punto será analizado en la próxima causa a raíz.

### **CAUSA INMEDIATA N.3: DEFICIENTE GESTIÓN DE PLANEAMIENTO DE OPERACIONES**

#### **2.8.6. Causa Raíz N.6: Carencia de Planificación de la Capacidad**

En primer lugar, para dar relevancia y sustento a esta casusa, se realizó un SIPOC para demostrar que existe una deficiente secuencia de actividades y que las salidas del proceso no son las adecuadas.

Figura 54: SIPOC - Planificación de la capacidad del personal

CONTROLES	
C1: Control y análisis de demanda	C2: Calculo aproximado de operarios para cada área de trabajo

Entradas	
Proveedor	Entrada
Supervisor de producción	Demanda Histórica
Supervisor de producción	Reporte de unidades incumplidas
Supervisor de producción	Reporte de asignación del personal a cada estación de trabajo



Salidas	
Salida	Cliente
Incumplimiento de pedidos	Área operativa
No se gestiona adecuadamente la producción	Área administrativa / Área operativa
Saturación de personal por su excesiva utilización	Área operativa
No se distribuye correctamente los empleados en cada área de trabajo	Área administrativa / Área operativa

Actividad	MO	MAT	MET	MAQ	MED	MA
1	X		X		X	
2	X		X			
3	X		X			
4	X		X		X	

Recursos	
Recurso	Proveedor
Demanda Histórica	Postes Sullana
Computadoras	Postes Sullana
Artículos de oficina	Postes Sullana

Indicadores
N. de operarios faltantes para satisfacer el pedido mensual
N. de operarios por cada estación de trabajo
% de Incumplimiento de pedidos por Falta de análisis de la capacidad y distribución del personal

En segundo lugar, se hizo de capacidad de distribución de capacidad del personal para cada área de producción de la empresa en estudio y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 52: Cantidad faltante de operarios en comparación a lo real

Mes	Diferencia	Mes	Diferencia
Enero	5	Julio	5
Febrero	10	Agosto	14
Marzo	6	Septiembre	15
Abril	10	Octubre	12
Mayo	10	Noviembre	12
Junio	14	Diciembre	10

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente la empresa posee 20 operarios fijos en planta y dependiendo el comportamiento de la demanda se contratarán cierta cantidad de operarios al destajo para tratar de satisfacer los pedidos. La “Diferencia” que se puede observar en la anterior tabla expresa la cantidad faltante de operarios que hubiera sido necesaria para no entrar en incumplimiento de pedidos.

Luego de ello, Se analizó el cumplimiento el indicador de cumplimiento de pedidos con respecto a lo real producido en el año 2018, y se obtuvo la siguiente información:

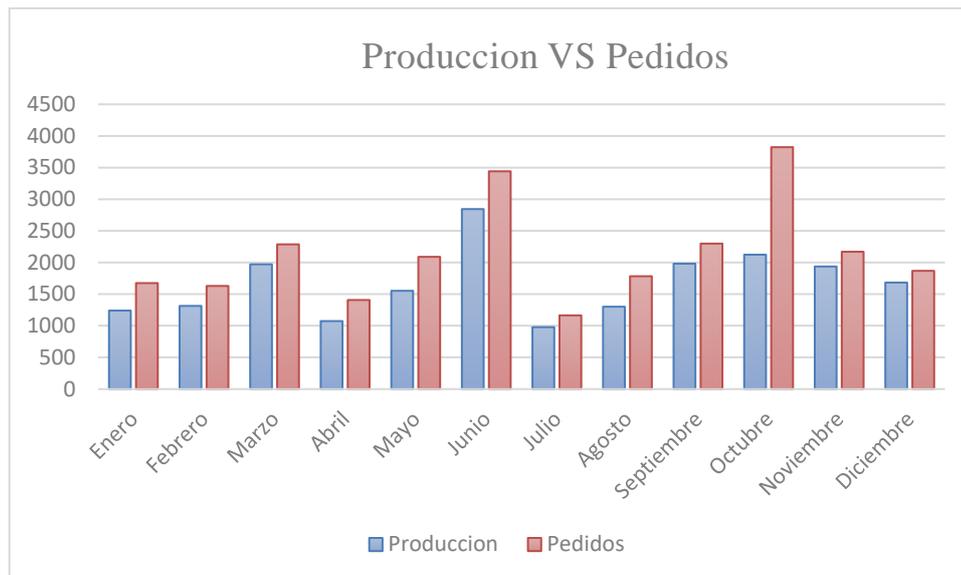
Tabla 53: Producción VS Pedidos

Producción VS Pedidos	
Producción	<b>20003</b>
Pedidos	<b>25637</b>
% Cumplimiento	<b>79.37%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para una mejor visualización de todo el periodo 2018 se presenta el grafico de barras por cada mes del año mencionado.

Figura 55: Gráfica mensual de Producción VS Pedidos - 2018



Fuente: Elaboración Propia

Se puede concluir que en cada mes del periodo nunca se pudo producir lo que realmente se solicitó ya que la empresa en análisis no posee una adecuada capacidad de producción, es decir no está preparada para cumplir con la cantidad de productos demandados.

### 2.8.7. Causa Raíz N.7: Deficiente Política de Inventario

Para sustentar esta casusa, se realizó un SIPOC para demostrar que las salidas del proceso no son las adecuadas y que se deben mejorar diversos ámbitos para conseguir un correcto abastecimiento de materia prima.

Figura 56: SIPOC - Gestion de Compras (Reactivo)

CONTROLES		
C1: Gestion de compras reactiva	C2: Control de ventas y analisis de demanda	C3: Control de productos defectuosos

Entradas	
Proveedor	Entrada
Supervisor de produccion	Demanda Historica
Supervisor de produccion	Reporte de productos Defectuosos
Supervisor de produccion	Reporte paradas de maquina por desabastecimiento
Proveedor	Materia prima (En el mayor de los pedidos incompletos)



Salidas	
Salida	Cliente
No se realiza un plan de compras	Area administrativa
No se gestiona adecuadamente la produccion	Area administrativa
No se distribuye correctamente los empleados en cada area de trabajo	Area administrativa
No se tiene una secuencia estandarizada de actividades en el proceso productivo	Area administrativa

Actividad	MO	MAT	MET	MAQ	MED	MA
1	X				X	
2	X					
3	X		X			
4	X				X	
5	X					
6	X					
7	X				X	
8	X	X		X		

Recursos	
Recurso	Proveedor
Demanda Historica	Postes Sullana
Reporte de averias	Postes Sullana
Computadoras	Postes Sullana
Articulos de oficina	Postes Sullana

Indicadores
N. de paradas de produccion por desabastecimiento
% Stock Out de cemento
% de Incumplimiento de pedidos por Stock Out de cemento

Se puede observar en el SIPOC que la secuencia de actividades en la que se realiza la compra no es la adecuada, ya que no se está tomando en cuenta análisis de abastecimiento, ni mucho menos una gestión general de compras para evitar el Stock Out y de esta manera evitar frenar la producción por carencia de materia prima.

Para seguir con el análisis de esta causa raíz se analizó el desabastecimiento o Stock Out de la materia prima crítica para la elaboración de los postes y accesorios, el cual es el concreto. Cada mes del periodo la empresa se vio en la obligación de realizar paradas de producción por falta de material para continuar el trabajo, por ello se recopiló las toneladas de concreto que no estuvieron disponibles en ese momento, para luego calcular el porcentaje respectivo de Stock Out promedio de la totalidad del año 2018.

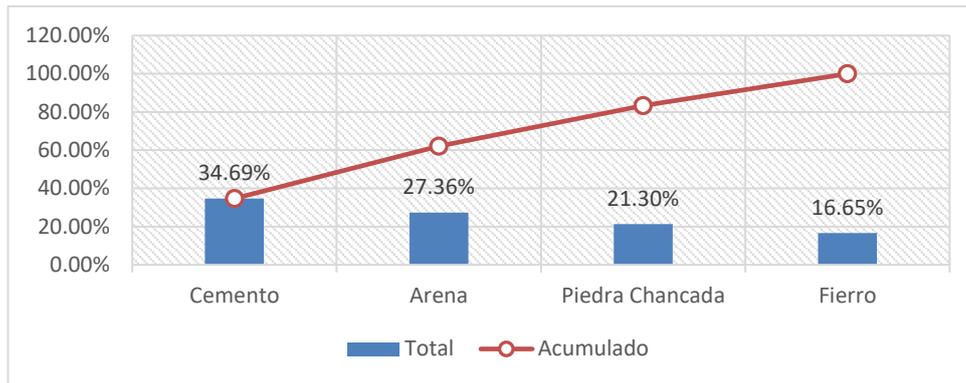
Figura 57: Indicador de Stock Out de concreto

Mes	Stock Out en TN de concreto	TN de concreto utilizadas	% de quiebre de Stock de concreto
Enero	73.56	310.10	23.72%
Febrero	86.76	328.52	26.41%
Marzo	110.63	492.86	22.45%
Abril	77.98	268.60	29.03%
Mayo	48.3	388.19	12.44%
Junio	97.06	711.10	13.65%
Julio	84.74	244.65	34.64%
Agosto	84.46	325.38	25.96%
Septiembre	91.6	495.42	18.49%
Octubre	84.75	530.91	15.96%
Noviembre	64.21	484.36	13.26%
Diciembre	56.73	420.75	13.48%
<b>Total</b>	<b>960.77</b>	<b>960.77</b>	<b>20.79%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que en promedio en el periodo 2018 se tuvo un Indicador de Stock Out de 20.79%, por lo que el problema del desabastecimiento de concreto es relevante para el caso.

Figura 58: Pareto por criticidad de los materiales Faltantes



Fuente: Elaboración Propia

Se realizó el diagrama de Pareto para la priorización de materiales, en los cuales ha presentado Stock Out. Se puede observar que el Cemento y la Arena fina forman la mayor parte de ocurrencias es por ello que el análisis se centrara en esos dos materiales.

#### 2.8.8. Causa Raíz N.8: Carencia de un Plan de Mantenimiento

En el análisis de las causas inmediatas se mostró la cantidad de paradas por cada una de las máquinas que presenta la empresa; además, el indicador OEE de cada una de ellas. En esta parte del informe se busca determinar cuál es la causa raíz de dicha causa inmediata. Las paradas que se presentaron durante dicho año ocurrieron repentinamente durante la jornada laboral, ocasionando de este modo tiempos muertos en los operarios e incumplimiento de la orden de producción durante el tiempo de reparación de la máquina, que en promedio es de 3 horas aproximadamente. Estas fallas son originadas principalmente debido a que la empresa actualmente solo aplica mantenimiento correctivo; es decir, no realizan mantenimiento preventivo ni supervisan que los operarios le brinden los cuidados necesarios que deberían ser aplicados en las máquinas; como por ejemplo, lubricación de las máquinas antes de comenzar la jornada laboral y la limpieza final para eliminar los residuos de concreto seco.

Se muestra a continuación el % de paros no programados, considerando un tiempo total de 8 horas diarias.

Tabla 54: Tiempo de paradas por máquina (en minutos)

MÁQUINAS	Tiempo de Paradas (min)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Vibradora	540	360	672	336	504	504	336	672	840	672	504	336
Accesorios de fijación	336	336	504	336	168	504	336	504	336	336	504	336
Mezcladora de Accesorios	336	336	504	336	168	504	336	504	336	336	504	336
Mezcladora de Postes	504	336	672	504	336	672	672	504	672	672	504	336
Moldeadora	336	672	336	504	672	504	672	504	840	672	672	504

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55: % de disponibilidad de maquinaria por averías

MÁQUINAS	Prom. de Paradas (min)	Prom. de Paradas (Hr)	% de Paradas no programadas	% Disponibilidad por averías
Vibradora	523	9	6.57%	93.43%
Accesorios de fijación	378	7	4.75%	95.25%
Mezcladora de Accesorios	378	7	4.75%	95.25%
Mezcladora de Postes	532	9	6.68%	93.32%
Moldeadora	574	10	7.21%	92.79%

Fuente: Elaboración Propia

Se realizará además un AMFE de las fallas más frecuentes en las máquinas, y cuáles son los controles actuales para cada una de ellas.

Tabla 56: AMFE de las fallas más frecuentes por máquina

Componente analizado	Modo de Falla Potencial	Efectos Potenciales de la Falla	Severidad (1 - 10)	Causa(s) potencial(es) de falla(s)	Ocurrencia (1 - 10)	Controles Actuales	Detención (1 -10)	NPR Inicial
Fallas frecuentes en la empresa	Desgaste abrasivo en componentes de la máquina	Paradas de mantenimiento para el cambio de componentes	6	Contaminación de partículas en maquinaria	8	Limpieza de la máquina solo cuando se realiza mantenimiento correctivo	2	96
	Rotura de cintas calefactoras	Paradas por revisión de mantenimiento	6	Exceso del límite de la capacidad	5	No existe control sobre el exceso de la capacidad, se produce con el fin de atender la demanda	1	30
	Desgarro de componentes	Disminución de la velocidad normal del funcionamiento de la máquina	7	Fricción entre componentes de la máquina	6	No se existe control para la prevención del desgarro de componentes	1	42
	Motor malogrado	Se detiene por completo el funcionamiento de la máquina	9	Sobrecarga de trabajo Giros bruscos Cambios de velocidades inadecuadas	5	Se realiza mantenimiento correctivo sobre si ya se presenta calentamiento excesivo en el motor	2	90

Recalentamiento del motor	Paradas por revisión de mantenimiento	6	Ventilador de motor sucio	4	Se limpia el motor solo cuando se revisa correctamente el motor debido a una presencia de falla	3	72
Destrozo de piezas	Disminución del ritmo de trabajo de máquina	7	Ajustes inadecuados de piezas	6	Se ajusta las piezas externas cuando se aprecia inestabilidad en la máquina	4	168
Falla en contactores y fusibles	Se detiene por completo el funcionamiento de la máquina	9	Falta de cambio de contactores y fusibles	4	No se realiza ningún control para ello, se trabaja correctivamente una vez ocurrida la falla	1	36
Falla de cableado eléctrico	Se detiene por completo el funcionamiento de la máquina	9	Falta de revisión del estado del cableado eléctrico	4	No se realiza ningún control para ello, se trabaja correctivamente una vez ocurrida la falla	1	36
Ruidos y recalentamiento del motor	Paradas por revisión de mantenimiento	6	Ventilador malgrado	4	Se revisa el estado del motor cuando se aprecia excesivo calentamiento por parte del motor	2	48
Elevado consumo del motor	Motor inoperativo	9	Máquina encendida fuera del horario laboral	6	No existe control para ello, solo se apaga la máquina solo si el supervisor aprecia que aún se mantiene prendida	1	54
Falla en el giro de tolva de mezcladora	Aumento en el tiempo de mezclado	4	Falta de lubricación en el eje de giro	8	Se aplica lubricante cuando se realiza mantenimiento correctivo	3	96
Pernos o tornillos desgastados	Inestabilidad de piezas en la máquina	4	Falta de cambio de piezas	6	Se realiza el cambio cuando el operario percibe un mal funcionamiento de la máquina	2	48
Pistones desgastados	Disminución de la velocidad normal del funcionamiento de la máquina	7	Falta de cambio de piezas	6	Se realiza el cambio cuando el operario percibe un mal funcionamiento de la máquina	2	84

Fuente: Elaboración Propia

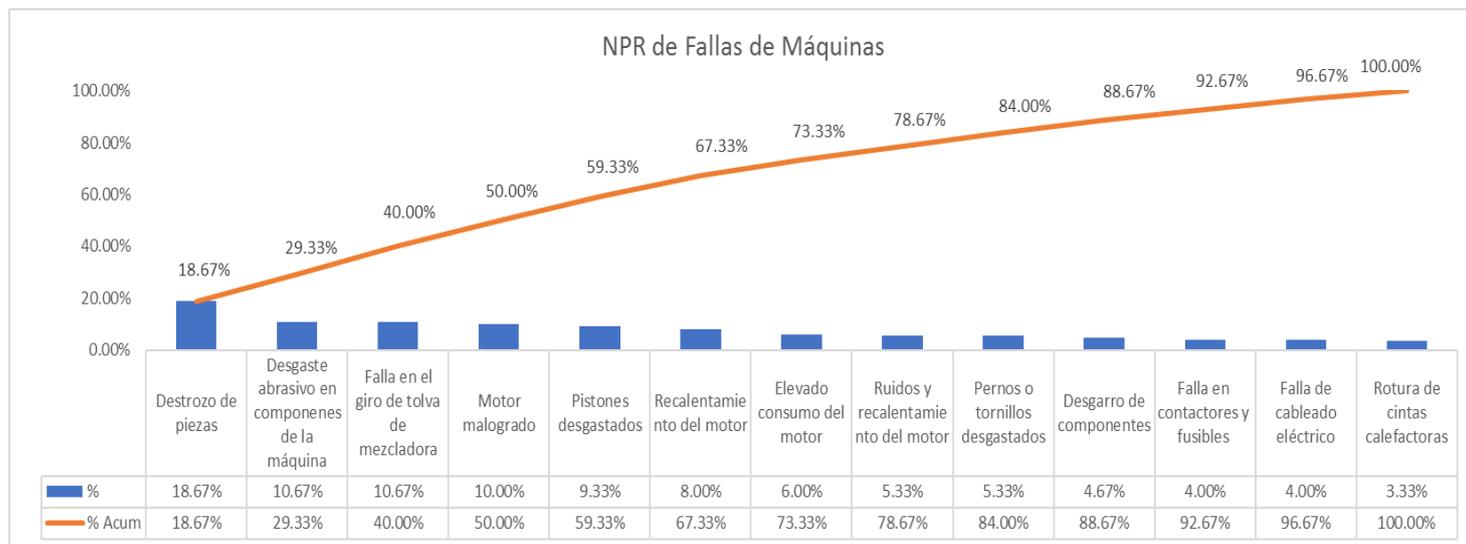
Realizado el AMFE se obtiene el siguiente indicador de NPR, que será expresado en un Pareto.

Tabla 57: Resultados del AMFE de las fallas por máquina

Modo de Falla Potencial	NPR	%	% Acum.
Destrozo de piezas	168	18.67%	18.67%
Desgaste abrasivo en componentes de la máquina	96	10.67%	29.33%
Falla en el giro de tolva de mezcladora	96	10.67%	40.00%
Motor malogrado	90	10.00%	50.00%
Pistones desgastados	84	9.33%	59.33%
Recalentamiento del motor	72	8.00%	67.33%
Elevado consumo del motor	54	6.00%	73.33%
Ruidos y recalentamiento del motor	48	5.33%	78.67%
Pernos o tornillos desgastados	48	5.33%	84.00%
Desgarro de componentes	42	4.67%	88.67%
Falla en contactores y fusibles	36	4.00%	92.67%
Falla de cableado eléctrico	36	4.00%	96.67%
Rotura de cintas calefactoras	30	3.33%	100.00%
TOTAL	900	100.00%	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 59: Pareto de Falla de Máquinas

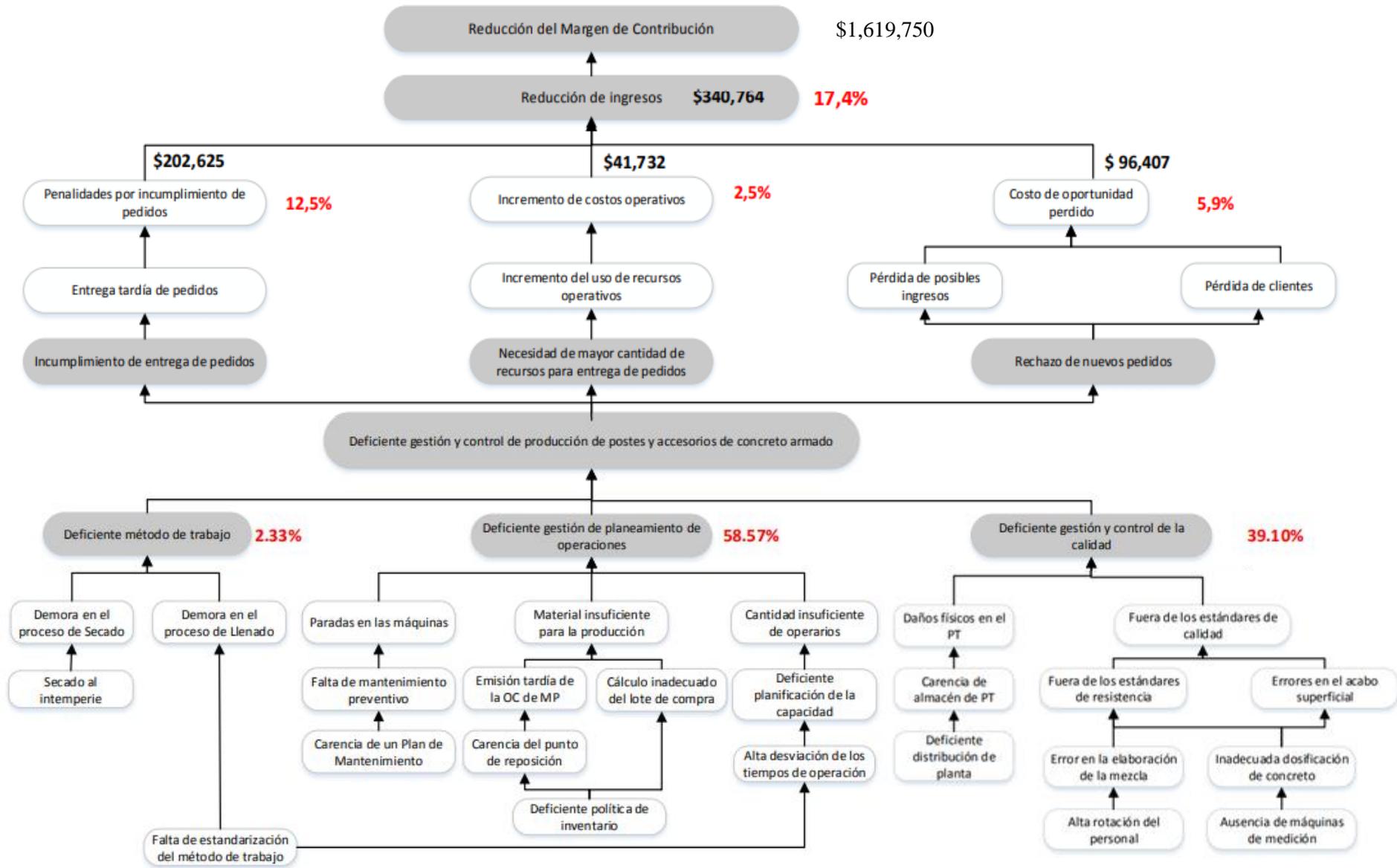


Fuente: Elaboración Propia

Las fallas de las máquinas mostradas anteriormente, son originadas principalmente porque no existe un plan de mantenimiento en donde se asigne periódicamente revisiones previas en cada una de las máquinas, es decir, la aplicación de un mantenimiento preventivo. Además, de cuidados diarios que debe realizar el operario como por ejemplo lubricación y limpieza de las máquinas, y cuidados esenciales como apagar la máquina una vez finalizado la producción.

Una vez reconocidas las causas raíces con respecto a las causas inmediatas, se emplea el árbol de Problemas, ya que nos ayudará identificar y ordenar las causas del problema central y visualizarlas mediante un esquema para su posterior cuantificación, esto con la finalidad de incrementar el nivel de cumplimiento, reducir los sobrecostos operativos y disminuir el costo de oportunidad perdido, los cuales son las consecuencias directas del problema principal de la empresa Postes Sullana.

Figura 60: Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración Propia

El árbol de problemas posee ocho causas raíces que originan la Deficiente gestión y control de producción en la empresa de estudio. A continuación, se realiza la cuantificación y representación estadística de cada causa raíz especificada en el árbol de problemas.

## 2.10. Métricas realizadas a las Causas Raíces

### 2.10.1. Causa Raíz N.1: Carencia de un Plan de Mantenimiento

**Teoría:** A menor cantidad de paradas en máquinas, menor será la cantidad de incumplimientos.

- X: Número de Paradas en Máquinas.
- Y: Cantidad de incumplimientos de entrega de pedidos.

Tabla 58: Paradas por mes con el respectivo número de postes incumplidos

Mes	N° de Paradas	N de postes de 9M incumplidos
Enero	10	89
Febrero	12	110
Marzo	13	136
Abril	11	112
Mayo	10	94
Junio	14	125
Julio	14	108
Agosto	14	128
Septiembre	16	134
Octubre	17	122
Noviembre	13	128
Diciembre	11	98
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>1384</b>

Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecido las variables se realizaron pruebas de normalidad para cada una de los datos de cada variable, con el fin de determinar si los datos cumplen con una distribución normal. Para este caso, se determinó que las dos variables tenían un p valor mayor al nivel de significancia (0.05), las gráficas de la prueba se pueden visualizar en el **Anexo 13**.

Luego de ello, para confirmar el grado de impacto que tiene la causa (N° paradas)

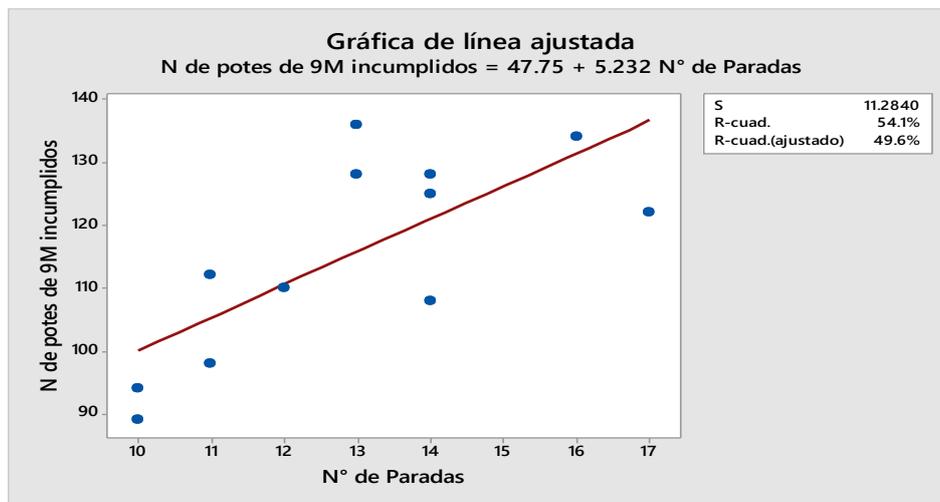
con el efecto (N de postes de 9M incumplidos) se realizó el análisis de regresión lineal. En donde se analizará principalmente que el valor de p sea menor a 5% y el valor de R cuadrado, nos determinará el grado de relación causa - efecto.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

$$\text{Valor } p \text{ value} = 0.006$$

$$R - \text{cuad} = 54.1\%$$

Figura 61: Gráfica de dispersión de postes planificados VS Tiempo en Horas de parada de máquina



Fuente Elaboración Propia

### 2.10.2. Causa Raíz N.2: Carencia de Planificación de la Capacidad

**Teoría:** A mayor cantidad de Stock Out de concreto, mayor será la cantidad de postes incumplidos.

- X: Stock Out de concreto.
- Y: Incumplimiento de Postes de concreto

Se utilizó los reportes realizados por el supervisor de las paradas de producción ocasionadas por desabastecimiento de materia prima para la elaboración de concreto. Las unidades de los diversos productos fueron agregados en el producto patrón de Postes Sullana, el cual es el poste de 9 metros, para luego proceder a calcular las toneladas de concreto que faltaron para completar el pedido en el tiempo establecido.

Tabla 59: Toneladas faltantes de concreto

Mes	Postes planificados no producidos por quiebre de stock	Kg de concreto faltante	TN de concreto faltante
Enero	137.82	73559	73.56
Febrero	162.55	86761	86.76
Marzo	207.27	110630	110.63
Abril	146.11	77984	77.98
Mayo	90.49	48300	48.30
Junio	181.84	97056	97.06
Julio	158.76	84736	84.74
Agosto	158.24	84460	84.46
Septiembre	171.62	91600	91.60
Octubre	158.77	84745	84.75
Noviembre	120.31	64214	64.21
Diciembre	106.29	56730	56.73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60: Datos mensuales de Stock Out en TN de concreto

Mes	Stock Out en TN de concreto (X)	Postes incumplidos (Y)
Enero	73.56	89
Febrero	86.76	110
Marzo	110.63	136
Abril	77.98	112
Mayo	48.30	94
Junio	97.06	125
Julio	84.74	108
Agosto	84.46	128
Septiembre	91.60	134
Octubre	84.75	122
Noviembre	64.21	128
Diciembre	56.73	98
<b>Total</b>	<b>960.77</b>	<b>1384</b>

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo, se realizaron pruebas de normalidad para cada una de las variables, con el fin de determinar si los datos cumplen con una distribución normal. Para este caso, se determinó que las dos variables tenían un p valor mayor al nivel de significancia (0.05), las gráficas de la prueba se pueden visualizar en el **Anexo 14**.

Luego de ello, para confirmar el grado de impacto que tiene la causa (Stock Out en TN de concreto) con el efecto (N de postes incumplidos) se realizó el análisis de regresión lineal. En donde se analizará principalmente que el valor de p sea menor a 5% y el valor

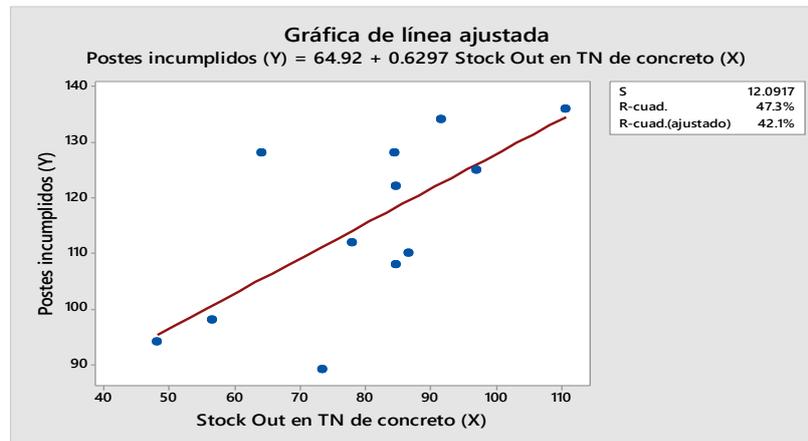
de R cuadrado, nos determinará el grado de relación causa - efecto.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

$$\text{Valor } p \text{ value} = 0.013$$

$$R - \text{cuad} = 47.3\%$$

Figura 62: Gráfica de dispersión de postes incumplidos vs Stock Out en TN



Fuente: Elaboración Propia

### 2.10.3. Causa Raíz N.3: Carencia de la Planificación del Personal

#### Operativo

**Teoría:** A menor cantidad faltante de operarios, menor será la cantidad de incumplimientos.

- X: Cantidad faltante de operarios.
- Y: Cantidad de incumplimientos de entrega de pedidos.

Tabla 61: Datos mensuales de la Cantidad faltante de operarios y la cantidad de incumplimientos

Mes	Cantidad Faltante de operarios	Cantidad de Incumplimientos
Enero	5	89
Febrero	10	110
Marzo	12	136
Abril	10	112
Mayo	10	94
Junio	14	125
Julio	5	108
Agosto	14	128
Septiembre	15	134
Octubre	12	122
Noviembre	12	128
Diciembre	10	98
Total	123	1384

Fuente: Elaboración Propia

La cantidad de operarios faltantes, hace referencia a la cantidad de operarios que se debieron contratar adicionalmente a los operarios contratados a destajo, con el fin de evitar incumplimientos en la entrega de pedidos. Este número fue calculado, realizando una diferencia entre los operarios que se requerían para cumplir con la demanda y los operarios contratados a destajos. Los datos de los operarios requeridos para la demanda se obtuvieron analizando la capacidad actual de la empresa

Con los datos mostrados en la tabla, se realizaron pruebas de normalidad para cada una de las variables, con el fin de determinar si los datos cumplen con una distribución normal. Para este caso, se determinó que las dos variables tenían un p valor mayor al nivel de significancia (0.05), las gráficas de la prueba se pueden visualizar en el **Anexo 15**.

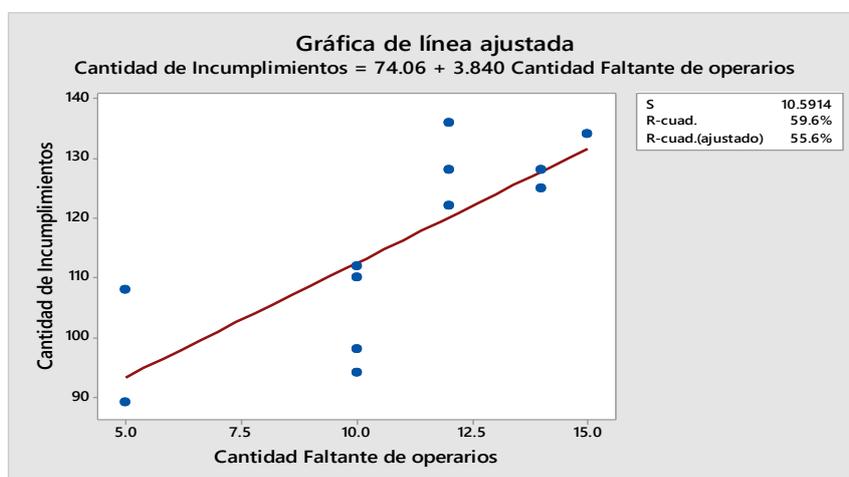
Luego de ello, para confirmar el grado de impacto que tiene la causa (Cantidad faltante de operarios) con el efecto (Cantidad de incumplimientos) se realizó el análisis de regresión lineal. En donde se analizará principalmente que el valor de p sea menor a 5% y el valor de R cuadrado, nos determinará el grado de relación causa - efecto.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

$$\text{Valor } p \text{ value} = 0.003$$

$$R \text{ cuadrado} = 59.6\%$$

Figura 63: Gráfica de dispersión de cantidad faltante de operarios VS Cantidad de incumplimiento de postes



Fuente: Elaboración Propia

#### 2.10.4. Causa Raíz N.4: Alta rotación del personal

**Teoría:** A menor rotación del personal, se obtiene menos productos defectuosos.

- X: Alta rotación de personal al mes.
- Y: Productos defectuosos al mes.

Tabla 62: Datos mensuales de la rotación del personal y los postes defectuosos.

Mes	Alta rotación de personal (X)	Postes defectuosos (Y)
Enero	5	338
Febrero	10	396
Marzo	28	460
Abril	8	364
Mayo	10	334
Junio	35	464
Julio	5	295
Agosto	5	320
Septiembre	15	435
Octubre	25	416
Noviembre	23	390
Diciembre	10	380
<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>4592</b>

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos mostrados en la tabla, se realizaron pruebas de normalidad para cada una de las variables, con el fin de determinar si los datos cumplen con una distribución normal. Para este caso, se determinó que las dos variables tenían un p valor mayor al nivel de significancia (0.05), las gráficas de la prueba se pueden visualizar en el **Anexo 16**.

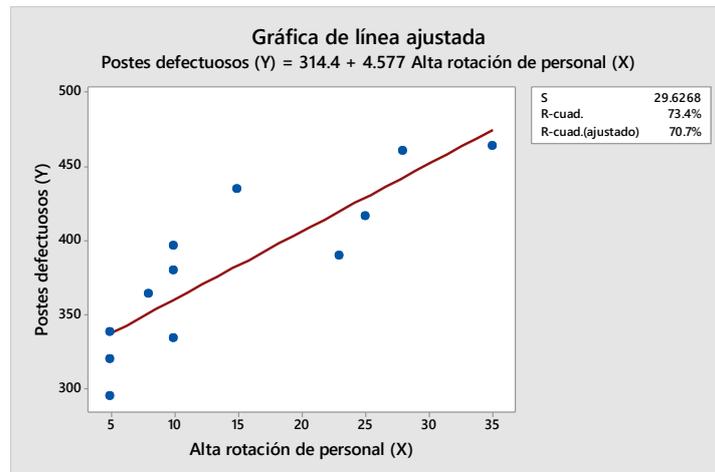
Luego de ello, para confirmar el grado de impacto que tiene la causa (Alta rotación de personal) con el efecto (Postes defectuosos) se realizó el análisis de regresión lineal. En donde se analizará principalmente que el valor de p sea menor a 5% y el valor de R cuadrado, nos determinará el grado de relación causa - efecto.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

$$\text{Valor } p \text{ value} = 0.001$$

$$R - \text{cuad} = 73.4\%$$

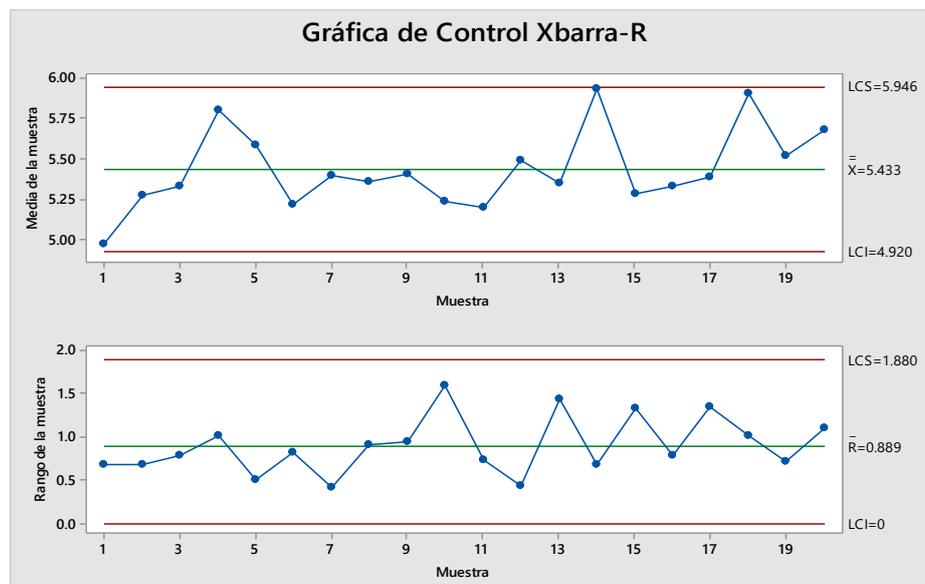
Figura 64: Gráfica de dispersión de Postes defectuosos VS alta rotación del personal



Fuente: Elaboración Propia

### 2.10.5. Causa Raíz N.5: Secado al Intemperie de los postes

Figura 65: Gráficas de Control del proceso de secado de postes



Fuente: Elaboración Propia

Mediante el gráfico podemos concluir que existen puntos que se encuentran próximos a exceder los LCS, los cuales son el punto 14 con un valor medio de 5.937 y el punto 18 con un valor de 5.904. Estos puntos alertan de que el proceso está en riesgo de encontrarse fuera de control.

### 2.10.6. Causa Raíz N.6: Ejecución manual del proceso de llenado

Se realizaron 20 tomas de tiempo durante la jornada laboral a 4 operarios de los cuales 2 eran nuevos, es decir, operarios a destajo y se le realizó un análisis de cajas, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 63: Resultados del análisis de cajas

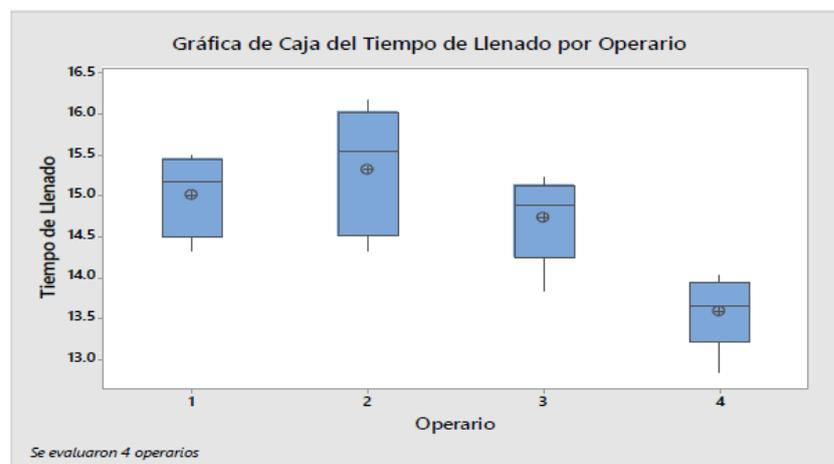
N. de operario	Bigote Inferior	Bigote Superior	Quartil 1	Mediana	Quartil 3
Operario1	14.33	15.5	14.5	15.16	15.45
Operario2	14.33	16.16	14.51	15.53	16.02
Operario3	13.83	15.21	14.21	14.83	15.12
Operario4	12.83	14.03	13.2	13.66	13.93

Fuente: Elaboración Propia

Con el análisis realizado, se pudieron obtener los tiempos máximos, mínimo y medio de cada operario. Con ello, podemos concluir que el operario 4 tiene un menor tiempo en comparación con los otros; y el operario 3 a pesar de ser nuevo tiene un tiempo promedio similar al operario 4; y un tiempo menor al operario 1 a pesar de que este sea un operario fijo y tenga mayor familiaridad con el proceso de llenado. Por este motivo, el tiempo de duración no depende de que el operario se encuentre capacitado para realizar dicha actividad; sino de factores como que el método de trabajo sea más rápido posible y que los operarios puedan tener el área de mezclado más próximo.

Todo ello se puede observar en el diagrama de cajas realizado anteriormente:

Figura 66: Gráfica de Caja de tiempo de llenado por operario



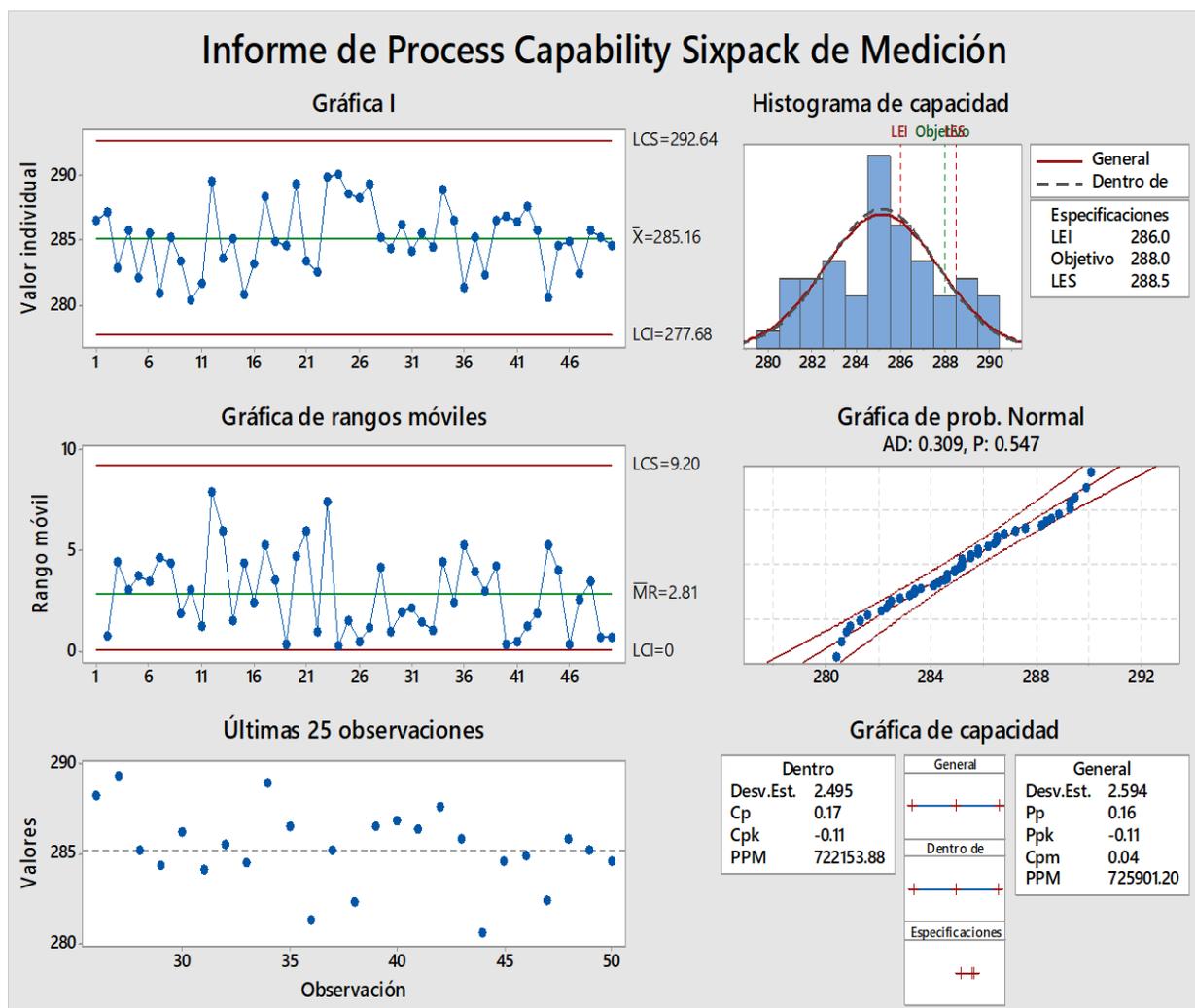
Fuente: Elaboración Propia

### 2.10.7. Causa Raíz N.7: Ausencia de máquinas de medición

Con el fin de demostrar las variaciones en las cantidades de materiales por ausencia de máquinas o herramientas de medición, se realizó un estudio de la capacidad del proceso mediante el programa Minitab. El estudio se realizó con muestras que fueron recolectadas en plena jornada laboral; es decir, cada muestra equivale la cantidad de material que el operario agregaba para la elaboración de la mezcla. Las muestras recolectadas se muestran recolectada se encuentran en el Anexo 20.

Cabe mencionar, que actualmente los operarios estiman la cantidad de material que tienen que agregar a la mezcla mediante baldes. A continuación de mostrará, el estudio realizado para el cemento, arena y piedra chancada.

Figura 67: Análisis de Capacidad de Proceso de la Cantidad de Piedra chancada presente en la mezcla

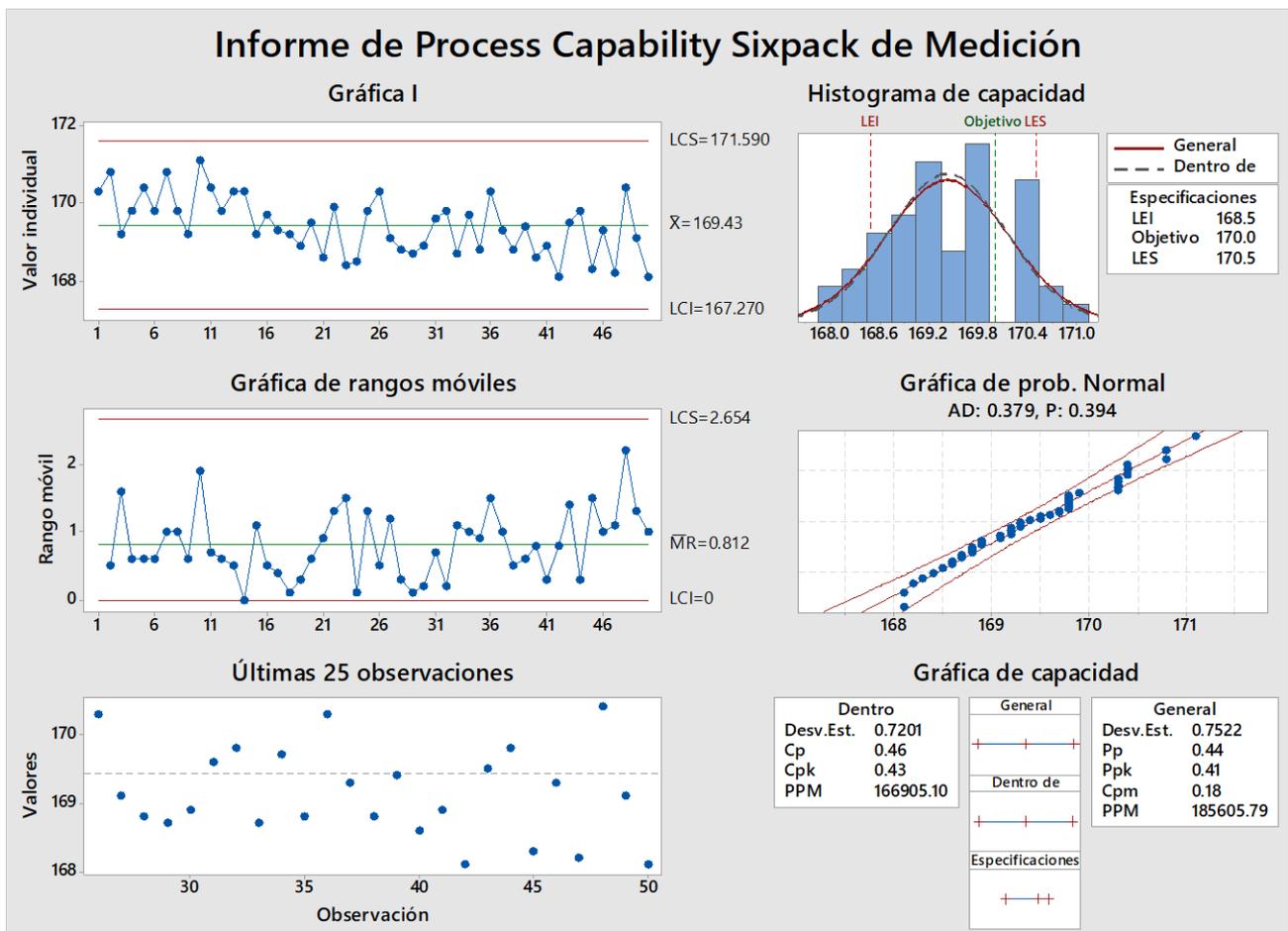


Fuente: Elaboración Propia

Según el informe mostrado, se puede determinar que existe gran variación en la cantidad de piedra chancada que el operario depositaba en la mezcladora. Además, se puede determinar mediante el histograma de capacidad, que existen muestras que se encuentran fuera de los límites superiores e inferiores, esto se traduce en que el operario deposita cantidades menores o mayores según las cantidades establecidas para el correcto diseño del concreto.

Adicionalmente, el informe muestra un valor negativo de Ppk, lo cual indica que el proceso necesita una mejora, ya que el índice ideal para que el proceso se encuentre en buen estado es un valor de Ppk igual a 1.33.

Figura 68: Análisis de Capacidad de Proceso de la Cantidad de Cemento presente en la mezcla



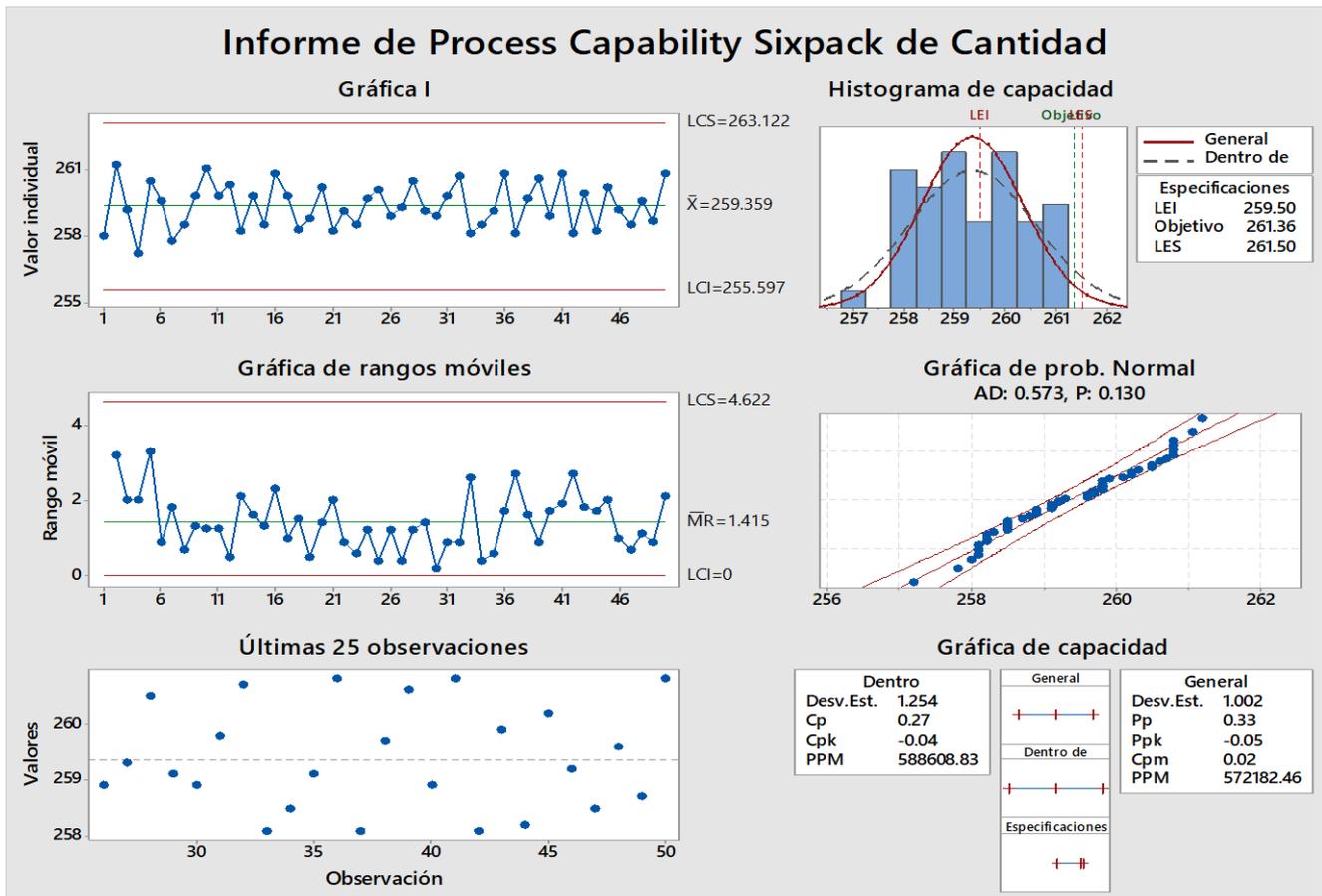
Fuente: Elaboración Propia

Según el informe mostrado, se puede determinar que existe gran variación en la cantidad de cemento que el operario depositaba en la mezcladora. Además se puede

determinar mediante el histograma de capacidad, que existen algunas muestras que se encuentran fuera de los límites superiores y; principalmente fuera del límite inferior.

Adicionalmente, el informe muestra un de Ppk de 0.41, lo cual indica que el proceso necesita una mejora, ya que el índice ideal para que el proceso se encuentre en buen estado es un valor de Ppk igual a 1.33.

Figura 69: Análisis de Capacidad de Proceso de la Cantidad de Arena presente en la mezcla



Fuente: Elaboración Propia

Según el informe mostrado, se puede determinar que existe gran variación en la cantidad de arena que el operario depositaba en la mezcladora. Además, se puede determinar mediante el histograma de capacidad, que existen muestras que se encuentran fuera del límite inferior, esto se traduce en que el operario deposita cantidades menores a las cantidades establecidas para el correcto diseño del concreto.

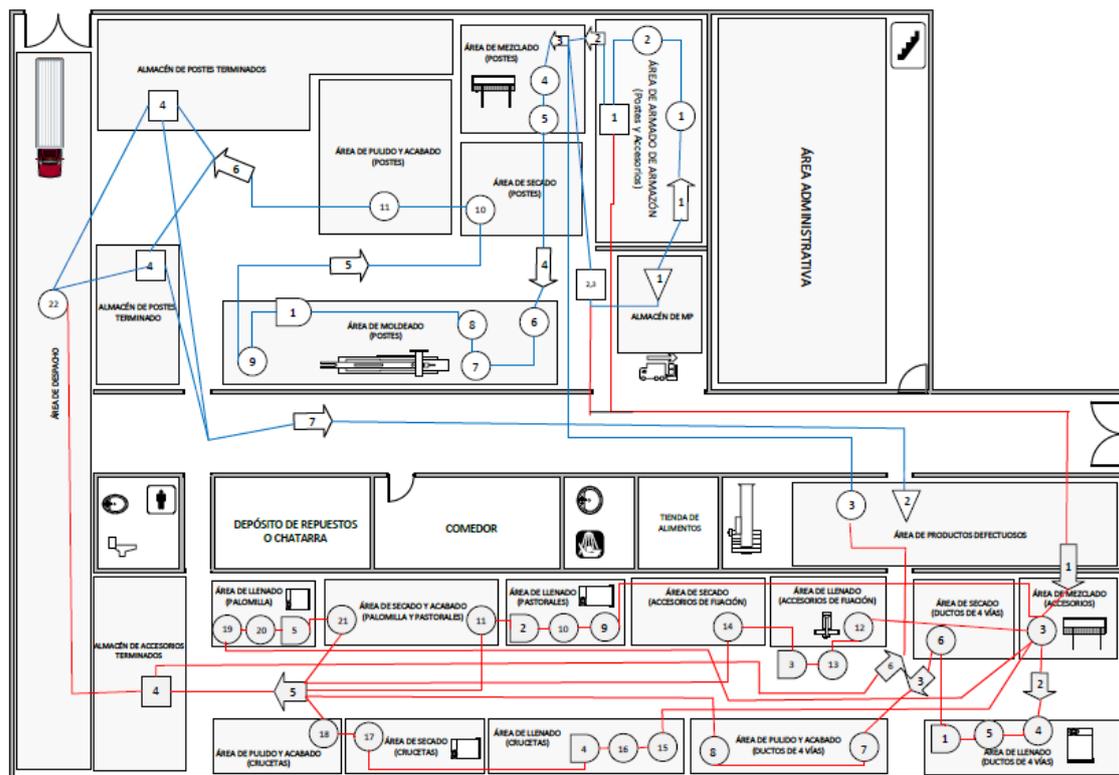
Adicionalmente, el informe muestra un valor negativo de Ppk, lo cual indica que el proceso necesita una mejora, ya que el índice ideal para que el proceso se encuentre en

buen estado es un valor de Ppk igual a 1.33.

### 2.10.8. Causa Raíz N.8: Deficiente distribución de planta

Se realizó un análisis relacional de actividades; el cual se utilizó para analizar la importancia de proximidad de las áreas. Adicionalmente, se presenta el diagrama de recorrido del proceso productivo para postes, cuyo flujo se encuentra representado con líneas celestes; y la elaboración de accesorios, representado por líneas rojas.

Figura 70: Diagrama de Recorrido para la Producción de postes de concreto armado



Fuente: Elaboración Propia.

### 2.11. Vinculación de las causas con solución

“Y” la cual es la variable dependiente, está en función de las variables independientes “Xs” Las variables independientes son:

- X1: Tiempo en horas de parada de Máquinas.
- X2: Número de días de atraso de material.
- X3: Cantidad insuficiente de operarios.
- X4: Alta rotación de personal mensualmente.

- X5: Tiempo del proceso de secado.
- X6: Tiempo del proceso de llenado.
- X7: Ausencia de máquinas de medición.
- X8: Inadecuada Distribución de planta.

Las variables dependientes son:

- $F(X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8)$ : Deficiente Gestión y Control de producción de postes y accesorios de concreto.

## 2.12. Planteamiento de las Hipótesis

Para confirmar la relación que existe entre las causas raíces y el problema central de la organización se tuvo que plantear 7 hipótesis tomando como base cada una de las causas raíces mencionadas.

### ▪ Planteamiento de la Hipótesis N°1:

Ho: No existe relación significativa entre Incumplimiento de pedidos y el Tiempo en horas de Parada de Máquinas.

H1: Existe relación significativa entre Incumplimiento de pedidos y el Tiempo en horas de Parada de Máquinas.

Para confirmar las hipótesis establecidas, se realizaron las siguientes pruebas:

En primer lugar, se realizó prueba de normalidad para cada una de las variables; con ello, se pudo comprobar que ambas variables cumplen con una distribución normal.

Luego de ello, se realizó la gráfica de línea ajustada con respecto a las variables, en donde se obtuvo que el valor de p es menor a 0.05 con lo cual se puede rechazar la hipótesis nula; y con ello, concluir que si existe relación entre las variables analizadas.

Además, se obtuvo que el valor de R- cuadrado es 54.1%, lo cual representa el porcentaje de correlación entre ambas variables.

### ▪ Planteamiento de la Hipótesis N°2:

Ho: No existe relación significativa entre la deficiente gestión y control de la

producción y el Número de días de atraso de material.

H1: Existe relación significativa entre la deficiente gestión y control de la producción y el Número de días de atraso de material.

Para confirmar las hipótesis establecidas, se realizaron las siguientes pruebas:

En primer lugar, se realizó prueba de normalidad para cada una de las variables; con ello, se pudo comprobar que ambas variables cumplen con una distribución normal.

Luego de ello, se realizó la gráfica de línea ajustada con respecto a las variables, en donde se obtuvo que el valor de p es menor a 0.05 con lo cual se puede rechazar la hipótesis nula; y con ello, concluir que si existe relación entre las variables analizadas.

Además, se obtuvo que el valor de R- cuadrado es 47.3%, lo cual representa el porcentaje de correlación entre ambas variables.

▪ **Planteamiento de la Hipótesis N°3:**

H0: No existe relación significativa entre la deficiente gestión y control de la producción y la Cantidad insuficiente de operarios en planta.

H1: Existe relación significativa entre la deficiente gestión y control de la producción y la Cantidad insuficiente de operarios en planta.

Para confirmar las hipótesis establecidas, se realizaron las siguientes pruebas:

En primer lugar, se realizó prueba de normalidad para cada una de las variables; con ello, se pudo comprobar que ambas variables cumplen con una distribución normal.

Luego de ello, se realizó la gráfica de línea ajustada con respecto a las variables, en donde se obtuvo que el valor de p es menor a 0.05 con lo cual se puede rechazar la hipótesis nula; y con ello, concluir que si existe relación entre las variables analizadas.

Además, se obtuvo que el valor de R- cuadrado es 59.6%, lo cual representa el porcentaje de correlación entre ambas variables.

▪ **Planteamiento de la Hipótesis N°4:**

H0: No existe relación significativa entre la deficiente gestión y control de la

producción y la alta rotación de personal mensualmente.

H1: Existe relación significativa entre la deficiente gestión y control de la producción y la alta rotación de personal mensualmente.

Para confirmar las hipótesis establecidas, se realizaron las siguientes pruebas:

En primer lugar, se realizó prueba de normalidad para cada una de las variables; con ello, se pudo comprobar que ambas variables cumplen con una distribución normal.

Luego de ello, se realizó la gráfica de línea ajustada con respecto a las variables, en donde se obtuvo que el valor de p es menor a 0.05 con lo cual se puede rechazar la hipótesis nula; y con ello, concluir que si existe relación entre las variables analizadas.

Tabla 64: Resumen de correlación de variables y-x

Hipótesis Planteadas	Variabes	Resultado R- cuad.
Hipótesis N.1	y: Incumplimiento de pedidos	54.3%
	x: Tiempo en horas de parada de Máquinas	
Hipótesis N.2	y: Incumplimiento de pedidos	47.3%
	x: Número de días de atraso del material.	
Hipótesis N.3	y: Incumplimiento de pedidos	59.6%
	x: Cantidad insuficiente operarios en planta.	
Hipótesis N.4	y: Productos defectuosos	73.4%
	x: Alta rotación de personal	

Fuente: Elaboración Propia.

## 2.13. Cuantificación de las consecuencias

### 2.13.1. Penalidades por Incumplimiento de Pedidos

La primera y principal consecuencia que se genera por la Deficiente gestión y control de la producción de postes y accesorios, son las penalidades por entregar fuera de fecha los pedidos a los clientes, ya sea parcialmente o en su totalidad.

La penalidad que la empresa debe asumir es 5% por día atrasado, del valor de la venta total del pedido. Se puede observar en el **Anexo 18** como se obtuvo el valor total de penalidades asumidas por la empresa en el año 2018.

*I. Penalidades Anuales (2018) = US\$ 202,625*

### **2.13.2. Incremento de Costos Operativos**

La segunda consecuencia del problema principal es el incremento de los costos operativos. En primer lugar, la empresa Postes Sullana para evitar una mayor cantidad de incumplimiento de pedidos, opta la realización de una mayor cantidad de horas de trabajo, las cuales se encuentran fuera de la jornada laboral. En segundo lugar, la empresa posee un severo problema con las máquinas, las cuales sufren de paradas en plena producción, teniendo como repercusión costos de mantenimiento correctivo y Setup. Y, en tercer lugar, las paradas mencionadas generan que la materia prima ubicada dentro de la máquina que presentó el fallo, se de cómo perdida casi en su totalidad.

Tabla 65: Cálculo de los Sobrecostos Operativos en el 2018

<b>I. Horas Extra de los operarios</b>	<b>\$16,839.11</b>
Demora de llegada de Materias primas	\$4,746.24
Cantidad insuficiente de operarios	\$10,979.42
Horas perdidas por paradas en las máquinas	\$1,113.45
<b>II. Setup</b>	<b>\$2,637.81</b>
Horas Hombre	\$302.09
Horas Máquina	\$157.81
Materia Prima	\$2,177.91
<b>III. Concreto Perdido por la falla en máquina</b>	<b>\$23,779.13</b>
<b>Total</b>	<b>\$41,732.06</b>

Fuente: Elaboración Propia

*II. Sobrecostos Operativos (2018) = US\$ 41,732*

### **2.13.3. Costo de Oportunidad Perdido**

La tercera y última consecuencia del problema central de Postes Sullana es el Costo de Oportunidad generado por la pérdida de ingresos debido al rechazo de pedidos, consecuencia directa de la ausencia de capacidad disponible de producción. El valor del costo de oportunidad perdido se puede visualizar a detalle en el Anexo 19.

*III. Costo de Oportunidad Perdido (2018) = US\$ 96,407*

Tabla 66: Impacto Económico Total 2018

Resumen	Impacto
Penalidades por Incumplimiento	\$202,625
Sobrecostos Operativos	\$41,732
Costo de Oportunidad Perdido	\$96,407
<b>Impacto Total</b>	<b>\$340,764</b>

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 66** demuestra que el impacto económico total de los problemas en la organización genera un monto total de US\$ 340,764. Esta suma representó la totalidad de reducción de ingresos en el año 2018 y ocasionó que el margen bruto de contribución de la empresa en estudio haya disminuido en 17.4%

***Reduccion del Margen de Contribucion = 17.4%***

#### **2.14. Conclusiones**

Con la culminación del análisis de relaciones de las causas raíces con el problema central de la organización se pudo evidenciar la relación existente entre ambas. Tomando como base estas relaciones y la vinculación con las herramientas propuestas de solución se plantea la siguiente hipótesis principal:

Mediante la estandarización procesos y métodos de trabajo se podrá reducir el tiempo de los dos procesos críticos para la producción de postes y accesorios de concreto, los cuales son el secado y el llenado; será necesaria la implementación y el cumplimiento de un plan de mantenimiento y métricas de gestión para el problema de paradas de máquina; con el uso de herramientas de planeamiento de demanda y suministro, el problema de carencia de la planificación de los recursos necesarios se verá reducido; y finalmente con la planeación estratégica de personal y la implementación de un sistema de gestión por competencias, se podrá mitigar el problema de la alta rotación del personal”. Por lo tanto, con la aplicación de las herramientas mencionadas, se logrará una adecuada gestión y control de producción de la empresa Postes Sullana S.A.C.

## CAPÍTULO III – PROPUESTA - APORTE

Tras la elaboración del diagnóstico de la situación actual de la empresa en estudio en el capítulo anterior del presente proyecto de investigación, se plantearon metodologías y herramientas de manera preliminar que darían solución a las causas raíces que repercuten de manera negativa en la organización.

El presente capítulo se analiza el desarrollo de las herramientas propuestas, donde se tomará como base las causas raíces identificadas en el capítulo anterior. Las herramientas que se utilizaron están relacionadas con la metodología Lean Manufacturing, siendo estas las siguientes: (1) SLP, (2) Estandarización del método de trabajo, (3) Planeamiento agregado, (4) Gestión de Inventarios, (5) Programación mediante MRP I, (6) Mantenimiento Autónomo y (7) Gestión de Mantenimiento.

Estas herramientas trabajarán utilizando como base las causas raíces previamente identificadas, las cuales se nombran a continuación: (1) Deficiente distribución de planta, (2) Alta rotación de personal, (3) Ausencia de máquinas de medición, (4) Secado al Intemperie, (5) Falta de estandarización del método de trabajo (6) Deficiente distribución de la capacidad, (7) Deficiente política de Inventarios y (8) Carencia de un Plan de Mantenimiento.

Durante el desarrollo del capítulo 3, se realizará la descripción de la vinculación de las causas raíces mencionadas con su solución correspondiente, el diseño general de la investigación y el desarrollo general de las herramientas elegidas. Cabe mencionar, que las metodologías y herramientas que se han propuesto han sido evaluadas anteriormente en base a casos de éxito de la literatura, es decir, los artículos científicos indexados.

### **3.1. Motivación de la Propuesta**

Según el diagnóstico realizado a la empresa en estudio, la deficiente gestión y control de producción de postes y accesorios de concreto armado genera un total de gastos de \$395,381, el cual representa el 24,41% con respecto a la facturación total. El problema se genera por la deficiente gestión y control de la calidad, el deficiente método de trabajo y por la deficiente gestión de planeamiento de operaciones. Mediante estas causas, se analizaron las causas raíces para cada una de ellas.

Las causas raíces identificadas están asociadas a herramientas específicas, que pertenecen a la filosofía Lean Manufacturing y estarán basadas en un modelo de mejora determinado Kaizen, el cual busca eliminar las actividades que no agregan valor al producto o a los procesos, incrementando valor mediante inversiones en personal, equipos, tecnología, etc.

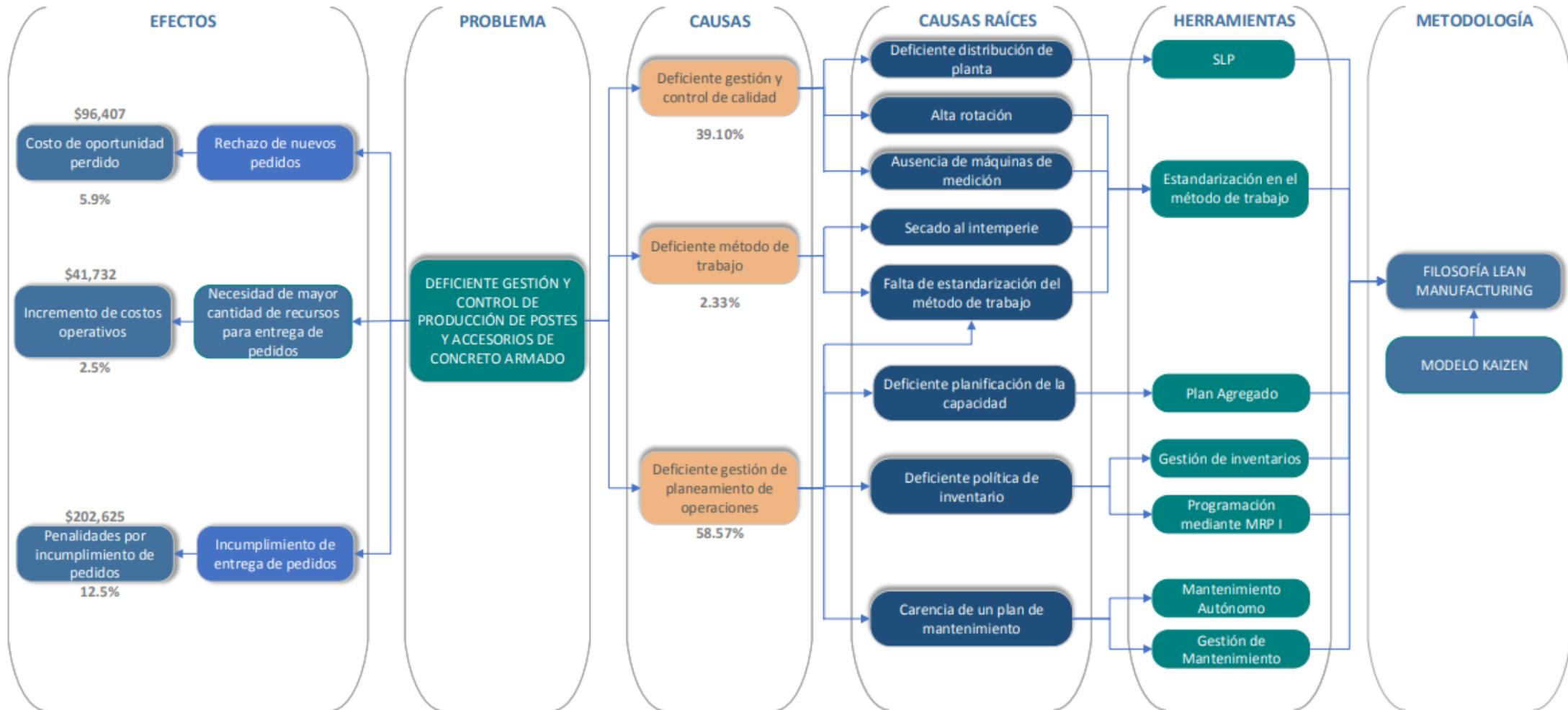
La motivación de la propuesta es desarrollar cada una de las herramientas con el fin de reducir el monto de penalidades por incumplimiento de pedidos, reducir los costos operativos y aumentar el costo de oportunidad; teniendo como objetivo principal incrementar el margen de contribución de la empresa.

### **3.2. Vinculación de la Causa con la Solución**

En esta parte de la investigación se van a relacionar las herramientas propuestas asociadas a las causas raíces que se identificaron en el anterior capítulo, y se establecerá un orden esquemático entre el diagnóstico de la situación actual y la propuesta de la investigación. En primer lugar, se relaciona el problema general de “Deficiente Gestión y control de la Producción” con sus respectivas causas inmediatas, las cuales son: Deficiente método de trabajo, Deficiente Gestión de planeamiento de operaciones y Deficiente Gestión y control de la Calidad. Luego con ello, se relaciona el problema mencionado con su respectivo impacto asociado de 39.10% de la facturación total del año 2019 en la empresa Postes Sullana. En segundo lugar, se relacionan las causas inmediatas

con sus respectivas causas raíces. La causa inmediata de Deficiente Gestión y control de la calidad, se encuentra asociada a las siguientes causas raíces: Deficiente distribución de planta, Alta rotación del personal, ausencia de máquinas de medición y el inadecuado tiempo de vibrado de concreto. La segunda causa inmediata, es decir, la Deficiente gestión de planeamiento de operaciones, se relaciona con: Carencia de un plan de mantenimiento, Deficiente política de inventario y Falta de estandarización del método de trabajo. La tercera causa inmediata de Deficiente Método de trabajo está vinculada con las causas raíces de: Secado la intemperie, y Falta de estandarización del método de trabajo

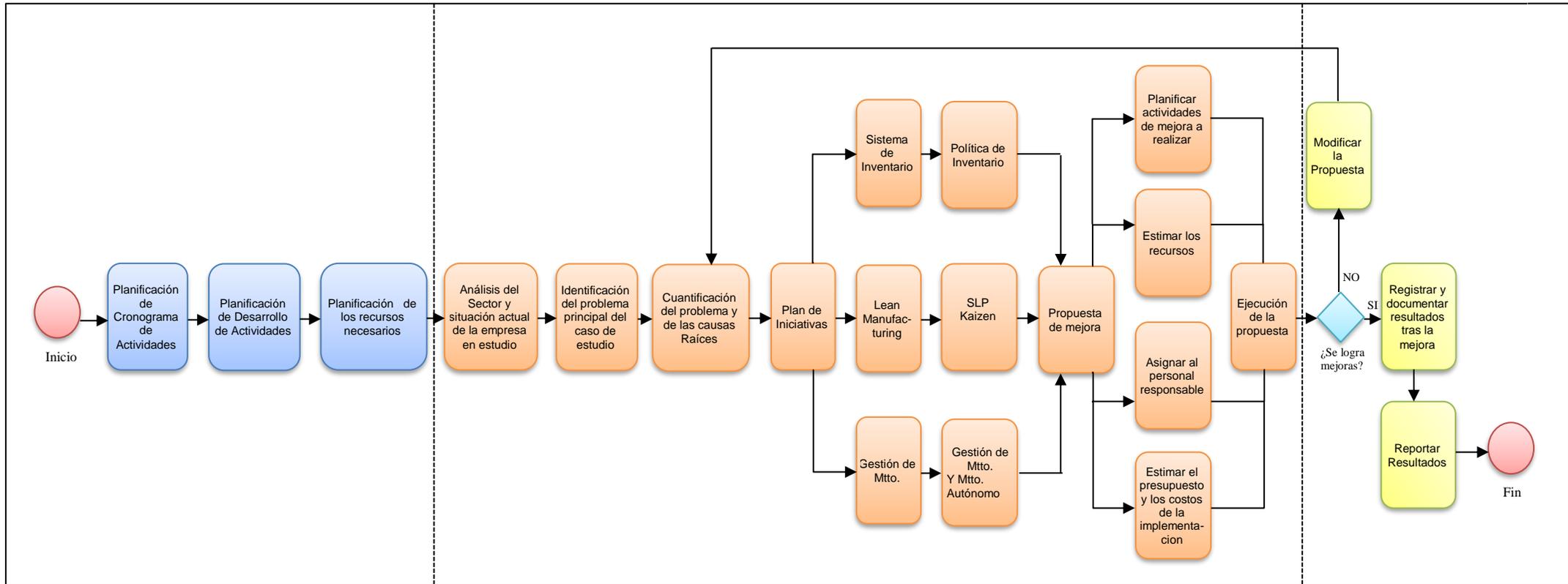
Figura 71: Diagrama de Vinculación de Causas Raíces con Solución



Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. Diseño de la propuesta de investigación

Figura 72: Diseño de la Propuesta de Investigacion



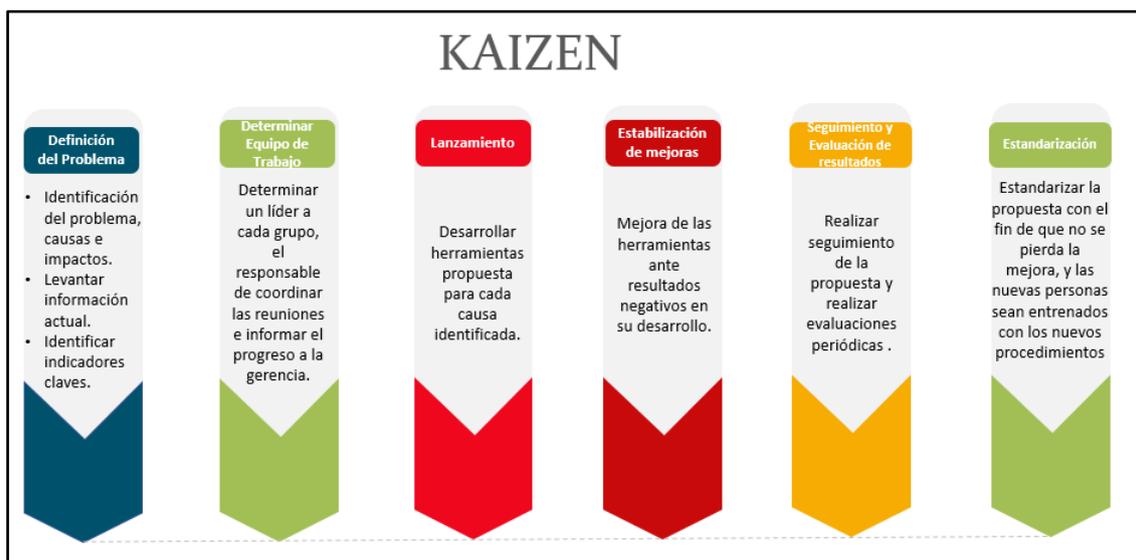
Fuente: Elaboración Propia

### 3.4. Diseño de la Propuesta

#### 3.4.1. Desarrollo de la propuesta de mejora

En esta fase, se presentan las etapas y los pasos a seguir para la implementación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa Postes Sullana S.A.C. En la figura posterior se muestran las fases y elementos que involucra la implementación de Kaizen, la cual será la herramienta de mejora en la que se basará este estudio de investigación. Esta herramienta nos permitirá tener como objetivo desarrollar cada una de las herramientas establecidas para cada causa identificada del problema; con el fin de añadir valor agregado a los procesos de la organización, y poder cumplir con los objetivos generales y específicos que se plantearon para el estudio de mejora.

Figura 73: Implementación Lean según “Manufactura Inteligente – Como implementar Kaizen”



Fuente: Manufactura Inteligente – Como implementar Kaizen (2015). Elaboración Propia

### 3.4.2. Consolidado del Aporte de las herramientas revisadas

En el siguiente cuadro comparativo se mencionará cada uno de los artículos y técnicas utilizadas para los desperdicios que posee la empresa Postes Sullana.

Tabla 67A: Consolidado del Aporte de las herramientas revisadas y su relación con la literatura

AUTORES DE ARTICULO RELEVANTE	PRODUCTOS DEFECTUOSOS	TIEMPOS PERDIDOS	NIVEL DE REPROCESOS	PROCESOS INAPROPIADOS	PRODUCCION INSUFICIENTE	INVENTARIO INSUFICIENTE
Aly Megahed , Marc Goetschalckx (2017)		Estandarización de métodos de Trabajo			Planificación Táctica	Gestión de Inventarios
Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi (2017)		Balance de Línea		Balance de Línea		
Alaitz Kortabarria, Unai Apaolaza, Aitor Lizarralde & Itxaso Amorrortu (2018)					Planificación Táctica	MRP I
Milos Vorkapic, Filip Radovanovic, Dragan Cockalo, Dejan Dordevic (2017)	SLP					Gestión de Inventarios
Sampath Rajagopalan & Jayashankar M. Swaminathan (2012)	SLP Estandarización de métodos de trabajo	SLP Estandarización de métodos de trabajo				
Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini (2016)					Planificación Táctica	Gestión de Inventarios MRP I
Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz & Harold Enrique Cohen Padilla (2018)		Gestión de Mantenimiento	Gestión de Mantenimiento Manteniendo autónomo			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 68B: Consolidado del Aporte de las herramientas revisadas y su relación con la literatura

AUTORES DE ARTICULO RELEVANTE	PRODUCTOS DEFECTUOSOS	TIEMPOS PERDIDOS	NIVEL DE REPROCESOS	PROCESOS INAPROPIADOS	PRODUCCION INSUFICIENTE	INVENTARIO INSUFICIENTE
Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem & Isidore C. Ezema (2018)	Metodología Lean				Planificación Táctica	
G. Behzadi, M.J. O'Sullivan, T.L. Olsen & A. Zhang (2017)		Estandarización de métodos de Trabajo				Gestión de Inventarios
Romain Mielo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018)					Planificación Táctica	MRP I
Souraj Salah, Abdur Rahim y Juan A. Carretero (2015)		Lean management				
Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad (2017)	Métodos de Producción Lean	Estandarización de métodos de Trabajo				

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.3. Diseño del modelo de solución propuesto

Figura 74: Diseño de la propuesta de mejora

# LEAN MANUFACTURING KAIZEN

Se basa en eliminar las actividades que no agregan valor al producto o a los procesos, busca incrementando valor mediante inversiones en personal, equipos, tecnología, etc. Además, consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores en procesos continuos de mejora, a través de pequeños aportes, que tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones y crear una cultura organizacional que garantiza la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales.



El diseño de solución propuesto, inicia con la implementación de Kaizen, modelo de mejor continúa basado en eliminar las actividades que no aportan valor al producto o a los procesos, teniendo como objetivo incrementar valor mediante inversiones en personal, equipos, tecnología, etc. Además. Consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores en procesos continuos de mejora, a través de pequeños aportes, que tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones; y crear una cultura organizacional que garantiza la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones. Este modelo se enfoca principalmente en los procesos, personas y mantenimiento.

La propuesta inicia mediante el enfoque en el proceso, proponiendo la implementación la estandarización en el método de trabajo, el cual servirá principalmente para determinar y desarrollar el método operativo idóneo y asignar los tiempos correctos de producción. Manteniendo el enfoque en los procesos, se propone además implementar herramientas para mejorar el proceso de inventarios; para ello se plantea implementar una gestión de inventarios y realizar una programación mediante MRP I; con el fin de determinar la cantidad de materiales necesarios a comprar y establecer el tiempo de reposición para realizar las compras de materiales.

Posterior a ello, mediante un enfoque al mantenimiento y a las personas, se propone implementar y desarrollar una gestión de mantenimiento que permita garantizar la continuidad de la producción, evitando atrasos por averías de máquinas; además, se propone implementar un mantenimiento autónomo con el fin de desarrollar operarios autónomos para la aplicación del mantenimiento.

Mediante un enfoque en el proceso y personas, se propone implementar la herramienta del plan agregado; con el cual se busca determinar la cantidad a producir en un mediano plazo y la cantidad de recursos operativos necesarios a utilizar para atender la demanda.

Por último, con el fin de organizar la planta de producción para agilizar el flujo de materiales y evitar recorridos innecesarios en los operarios, se propone la implementación de las herramientas Systematic Layout Planning (SLP).

A continuación, se presentarán los casos de éxito los cuales fueron elegidos evaluando la literatura académica en las fuentes indexadas. Dichos artículos científicos definirán los diseños de las herramientas que se van a implementar en el presente capítulo.

### **3.4.3.1. Casos de éxito**

#### **Caso de éxito 1: Kaizen**

Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India.

#### **Caso de éxito 2: Planificación Táctica y Gestión de Inventarios**

Tactical supply chain planning under uncertainty with an application in the wind turbines industry.

Allocation flexibility for agribusiness supply chains under market demand disruption

#### **Caso de éxito 3: Planificación y Programación mediante MRP I**

Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management.

Material Management without Forecasting: From MRP to Demand Driven MRP.

#### **Caso de éxito 4: SLP**

Applicability of the lean concept to the management of small-scale manufacturing enterprises in Serbia

#### **Caso de éxito 5: Estandarización del método de trabajo**

Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review.

Value Stream mapping approach and analytical network process to identify and

prioritize production system's Mudas

The integration of Six Sigma and lean management

Critical issues in lean manufacturing programs: A case study in Kurdish iron & steel factories.

#### **Caso de éxito 6: Planeamiento Agregado**

Tactical supply chain planning under uncertainty with an application in the wind turbines industry.

Allocation flexibility for agribusiness supply chains under market demand disruption

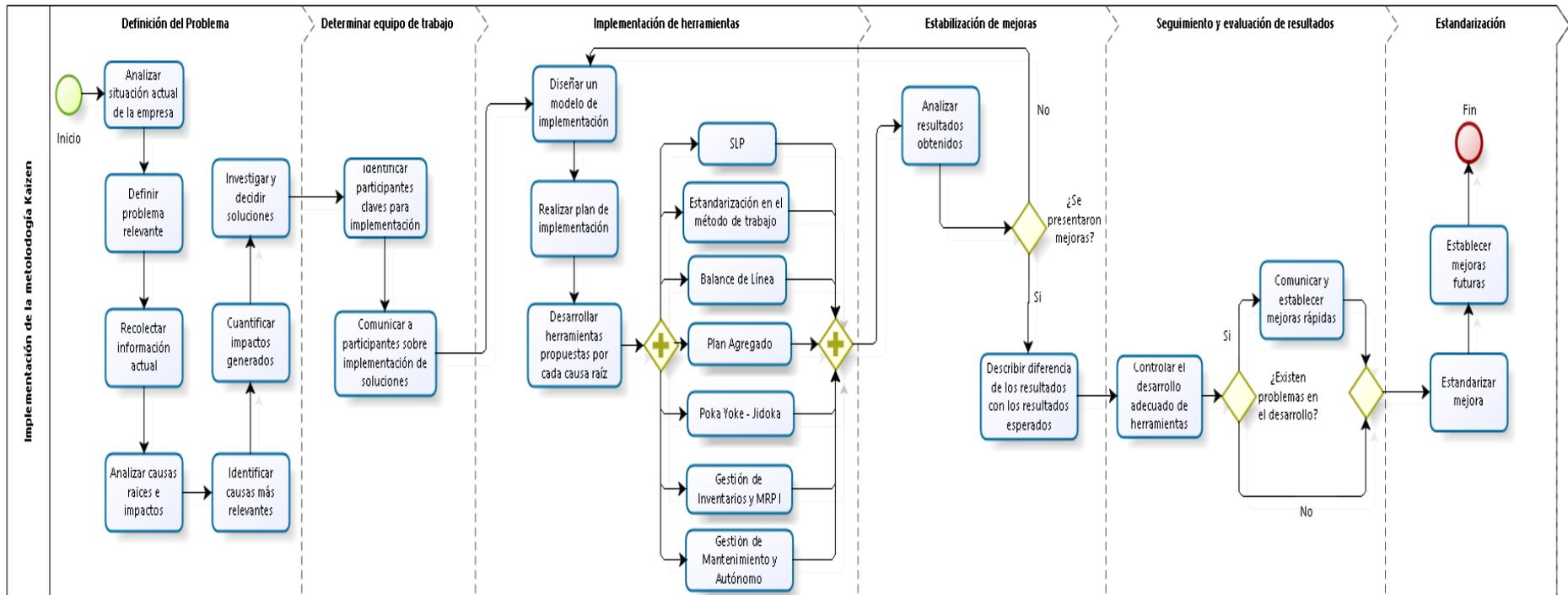
#### **Caso de éxito 7: Gestión de Mantenimiento, Mantenimiento Autónomo**

Lean manufacturing: 5s and TPM, quality improvement tools. Metalworking company business in Cartagena, Colombia

### 3.4.3.2. Kaizen

Se muestra mediante el siguiente flujograma, los pasos a desarrollar durante las seis fases que involucra la implementación de la herramienta de mejora, Kaizen. Como ya se ha mencionado, esta herramienta nos permitirá tener como objetivo desarrollar cada una de las herramientas establecidas para cada causa identificada del problema; con el fin de añadir valor agregado a los procesos de la organización, y poder alcanzar los objetivos generales y específicos planteados.

Figura 75: Flujograma de Kaizen

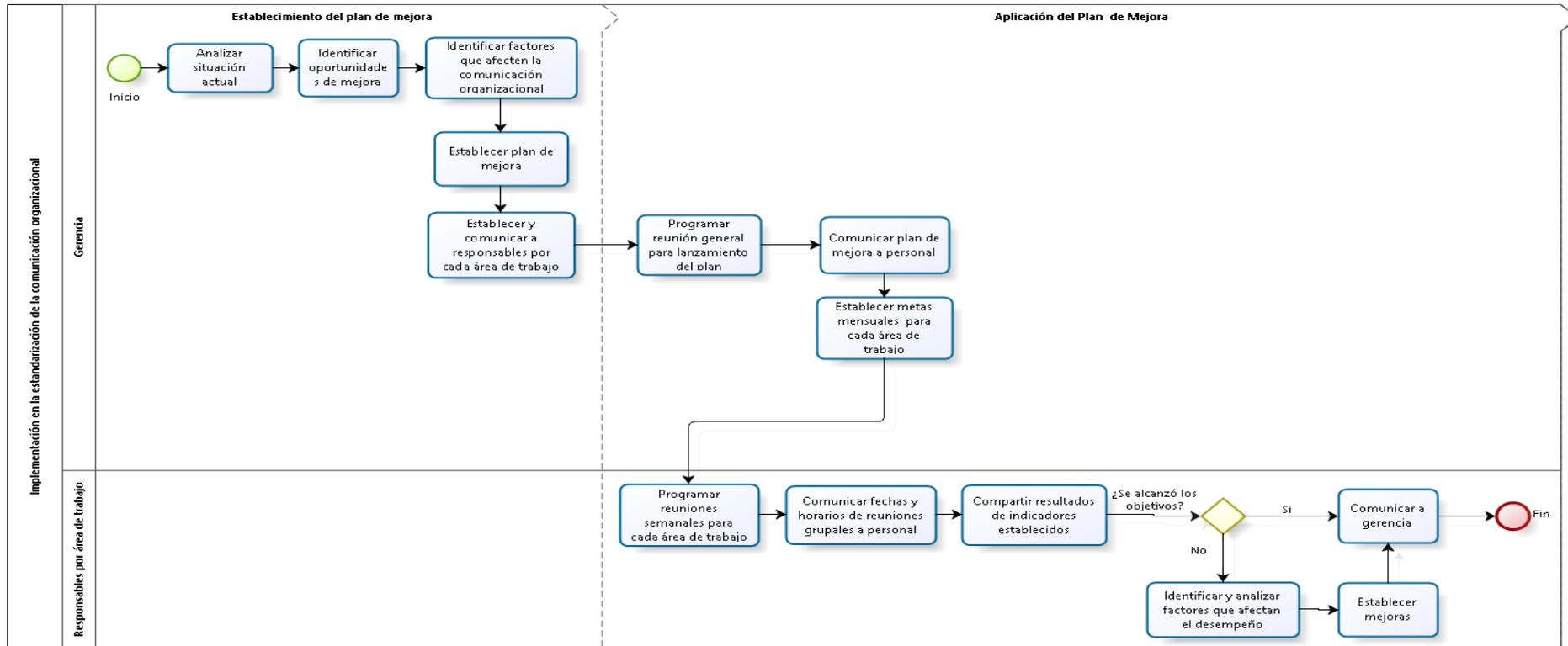


Fuente: Ashwani Kumar Dhingra & Bhim Singh (2018). Elaboración Propia

### 3.4.3.3. Comunicación Organizacional

Se muestra a continuación el flujograma que indica las tareas que se van aplicar para implementar una estandarización de la organización organizacional. Es importante mencionar que para que la comunicación organizacional se aplique correctamente es importante que la gerencia se implique durante todo el proceso; ya que son ellos los que van a movilizar al resto de la organización en el momento de implementar un plan de comunicación interna.

Figura 76: Flujograma de Comunicación Organización

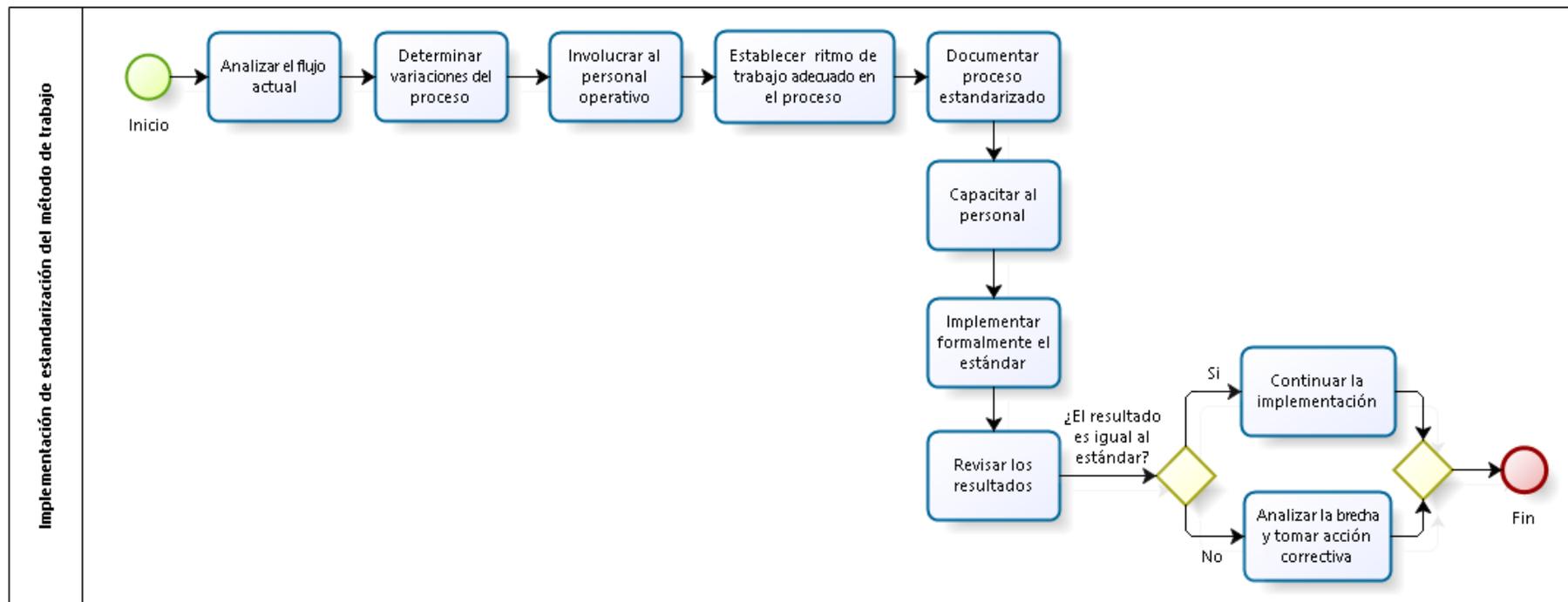


Fuente: Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi (2017), Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad.  
 Elaboración Propia

### 3.4.3.4. Estandarización en el método de trabajo

Se muestra los pasos a realizar, a través del flujograma mostrado, para la implementación de la estandarización en el método de trabajo; con el fin de determinar y aplicar el método operativo adecuado y asignar los tiempos correctos en cada una de las etapas del proceso productivo.

Figura 77: Flujograma de Estandarización en el método de trabajo



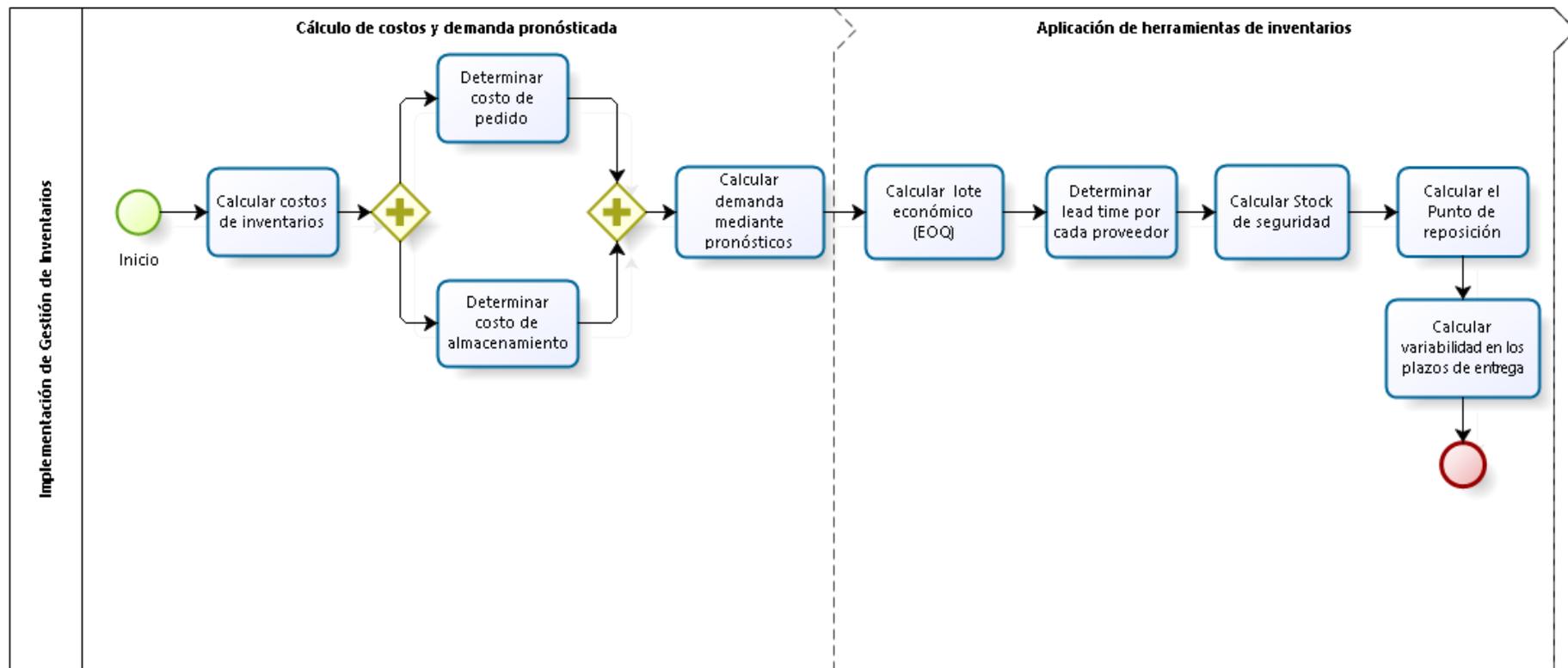
Fuente: Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem & Isidore C. Ezema (2018), Souraj Salah, Abdur Rahim y Juan A. Carretero (2015), Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi (2017), Miloš Vorkapić, Filip Radovanović, Dragan Čóckalo, Dejan (2017), Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad.

Elaboración Propia

### 3.4.3.5. Gestión de Inventarios

Se muestra los pasos a realizar para la implementación de la gestión de inventarios en la empresa Postes Sullana S.A.C, la implementación se encuentra conformada por dos fases principales. En primer lugar, se busca calcular los costos de pedido y almacenamiento; y la demanda realizada bajo pronósticos. Posterior a ello, se aplicará las herramientas de inventarios.

Figura 78: Flujograma de Gestión de Inventarios

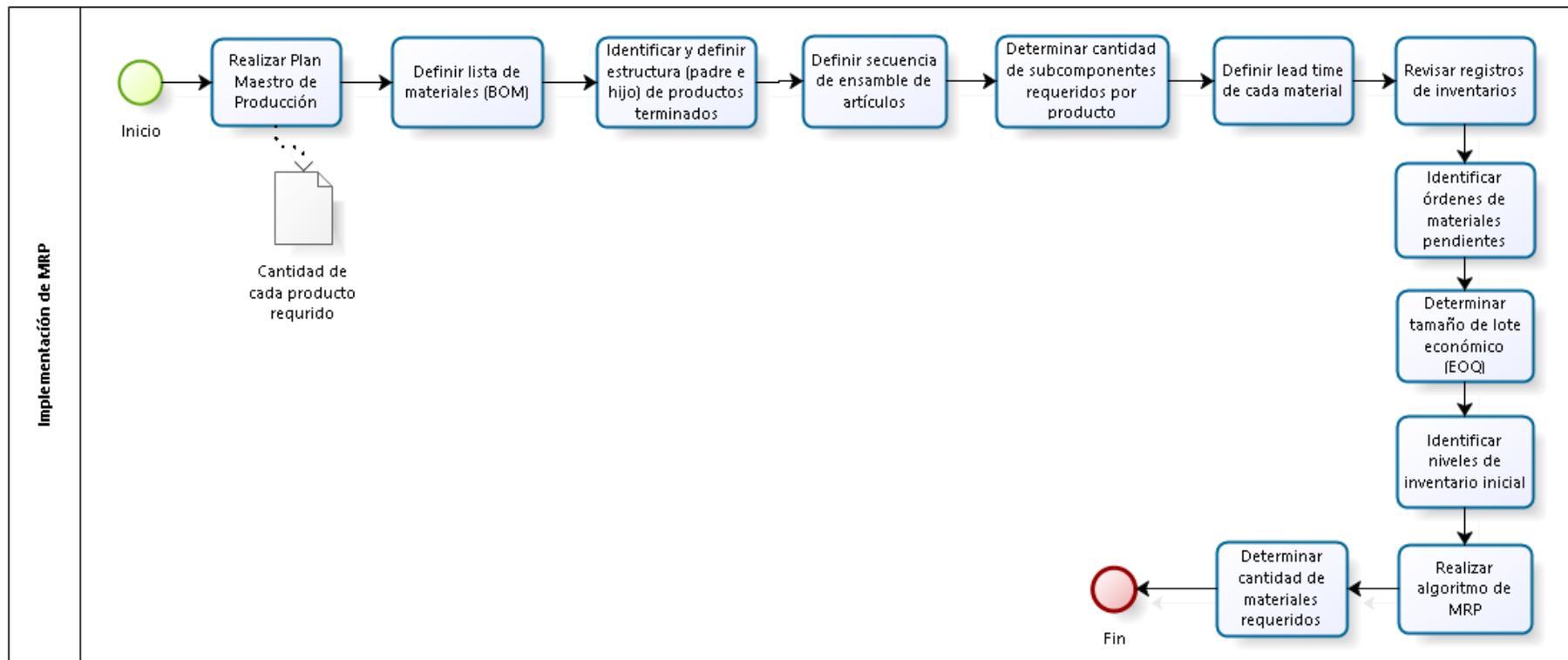


Fuente: Romain Miclo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018), Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini (2016), G. Behzadi, M.J. O'Sullivan, T.L. Olsen & A. Zhang (2017).  
Elaboración Propia

### 3.4.3.6. Programación mediante MRP I

Se muestra el procedimiento para la implementación de MRP I, el cual es una técnica de planificación de producción y de gestión de stock; el cual se fundamenta mediante un soporte matemático y se inicia desde una demanda conocida (Plan Maestro de Producción).

Figura 79: Flujograma de MRP I

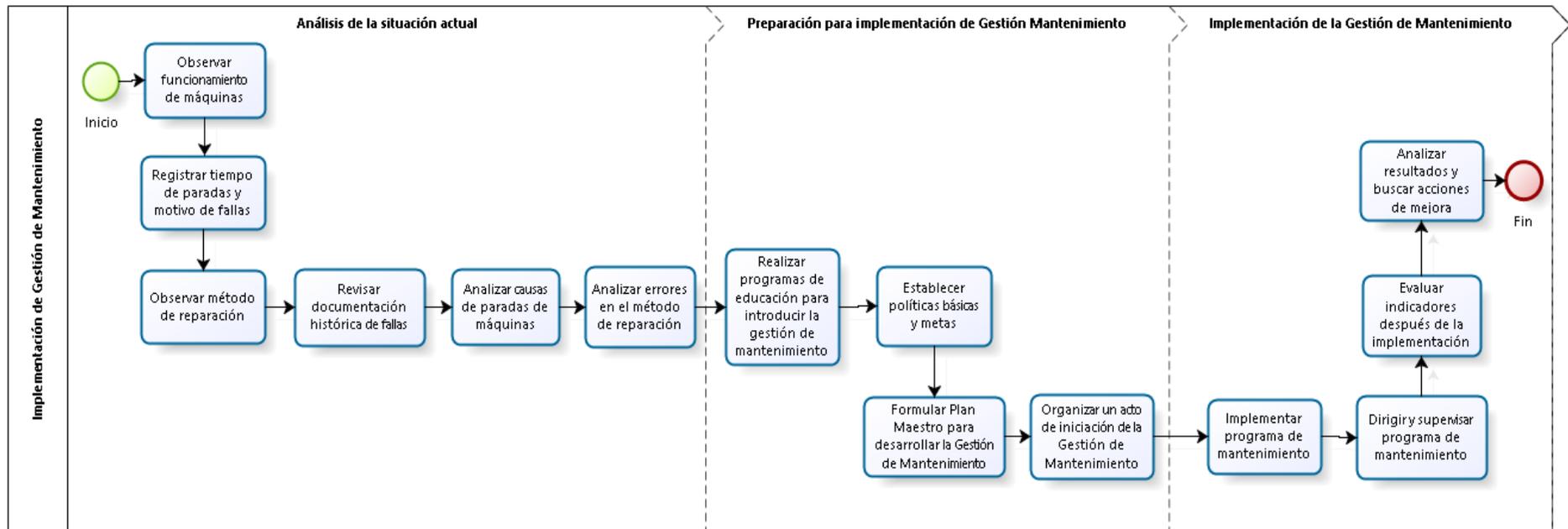


Fuente: Tommaso Romain Miclo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018), Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini (2016).  
Elaboración Propia

### 3.4.3.7. Gestión de Mantenimiento

Se muestra los pasos a realizar mediante las 3 fases diseñadas para la implementación de la Gestión de Mantenimiento en la empresa en estudio. La implementación está diseñada comenzando con el análisis de la situación actual, luego con la preparación para la implementación de la Gestión de Mantenimiento; y, por último, la implementación.

Figura 80: Flujograma de Gestión de Mantenimiento

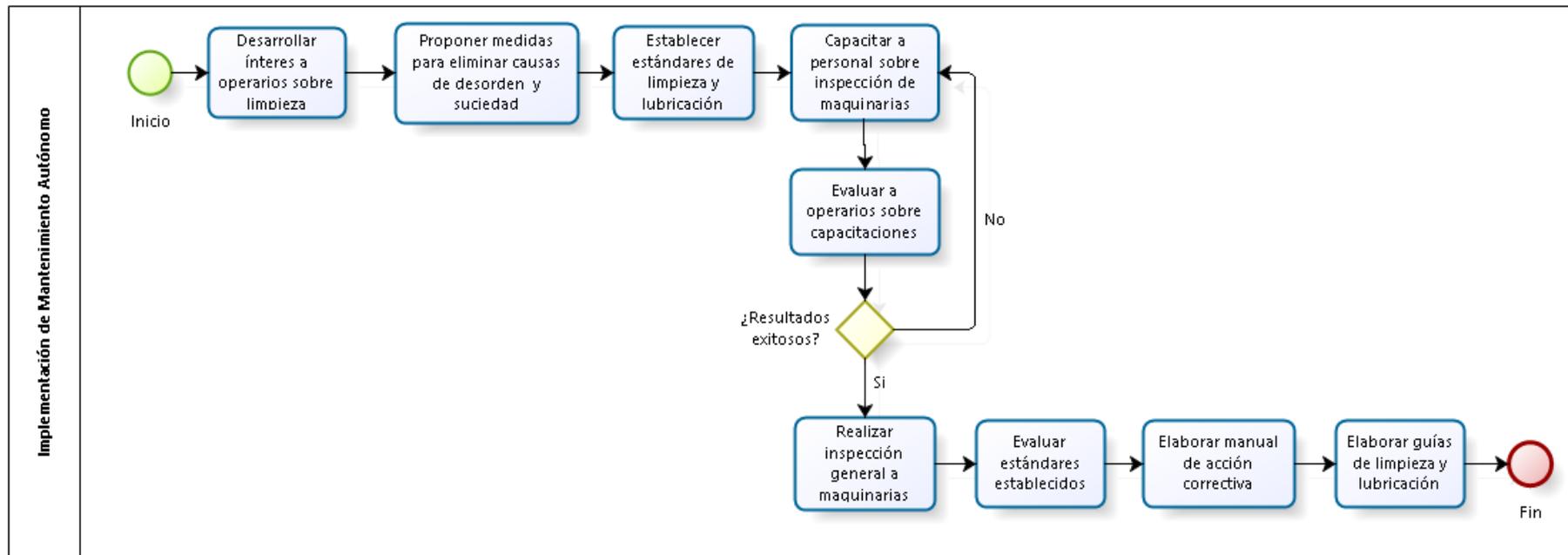


Fuente: Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz & Harold Enrique Cohen Padilla (2018). Elaboración Propia

### 3.4.3.8. Mantenimiento Autónomo

A continuación, se muestra mediante un flujograma los pasos a realizar para la implementación del mantenimiento autónomo en la empresa Postes Sullana S.A.C.

Figura 81: Flujograma de Mantenimiento autónomo

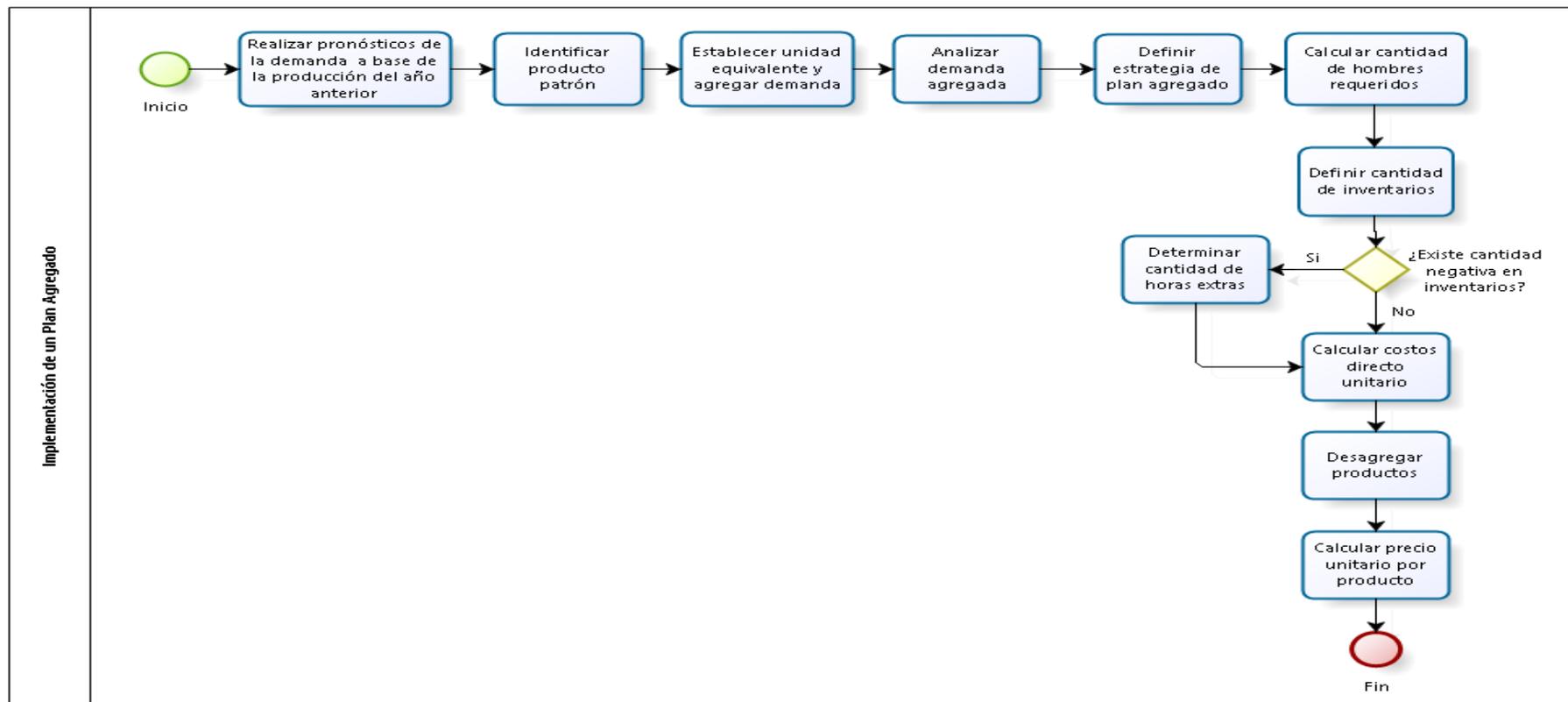


Fuente: Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz & Harold Enrique Cohen Padilla (2018). Elaboración Propia

### 3.4.3.9. Plan Agregado

Se presenta el procedimiento para la implementación de un Plan Agregado para determinar la fuerza laboral, la cantidad de producción y los niveles de inventarios; con el fin de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico.

Figura 82: Flujoograma de Plan Agregado

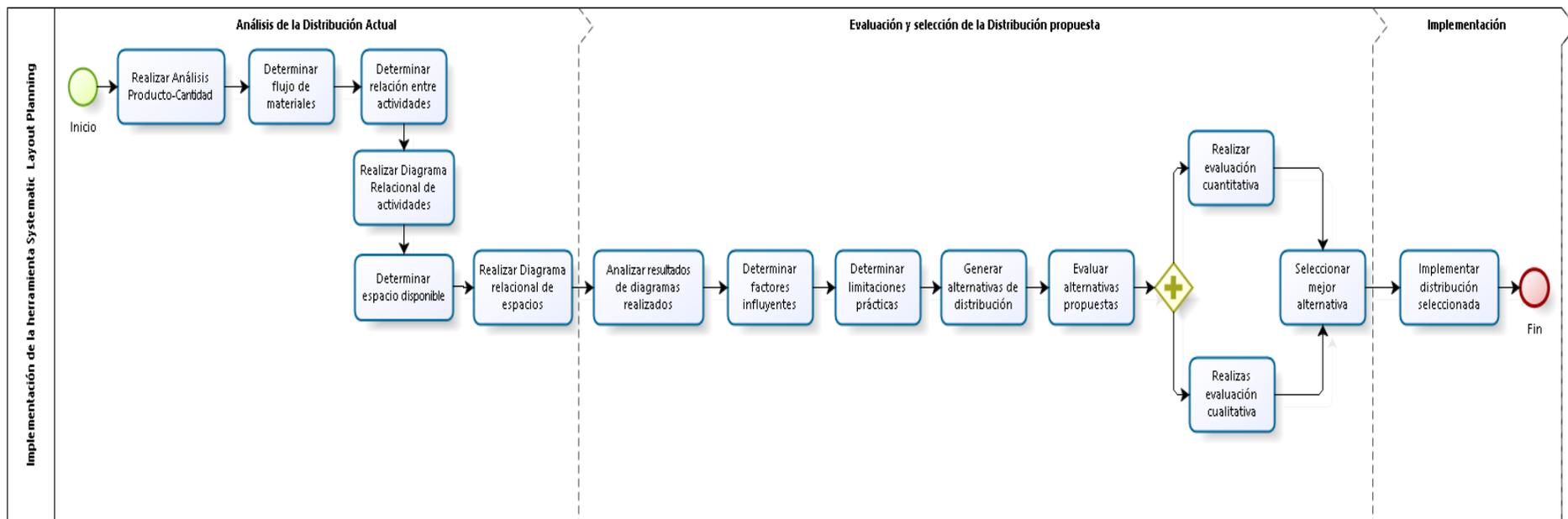


Fuente: Aly Megahed , Marc Goetschalck (2017), G. Behzadi, M.J. O’Sullivan, T.L. Olsen & A. Zhang (2017). Elaboración Propia

### 3.4.3.10. Systematic Layout Planning (SLP)

Se muestra el procedimiento para la implementación de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP), cuya implementación está diseñada a base de 3 fases; iniciando con el análisis de la distribución actual. Luego de ello, se realizará la evaluación y selección de la distribución propuesta para la organización; y, por último, la implementación.

Figura 83: Flujo de SLP



Fuente: Sampath Rajagopalan & Jayashankar M. Swaminathan (2012). Elaboración Propia

### 3.5. Plan de Implementación

En la presente fase del proyecto, se planifica la implementación de las herramientas de mejora propuestas. Se realiza los 5WH respectivos para cada herramienta para indicar a detalle ¿Quién?, ¿Cómo?, Cuando?, ¿Dónde? Y ¿Por qué? Se quiere implementar.

#### 3.5.1. 5WH de Comunicación Organizacional

Figura 84A: 5WH de Comunicación Organizacional

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Analizar situación actual	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Se deberá realizar el diagnostico correspondiente de la situación actual de Postes Sullana con ayuda de las herramientas de ingeniería	En la planta de Postes Sullana	Permite monitorear la gestión actual de Postes Sullana
Identificar oportunidades de mejora	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Con el diagnóstico realizado y cuantificando los problemas más relevantes se puede proponer soluciones para darles solución	En la planta de Postes Sullana	Permite conocer en que puede mejorar la organización
Identificar factores que afecten a la comunicación organizacional	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Se debe identificar los factores que afectan negativamente a la organización	En la planta de Postes Sullana	Permite conocer las debilidades y el punto de quiebre de la empresa

Figura 85B: 5WH de Comunicación Organizacional

Establecer Plan de mejora	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Se debe armar el plan de mejora con respecto a los problemas relevantes identificados en el diagnostico	En la planta de Postes Sullana	Es una oportunidad de aumentar la competitividad de la organización
Establecer y comunicar a responsables por cada área de trabajo	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Dar a conocer el Plan de mejora propuesto a los responsables de cada área de trabajo	En la planta de Postes Sullana	Permite que todo el equipo pueda verse integrado en los objetivos propuestos
Programar reunión general para lanzamiento del plan	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Debe haber programación de reuniones entre los responsables de cada proceso y los líderes de la organización	En la planta de Postes Sullana	Permite que todo el equipo pueda verse integrado en los objetivos propuestos
Comunicar plan de mejora al personal	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Comunicar a los miembros de cada proceso los resultados de la reunión con los responsables de la organización	En la planta de Postes Sullana	Permite que todo el equipo pueda verse integrado en los objetivos propuestos
Establecer metas mensuales para cada área de trabajo	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Establecer en cada área de trabajo una meta como un indicador de logro	En la planta de Postes Sullana	Logra que el personal este enfocado en desarrollar sus actividades para alcanzar sus objetivos
Programar reuniones semanales para cada área de trabajo	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Debe haber programación de reuniones entre los responsables de cada proceso y los líderes de la organización	En la planta de Postes Sullana	Permite que todo el equipo pueda verse integrado en los objetivos propuestos

Figura 86C: 5WH de Comunicación Organizacional

Comunicar fechas y horarios de reuniones grupales a personal	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Dar a conocer el lugar y fecha de las reuniones para que el personal pueda asistir	En la planta de Postes Sullana	Permite que todo el equipo pueda verse integrado en los objetivos propuestos
Identificar y analizar factores que afectan el desempeño	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	El jefe debe monitorear sus indicadores para que sean analizados y evaluados por todo el equipo	En la planta de Postes Sullana	Permite conocer que variables están presen
Establecer mejoras	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Implementar las mejoras propuestas, evaluadas y seleccionadas	En la planta de Postes Sullana	Se conocerá como influenciará la mejora de la situación actual de la organización
Comunicar a gerencia	Gerente general y Gerente Administrativo	12/07/2019 - 23/07/2019	Se debe comunicar a la gerencia sobre los resultados obtenidos luego de la implementación	En la planta de Postes Sullana	Permitirá que la gerencia pueda evaluar el estado luego de la mejora

Fuente: Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi (2017), Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad.  
Elaboración Propia

### 3.5.2. 5WH de Estandarización en el método de trabajo

Tabla 69A: 5WH de Estandarización del método de Trabajo

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE ESTANDARIZACIÓN DE METODOS DE TRABAJO					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo Lograr que la dispersión de los tiempos en los procesos críticos disminuya					
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Analizar el Flujo	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Realizar una inspección visual al área de trabajo que se vio afectada	En la planta de Postes Sullana	Permitirá ver de en primera instancia el área afectada
Determinar variaciones del proceso	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Aplicar mediciones y diagramas para conocer los datos fuera de los estándares	En la planta de Postes Sullana	Permitirá conocer cuáles son los datos que no cumplen con los estándares en la producción
Involucrar personal operativo	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Comunicar a los miembros de cada proceso	En la planta de Postes Sullana	Permite que todo el equipo pueda verse integrado en los objetivos propuestos
Establecer ritmo de trabajo adecuado en el proceso	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Definir cuáles son las normas y principios de esta actividad	En la planta de Postes Sullana	Permite que los trabajadores puedan observar su progreso y calcular su tiempo en cada actividad

Tabla 70B 5WH de Estandarización del método de Trabajo

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Documentar proceso estandarizado	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Archivar la estandarización del proceso	Oficina administrativa	Tener un cargo presente que demuestre la estandarización del proceso
Capacitar al personal	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Instruir a los trabajadores para que se encuentren en condición de realizar todas las actividades que se les designe	En la planta de Postes Sullana	Permite poseer personal altamente preparado para la realización de sus actividades
implementar formalmente el estándar	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Con los cálculos correspondiente en los tiempos de cada proceso se podrá conocer el tiempo estándar necesario	En la planta de Postes Sullana	Permite tener la línea base, la cual servir como indicador en la producción de postes y accesorios
Revisar los resultados	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Se analizarán los resultados y se comprobaran los cálculos realizados en el paso anterior	En la planta de Postes Sullana	Permite corroborar la certeza de lo calculado, para utilizar el valor como un indicador
Continuar la implementación	Responsable del proceso /Jefe de mejora de procesos/ Equipo del proyecto	17/07/2019 - 21/07/2019	Determinar que recursos son necesarios para la implementación	En la planta de Postes Sullana	Permite estar abierto a cambios y mejoras que puedan aumentar la competitividad

Fuente: Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem & Isidore C. Ezema (2018), Souraj Salah, Abdur Rahim y Juan A. Carretero (2015), Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi (2017), Miloš Vorkapić, Filip Radovanović, Dragan Čóckalo, Dejan (2017), Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad.  
Elaboración Propia

### 3.5.3. 5 WH de Gestión de Inventarios

Tabla 71A: 5WH de Gestión de Inventarios

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTION DE INVENTARIOS					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo Lograr una adecuada gestión de inventarios de materia prima					
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Calcular costos de inventarios	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Calcular el costo de las existencias	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer el costo de la mercadería inmovilizada
Determinar costo de pedido	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Calcular mediante formula el coso del pedido	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite estimar el costo del pedido
Determinar costo de almacenamiento	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Calcular mediante formula el coso de almacenamiento	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite estimar el costo de almacenamiento
Calcular demanda mediante pronósticos	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Con el método correcto de pronóstico, calcular la demanda para el próximo periodo	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer el pronóstico de la demanda del próximo periodo
Calcular Lote económico EOQ	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Mediante formula calcular el EOQ	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite calcular el lote del pedido que minimiza los costos de Inventario

Tabla 72B: 5WH de Gestión de Inventarios

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Determinar Lead Time por cada proveedor	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Calcular el tiempo de abastecimiento de cada proveedor evaluado	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer el LT de cada proveedor evaluado para selección
Calcular Stock de seguridad	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Mediante formula calcular el SS	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer cuánto material se tiene que tener abastecido en caso se dé una circunstancia atípica de venta
Calcular punto de reposición	Gerente de producción / Equipo de Investigación	02/09/2019 - 13/09/2019	Mediante formula calcular el PR	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Sirve para tener referencia de cuando se debe reabastecerse

Fuente: Romain Miclo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018), Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini (2016), G. Behzadi, M.J. O'Sullivan, T.L. Olsen & A. Zhang (2017).  
Elaboración Propia

### 3.5.4. 5WH de Programación mediante MRP I

Tabla 73A: 5WH de MRP I

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MRP I					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo Programar correctamente el abastecimiento de materiales					
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Realizar Plan Maestro de Producción	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Utilizar la herramienta PMP	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite programar la producción a corto plazo utilizando la demanda y los pedidos confirmados
Definir lista de materiales (BOM)	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Listar los materiales tomando en cuenta las cantidades necesarias	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer los materiales y las cantidades
Identificar y definir estructura de productos terminados	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Definir los artículos terminados y sus componentes	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer los materiales y las cantidades
Definir secuencia de ensamble de artículos	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Armado del árbol de los componentes del producto final	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer la secuencia de producción de la cabeza del árbol

Tabla 74B: 5WH de MRP I

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Determinar cantidad de subcomponentes requeridos por producto	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Indicar con un numero en la parte superior derecha de cada componente el cual indica la cantidad necesaria	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Indica la cantidad necesaria para producir componente
Determinar lead time de cada material	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Indicar con un numero en la parte inferior derecha de cada componente el cual indica el tiempo de abastecimiento	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Indica el tiempo de abastecimiento de cada material
Revisar registros de inventarios	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Indicar el Stock físico de cada componente	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer la disponibilidad de cada componente
Identificar ordenes de materiales pendientes	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Indicar los pendientes requeridos de cada componente	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer los pendientes requeridos de cada componente
Determinar tamaño de lote económico (EOQ)	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Indicar el tamaño de lote de compra / producción	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer el tipo y tamaño de lote de abastecimiento
Identificar niveles de inventario inicial	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Indicar el disponible dentro del algoritmo de MRP I	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite saber cuánto disponible de cada componente se tiene

Tabla 75B: 5WH de MRP I

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Realizar algoritmo de MRP	Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Delimitar las semanas a programar y hallar cuando se emitirá la O/C, O/T	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite obtener la programación MRP I
Determinar cantidad de materiales requeridos	Gerente de producción / Equipo de Investigación	16/08/2019 - 21/08/2019	Analizar los resultados de MRP I para hallar la cantidad requerida de materiales	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer los materiales necesarios y cuando se debe emitir su orden

Fuente: Tommaso Romain Miclo, Matthieu Lauras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018), Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini (2016).  
Elaboración Propia

### 3.5.5. 5 WH de Gestión de Mantenimiento

Tabla 76A: 5WH de Gestión de Mantenimiento

<b>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTION DE MANTENIMIENTO</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo	Lograr una adecuada gestión de mantenimiento en las máquinas de Postes Sullana				
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Observar funcionamiento de máquinas	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Analizar operación actual de las máquinas y verificar que acciones de mantenimiento se están realizando	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Registrar tiempo de paradas y motivo de fallas	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Almacenar en una base de datos, primero físicamente y luego en una base en Excel	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Observar método de reparación	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Analizar operación actual de las máquinas y verificar que acciones de mantenimiento se podrían realizar	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada

Tabla 77B: 5WH de Gestión de Mantenimiento

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Revisar documentación histórica de fallas	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Revisar la data histórica de las fallas anteriormente registradas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Analizar causas de parada de máquinas	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Averiguar todas las causas que pueden ser responsables de cada parada de la máquina	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Analizar errores en el método de reparación	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Analizar que procesos o actividades de reparación no se están realizando correctamente	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Establecer políticas básicas de Gestión de mantenimiento y metas	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Establecer políticas claras para el personal de producción y de mantenimiento	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Formular plan maestro para desarrollar la Gestión de mantenimiento	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Desarrollar un plan de mantenimiento, como una programación para saber en qué fechas se debe realizar cada mantenimiento	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada

Tabla 78C: 5WH de Gestión de Mantenimiento

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Implementar programa de mantenimiento	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Implementar la propuesta de mejora tras una debida evaluación	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Dirigir y supervisar programa de mantenimiento	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Es necesario liderar y gestionar la mejora una vez implementada para llevar el debido control en cada máquina	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Evaluar indicadores después de la implementación	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Evaluar un antes y un después de la mejora para indicar cuanto es que se ha mejorado desde la implementación	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Analizar resultados y buscar acciones de mejora	Responsable del proceso analizado	02/09/2019 - 10/09/2019	Analizar la nueva situación actual y buscar nuevas oportunidades de mejora para una mayor competitividad	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada

Fuente: Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz & Harold Enrique Cohen Padilla (2018). Elaboración Propia

### 3.5.6. 5 WH de Mantenimiento Autónomo

Tabla 79A: 5WH de Mantenimiento Autónomo

<b>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo	Enfocar las actividades de mantenimiento al logro de los objetivos de disponibilidad de los equipos				
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Desarrollar interés a operarios sobre limpieza	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Realizando la debida capacitación a los operarios y brindando charlas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Proponer medidas para eliminar causas de desorden y suciedad	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Realizando la debida capacitación a los operarios y brindando charlas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Establecer estándares de limpieza y lubricación	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Realizando la debida capacitación a los operarios y brindando charlas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Capacitar a personal sobre inspección de maquinarias	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Realizando la debida capacitación a los operarios y brindando charlas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada

Tabla 80B: 5WH de Mantenimiento Autónomo

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Evaluar a operarios sobre capacitaciones	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Realizando la debida capacitación a los operarios y brindando charlas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Realizar inspección general a maquinarias	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Inspeccionar la maquinaria	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Evaluar estándares establecidos	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Analizar los estándares que se han establecido	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Elaborar manual de acción correctiva	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Crear manual de acción correctiva	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada
Elaborar guías de limpieza y lubricación	Responsable del proceso analizado	10/09/2019 - 13/09/2019	Utilizar guías de limpieza y lubricación de máquinas	En las máquinas mezcladoras y moldeadoras	Se realiza en las máquinas que presentan una mayor cantidad de horas perdidas por cada parada

Fuente: Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz & Harold Enrique Cohen Padilla (2018). Elaboración Propia

### 3.5.7. 5 WH de Plan Agregado

Tabla 81A: 5WH de Plan Agregado

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE PLAN AGREGADO					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo		Planificar correctamente la capacidad de producción			
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Realizar pronósticos de la demanda en base de la producción del año anterior	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Utilizando el método más adecuado de pronóstico realizar la proyección de demanda para el próximo año	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Es un dato indispensable para la realización del Plan Agregado
Identificar producto patrón	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	El producto patrón será el producto que mayor rentabilidad genera a la empresa	Planta de Postes Sullana S.A.C.	El plan agregado trabaja en base al producto patrón
Establecer unidad equivalente y agregar demanda	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Convertir todos los productos a una sola línea de demanda, agregada en el producto patrón	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Es necesaria una sola línea de demanda agregada para la realización del PA

Tabla 82B: 5WH de Plan Agregado

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Definir estrategia de plan agregado	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Analizar demanda agregada para proponer el método de plan agregado con el método grafico	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite identificar si se trabajara con una estrategia constante, variable o mixta
Calcular cantidad de hombres requeridos	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Calcular la cantidad requerida de personal para el cumplimiento de la demanda	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer cuántos hombres serán necesarios en cada mes del planeamiento
Definir cantidad de inventarios	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	La cantidad de inventario inicial no deberá ser menor a cero	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer el inventario inicial y final de cada mes del PA
Determinar cantidad de horas extras	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Abastecer de horas extra si en caso es necesario	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer la totalidad de horas extra que se trabajara en cada mes del PA
Calcular costo unitario	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Calcular el costo unitario del producto patrón	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer cuál será el costo unitario del producto patrón

Tabla 83B: 5WH de Plan Agregado

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Desagregar productos	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Desagregar productos mediante la unidad equivalente	Planta de Postes Sullana S.A.C.	La desagregación de productos permite conocer el costo unitario de cada producto
Calcular precio unitario de cada producto	Gerente de producción / Equipo de Investigación	28/08/2019 - 31/08/2019	Con el costo unitario y margen bruto de cada producto calcular su precio de venta	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite tener un precio de venta base para finalmente obtener la rentabilidad deseada y aumentar la competitividad

Fuente: Aly Megahed , Marc Goetschalck (2017), G. Behzadi, M.J. O'Sullivan, T.L. Olsen & A. Zhang (2017).  
Elaboración Propia

### 3.5.8. 5WH de SLP

Tabla 84A: 5WH de SLP

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE SLP					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Objetivo		Asignar correctamente el personal necesario para cada actividad			
ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Realizar análisis producto - cantidad	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Evaluar la cantidad producida por tipo de producto	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer las cantidades fabricadas de cada producto y crear data histórica
Determinar flujo de materiales	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Llevar control de la cantidad exacta de material con la dosificación correcta	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer los materiales necesarios para la elaboración de cualquier producto, sea estándar o especificado
Realizar diagrama relacional de actividades	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Realizar el diagrama relacional de actividades	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer que tan relacionadas están las actividades de producción, almacén, logística, etc.

Tabla 85B: 5WH de SLP

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Determinar espacio disponible	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Calcular los metros disponibles en la planta de producción de postes y accesorios realizando mediciones	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Conocer el espacio disponible por cada área de trabajo para futuros cálculos
Realizar diagrama relacional de espacios	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Mediante la herramienta Diagrama relacional de espacios se conocerá la relación de los espacios de trabajo	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Conocer el espacio disponible por cada área de trabajo para futuros cálculos
Analizar resultados de diagramas realizados	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Analizar los resultados obtenidos en los anteriores diagramas relacionados	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Conocer el espacio disponible por cada área de trabajo para futuros cálculos
Determinar factores influyentes	Gerente de producción	09/08/2019 - 13/08/2019	Determinar los factores que influyen en la producción	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer las variables que afectan a la producción
Determinar limitaciones practicas	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Determinar cuáles son las limitaciones en la practica	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer las limitaciones que afectan a la producción

Tabla 86C: 5WH de SLP

ACTIVIDADES	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Por qué?
Generar alternativas de distribución	Gerente de producción	09/08/2019 - 13/08/2019	Determinar diversas alternativas de distribución de personal en las áreas de trabajo	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer una gran variedad de modos de distribuir al personal necesario
Evaluar alternativas propuestas	Gerente de producción	09/08/2019 - 13/08/2019	Se evaluarán las alternativas propuestas y se seleccionara la que genera menos costo	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer una gran variedad de modos de distribuir al personal necesario
Realizar evaluación cuantitativa	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Se realizarán los cálculos necesarios para evaluar la mejor propuesta	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer una gran variedad de modos de distribuir al personal necesario
Realizar evaluación cualitativa	Gerente de producción / Equipo de Investigación	09/08/2019 - 13/08/2019	Se realizarán los análisis cualitativos necesarios para evaluar la mejor propuesta	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite conocer una gran variedad de modos de distribuir al personal necesario
Seleccionar mejor alternativa	Gerente de producción	14/08/2019 - 16/08/2019	Se selecciona la mejor alternativa de distribución luego de las evaluaciones	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite asignar la mejor alternativa de distribución de personal en cada área
Implementar distribución seleccionada	Gerente de producción	14/08/2019 - 16/08/2019	Implementar la mejor alternativa de distribución	Planta de Postes Sullana S.A.C.	Permite poseer una distribución de personal adecuada y lograr ser más competitivo

Fuente: Sampath Rajagopalan & Jayashankar M. Swaminathan (2012). Elaboración Propia

### **3.6. Desarrollo de la Propuesta**

Se desarrollará en esta etapa del proyecto, la implementación detallada de las herramientas que se mencionaron anteriormente, y se utilizarán los procedimientos definidos en el diseño de modelo para la solución del problema que se propuso. Los resultados teóricos de la aplicación de cada una de las herramientas propuestas serán establecidos y se definirán los objetivos de la propuesta a través de los indicadores más apropiados, los cuales permitirán la evaluación del proyecto.

#### **3.6.1. Implementación de Comunicación Organizacional**

Para la implementación de esta herramienta es necesario establecer cuando y como se darán los temas más relevantes. Actualmente, los temas más relevantes para la organización son los siguientes:

- Definir el tiempo estándar para cada proceso de la producción.
- Analizar los indicadores de cada proceso.
- Evaluar la eficiencia y disponibilidad de cada máquina.
- Establecer un plan de mantenimiento a las máquinas.
- Identificar los desperdicios en la producción y cuanto repercuten económicamente.

Se deberán establecer reuniones y será necesario realizarlas una vez por semana los días lunes de 8:30 a.m. hasta las 9 a.m. y se deberá contar con la presencia de las siguientes personas:

- Gerente general
- Gerente de Planta (Producción)
- Gerente de Administración.
- Gerente Comercial
- Supervisor de producción
- Operarios Fijos

En estas reuniones se expondrán los resultados de cada uno de sus procesos y se escogerán cuáles son los procesos que no fueron lo suficientemente eficientes para llegar al indicador establecido. Estos procesos serán los evaluados en cada reunión con ayuda de un Dashboard estratégico propuesto por el grupo de investigación, para la empresa Postes Sullana S.A.C.

Tabla 87: As Is VS To Be - Comunicación Organizacional

Descripción	Comunicación Organizacional		Mejora
	As is	To be	
Reuniones de Equipo	No se realiza Reuniones de equipo	Realizar Reuniones de Equipo semanales	Implementación de Comunicación Organizacional

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.2. Implementación de Estandarización del método de trabajo

#### a. Falta de estandarización en el método de trabajo en el proceso de llenado

En primer lugar, para la implementación de la herramienta Estandarización del trabajo, se ha realizado el VSM en el capítulo de diagnóstico, con la finalidad de recolectar los datos cuantitativos de los procesos. Luego de ello, en el capítulo previo, se identificó y concluyó que el proceso crítico es el llenado manual de concreto en los moldes. Tomando como la base a la literatura, la estandarización del trabajo es una herramienta que ayuda a disminuir los desperdicios, principalmente, los defectos y el tiempo. El siguiente paso es identificar y listar todas las actividades que se realizan en el proceso crítico. Por ello, se ha realizado una tabla en donde se ha clasificado cada actividad con su respectivo aporte de valor al proceso estudiado. Se resalta que para este paso es importante cuantificar cuidadosamente el tiempo por cada actividad con la finalidad de comparar el porcentaje que representa las actividades que no agregan al valor con respecto al tiempo total del ciclo del proceso. Adicionalmente, cabe mencionar que para obtener resultados estándares, se ha tomado tiempos de los cuatro operarios estudiados anteriormente, con el fin de promediarlo.

Tabla 88: Cuadro de actividades del proceso de Llenado

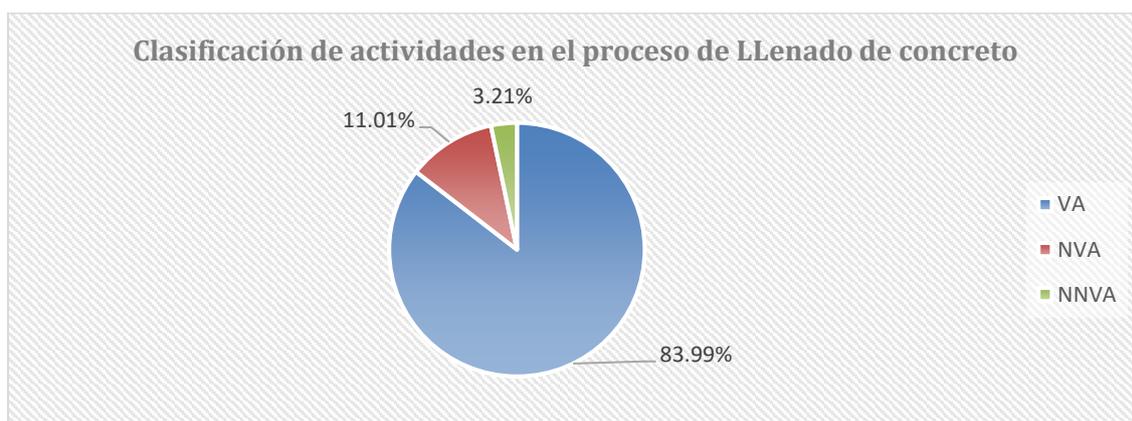
N	Actividades del proceso de llenado	Valor	Tiempo por cada operario				Tiempo total (Min)
			Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	
1	Caminar con la mezcla hasta el molde	NVA	0.28	0.32	0.25	0.26	<b>1.11</b>
2	Llenar la pala de mezcla	NVA	0.12	0.14	0.12	0.13	<b>0.51</b>
3	Vaciar un poco de mezcla en toda la base del molde	VA	2.93	3.05	2.85	2.37	<b>11.2</b>
4	Esparcir la mezcla en la base del molde	VA	0.86	0.96	0.92	0.83	<b>3.57</b>
5	Retirar la pala del fondo del molde	NNVA	0.1	0.1	0.1	0.1	<b>0.4</b>
6	Llenar la pala de mezcla	NVA	0.15	0.16	0.16	0.14	<b>0.61</b>
7	Vaciar mezcla en el centro del molde	VA	2.86	2.98	2.88	2.34	<b>11.06</b>
8	Esparcir la mezcla en el centro del molde	VA	0.95	1.2	1.06	1	<b>4.21</b>
9	Retirar la pala de adentro del molde	NNVA	0.1	0.1	0.1	0.1	<b>0.4</b>
10	Llenar la pala de mezcla	VA	0.14	0.13	0.12	0.15	<b>0.54</b>
11	Llenar completamente el molde	VA	3.92	4.23	3.68	3.59	<b>15.42</b>
12	Esparcir la mezcla correctamente en el molde	NVA	1.5	1.64	1.39	1.2	<b>5.73</b>
13	Retirar la pala vacía de encima del molde	NNVA	0.1	0.1	0.1	0.1	<b>0.4</b>
14	Programar el vibrado del concreto	VA	1.56	1.45	1.58	1.67	<b>6.26</b>
15	Retirarse del molde con la carretilla y la pala	NNVA	0.2	0.2	0.2	0.2	<b>0.8</b>
<b>TOTAL</b>			<b>15.77</b>	<b>16.76</b>	<b>15.51</b>	<b>14.18</b>	<b>62.22</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la anterior tabla, el tiempo de ciclo de llenado varia de 14.18 a 15.77 minutos dependiendo el operario. Obteniendo un tiempo promedio total de 15.56, los cuales solo el 15% de las actividades las que agregan valor. Las actividades que no agregan valor representan un 65%. Por último, se observa que en la tabla de

actividades no se realiza una supervisión para verifica que el concreto se halla acentuado correctamente a las paredes del molde, para que de esta manera se eviten desperfectos superficiales, los cuales son causantes del rechazo de productos por parte de los clientes, a pesar de que el poste cumpla internamente con todas las especificaciones.

Figura 87: Clasificación de actividades en el proceso de Llenado de concreto



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que existen actividades que no agregan valor al proceso (**14.22% en total**), además de claramente visualizar en los tiempos tomados, que los operarios por diversos motivos, pueden tener mediciones distintas en los mismos procesos realizados, recalcando que se encuentran en las mismas condiciones y con los mismos equipamientos.

Por lo antes mencionado se propone establecer políticas de trabajo que se deberán seguir para tratar de equilibrar los tiempos de los operarios y eliminar las actividades que no agreguen valor al proceso. En primer lugar, luego de tener claro cuáles son las políticas de trabajo que se van a establecer, se deberá reunir al equipo de operarios para una exposición detallada del nuevo método a seguir y poder responder todas las dudas que estas puedan ocasionar. En segundo lugar, estas políticas deberán imprimirse y enmarcarse para luego ser colgadas en un área visible para que el personal no las pase por alto. Cabe recalcar que en un futuro cercano estas políticas de trabajo deberán estar presentes en todos los procesos productivos con el fin de lograr una estandarización total en cada proceso de la fabricación de postes.

### ***b. Ausencia de máquinas de medición***

Como se mencionó anteriormente, la empresa Postes Sullana no utiliza máquinas de medición en el proceso de dosificación de materiales (cemento, arena y piedra chancada) previamente al proceso de mezclado para la producción del batch, que se utilizara para la elaboración de postes y accesorios de concreto armado. Por ende, se propone la implementación de balanzas industriales para la correcta repartición de materia prima a la hora de la mezcla. Esta acción tendrá un impacto directo en 2 puntos importantes del producto terminado. En primer lugar, se obtendrá un mejor acabado superficial, es decir, el poste que será entregado al cliente no presentará grietas, hendiduras o resanes, por lo que el índice de rechazo se verá disminuido. En segundo lugar, la resistencia del producto estará dentro del límite permisible.

Las balanzas industriales que se proponen implementar se colocarán de la siguiente manera: una será ubicada en el área de mezclado para postes y la otra en área de mezclado para accesorios y ambos serán utilizados para pesar con exactitud los materiales previos a su mezcla colocados en recipientes para una mejor manipulación.

Los 2 equipos a implementar tendrán un costo total de **540 nuevos soles** y contarán con las siguientes especificaciones técnicas:

- Balanza pesada con capacidad de 300 kg.
- Pantalla digital.
- Batería de alta duración.
- Estructura de metal rígido.
- Sistema de anclaje simple.
- Pintura corrosiva de color gris.

Figura 88: Balanza industrial a implementar.



Fuente: Iberica.es. 2019

Figura 89A: Especificaciones Técnicas de Balanza industrial a implementar

## Serie PCE-PM

Balanzas industriales verificables, existen tres modelos (hasta 300 kg) a elegir

TAR  
CALCULADORA

PCS  
PIEZAS

RS  
232

230V  
ALIMENTACION

IP  
54

M  
III

La balanza de plataforma PCE-PM es una balanza industrial verificable con una sólida base de acero lacado y con una plataforma de acero noble. El terminal de manejo está montado en la balanza, pero lo puede colocar donde desee, en la pared o en un trípode. Gracias a la verificación, esta balanza está autorizada como balanza comercial. La verificación se realiza en el organismo competente de verificación según la clase comercial M III. Puede utilizarla también como balanza no verificada. Por ello le ofrecemos, por ejemplo, un certificado ISO como componente opcional. Este documento de calibración certifica la posibilidad de recuperación de los valores de medición con respecto al patrón normal nacional y sirve, por tanto, para cumplir con su ISO.

- Programa para ajustar la precisión por medio de un peso externo
- Cómputo con número de piezas de referencia: 5, 10, 20, 50, 100 o 200 piezas
- Indicador de estabilidad
- Preparada para ser conectada a sistemas de envío de DHL, GLS y UPS
- Gran pantalla con cifras LED muy luminosas
- Interfaz RS-232 para la transmisión de datos
- Nivel para colocar la balanza con exactitud
- Posibilidad de tara en todo el rango de pesado
- Sólido plato de pesado de acero noble
- Se entrega con soporte para elevar el indicador de 730 mm
- Posibilidad de verificación según la clase comercial M III
- Certificado de calibración ISO opcional





Figura 90B: Especificaciones Técnicas de Balanza industrial a implementar

Especificaciones técnicas									
Modelo	Rango de pesado		Capacidad de lectura	Valor de verificación	Carga mínima	Reproducibilidad	Linealidad	Peso mínimo por pieza para cómputo	Plato de pesado
	Máx.		d	e	Min.				
	kg		g	g	g	g	g	g	mm
PCE-PM 30	30		10	10	200	10	±10	5	400 x 490
PCE-PM 62	60		20	20	400	20	±20	10	400 x 400
PCE-PM 150	150		50	50	1000	50	±50	25	600 x 490
PCE-PM 300	300		100	100	2000	100	±100	50	600 x 490
Rango de taraje	en todo el rango de pesado								
Tiempo de respuesta	<3 segundos								
Unidades	kg								
Funciones	función de cómputo de piezas								
Indicador	LED de 20 mm								
Interfaz	RS-232								
Calibración	automática (por medio de peso de ajuste externo opcional)								
Temperatura operativa	-10 ... +40 °C								
Alimentación	230 V / 50 Hz (por medio de un adaptador)								
Carcasa	plato de pesado de acero noble, indicador de plástico								
Tipo de protección	IP 54								
Dimensiones indicador	190 x 145 x 70 mm, altura con soporte: 730 mm								
Dimensiones plato pesado	PCE-PM 30: 400 x 490 x 130 mm,								
	PCE-PM 62: 400 x 400 x 100 mm, PCE-PM 150 & PCE-PM 300: 600 x 490 x 145 mm								
Peso	PCE-PM 30 & PCE-PM 62: 12 kg; PCE-PM 150 & PCE-PM 300: 24 kg								

Fuente: Iberica.es. 2019

Adicional a ello, se definió la correcta dosificación de materiales (en Kilogramos), es decir su repartición para la elaboración de la mezcla. Se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 89: Dosificación de materiales para la elaboración de cada poste de concreto

Postes	Cemento	Arena	Piedras	Agua	Fierros	Alambre
7 metros	2.72	179.67	0.16	7.00	63.00	0.78
8 metros	3.11	205.33	0.18	8.00	72.00	0.89
9 metros	3.50	231.00	0.20	9.00	81.00	1.00
12 metros	4.67	308.00	0.27	11.50	103.50	1.33
15 metros	5.83	385.00	0.33	14.00	126.00	1.67
18 metros	7.00	462.00	0.40	18.00	162.00	2.00
25 metros	9.72	641.67	0.56	19.00	171.00	2.78
28 metros	10.89	718.67	0.62	22.00	198.00	3.11

Fuente: Elaboración Propia

### *c. Secado al intemperie*

El secado al aire libre de los postes y accesorios de concreto armado es el segundo cuello de botella en el proceso productivo, como se demostró anteriormente. Para este problema, se propone añadir a la mezcla un aditivo. El aditivo propuesto lleva como nombre ‘súper plastificante’ y su función es acelerar el proceso de fraguado (secado del concreto) hasta en un 40%. De esta manera se reducirán los tiempos de ciclo totales de los productos terminados al disminuir los tiempos del proceso de secado.

Se analizan diversos tipos de súper plastificantes y se concluye que el óptimo a utilizar para este tipo de productos es el Sikament TM-100.

### **Aditivo**

**Sikament TM-100** es un aditivo líquido. Súper plastificante, reductor de agua de alto poder que produce en el concreto una consistencia súper luida y permite una alta reducción de agua de amasado, acelerando el proceso de fraguado. Este aditivo no contiene cloruros (Sika Perú, 2019).

### **Uso**

Este aditivo se caracteriza por su alto poder dispersante, el cual permite una perfecta

distribución de las partículas de cemento del concreto, provocando una hidratación completa, obteniendo así la máxima eficiencia del cemento y ocasionando una alta maniobrabilidad y secado rápido (Sika Perú, 2019).

### **Características y Ventajas**

Sikament TM -100 proporciona los siguientes beneficios al concreto, tanto fresco como ya endurecido:

- Mejora considerablemente la trabajabilidad de la mezcla.
- Disminuye el tiempo de fraguado de concreto en climas templados y húmedos.
- Disminuye el riesgo formación de cangrejas en el concreto endurecido.
- Mejora considerablemente el acabado del concreto y reproduce la textura del encofrado.
- Se puede emplear para recuperar el asentamiento perdido en el concreto premezclado.
- Evita la segregación y disminuye la exudación del concreto fluido.  
Disminuye los tiempos de vibrado del concreto.
- Densifica el concreto y mejora su adherencia al acero de refuerzo.
- Reduce en alto grado la exudación y la retracción plástica.
- Gran economía en los diseños por la reducción de cemento alcanzable.

### **Color**

Pardo Oscuro.

### **Empaque**

- Granel x 1 L.
- Cilindro x 200 L.
- Dispenser x 1000 L.



Tabla 90: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los postes de concreto

Postes de Concreto Armado	Tiempo de Ciclo mejorado (min/unidad)						TOTAL (Min/unidad)
	Mezclado	Llenado	Moldeado	Espera	Secado	Acabado	
7 metros	10	9	11	5	150	5	<b>190</b>
8 metros	10	10	12	5	165	5	<b>207</b>
9 metros	10	12	15	7	172	5	<b>221</b>
12 metros	10	15	18	8	183	7	<b>241</b>
15 metros	10	17	22	10	201	7	<b>267</b>
18 metros	10	18	23	10	206	7	<b>274</b>
25 metros	10	22	27	12	241	10	<b>322</b>
28 metros	10	25	31	13	275	10	<b>364</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91: Tiempo de ciclo de los procesos de producción de los accesorios de concreto

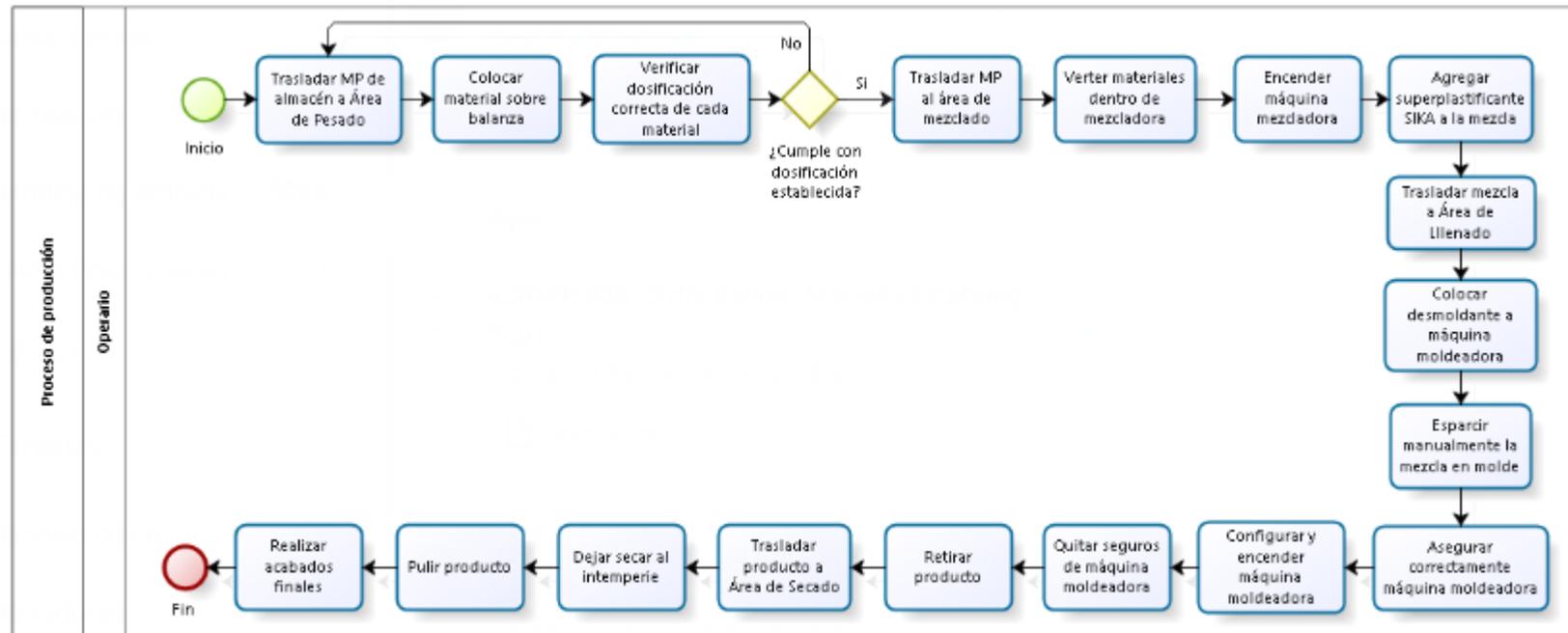
Accesorios de concreto	Tiempo de Ciclo mejorado (min/unidad)					TOTAL (Min/unidad)
	Mezclado	Llenado	Moldeado	Secado	Acabado	
Pastorales	6	5	3	169	5	<b>188</b>
Crucetas	6	7	3	181	5	<b>202</b>
Crucetas Asimétricas	6	6	2	181	5	<b>200</b>
Palomilla	6	6	3	181	5	<b>201</b>
Media palomilla	6	5	2	151	5	<b>169</b>
Accesorios de fijación	6	1	1	109	5	<b>122</b>
Ductos de concreto	6	2	3	193	5	<b>209</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en las dos tablas anteriores que el tiempo de ciclo total de producción de postes y de accesorios se ve beneficiado con la implementación del súper plastificante Sikament TM -100, como parte de la mezcla.

Una vez definido como se implementará la Estandarización de métodos de trabajo, se propone la siguiente secuencia de actividades a seguir, para lograr una menor variabilidad de tiempos y un menor tiempo de ciclo. Cabe mencionar que esta herramienta se implantara a partir del proceso de pesado de materiales hasta el pulido y acabado del poste o accesorio.

Figura 91: Secuencia de actividades establecida según la herramienta estandarización de métodos de trabajo



Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.3. Implementación de Gestión de Inventarios

La implementación de la gestión de Inventarios implica que la empresa de estudio cuenta con las políticas adecuadas de inventario, las cuales optimicen los costos logísticos que se incurren en que la mercadería y materia prima lleguen a la planta de Postes Sullana.

Cabe mencionar que la empresa actualmente no realiza este tipo de análisis para su abastecimiento en la cantidad de pedido o algún establecimiento de stock de seguridad o punto de orden.

Para estandarizar y simplificar los cálculos, se trabajó agregando todos los productos de la empresa al Poste de 9 metros, el cual es el producto patrón de la organización.

Tabla 92: Datos necesarios para establecer políticas de inventario de los materiales

<b>Cemento</b>			<b>Fierro</b>		
D	80,012	Bolsas	D	1'620,243	Kg
Co/c	55	soles / OC	Co/c	40	soles / OC
c	22.92	soles/Bolsa	c	5.56	soles/Kg
cmtto	13.52%	-	cmtto	13.52%	-

<b>Arena</b>			<b>Alambre</b>		
D	2,400	m3	D	40,006	Kg
Co/c	42.50	soles / OC	Co/c	35.00	soles / OC
c	57.00	soles/m3	c	4.23	soles/Kg
cmtto	13.52%	-	cmtto	13.52%	-

<b>Piedras</b>		
D	3'485,323	Kg
Co/c	42.50	soles / OC
c	63.90	soles/m3
cmtto	13.52%	-

Fuente: Elaboración Propia

Dato:

*Postes de 9 metros (anuales) = 20,003 unidades*

Fórmulas:

$$X_{opt} = \sqrt{\frac{2 \times D \times Co/c}{c \times cmant}}$$

$$CT = \sqrt{2 \times D \times Co/c \times c \times cmant}$$

$$N = \frac{D}{X_{opt}}$$

$$Tc = \frac{X_{opt}}{D} \times 52 \text{ sem}$$

$$SS = Z \times \sigma d \times \sqrt{LT}$$

Con los datos y fórmulas establecidos se procede a definir las políticas de inventario con respecto a cada materia prima necesaria para la fabricación del poste. Se define el lote económico de compra ( $X_{opt}$ ), el costo total anual de inventario (CT), el número de ordenes al año (N), el tiempo de ciclo de cada periodo de aprovisionamiento hasta agotar stock ( $Tc$ ) y el Stock de seguridad necesario para cubrir meses con pico de demanda

- **Cemento**

Tabla 93: Política de Inventario - Cemento

Cemento		
X opt	1685.30	Bolsas
CT	5222.39	soles
N	47.48	oc/año
Tc	1.10	sem/oc
LT	2.00	días
SS	536.26	Bolsas
PR	64.82	Bolsas

Fuente: Elaboración Propia

- **Fierro**

Tabla 94: Política de Inventario - Fierro

<b>Fierro</b>		
X opt	13135.29	Kg
CT	9868.03	soles
N	123.35	oc/año
Tc	0.42	sem/oc
LT	2.00	días
SS	4179.62	Kg
PR	505.20	Kg

Fuente: Elaboración Propia

- **Arena**

Tabla 95: Política de Inventario - Arena

<b>Arena</b>		
X opt	162.70	m3
CT	1253.84	soles
N	14.75	oc/año
Tc	3.53	sem/oc
LT	3.00	días
SS	63.41	m3
PR	9.39	m3

Fuente: Elaboración Propia

- **Alambre**

Tabla 96: Política de Inventario - Alambre

<b>Alambre</b>		
X opt	2212.86	Kg
CT	1265.52	soles
N	18.08	oc/año
Tc	2.88	sem/oc
LT	1.00	días
SS	497.89	Kg
PR	42.55	Kg

Fuente: Elaboración Propia

- **Piedras**

Tabla 97: Política de Inventario - Piedras

<b>Piedras</b>		
X opt	5855.88	Kg
CT	50590.59	soles
N	595.18	oc/año
Tc	0.09	sem/oc
LT	3.00	días
SS	2282.10	Kg
PR	337.84	Kg

Fuente: Elaboración Propia

Con las cantidades correctamente asignadas en cada uno de los materiales se tendrán los siguientes resultados:

El Lote económico de compra de materiales ( $X_{opt}$ ) es el tamaño de lote que menor costo logístico le generara a la empresa a lo largo del tiempo. En segundo lugar, el Costo Total (CT) es el costo de inventario resultante de comprar en cantidad óptima en un plazo de un año. Al establecer el lote óptimo, se obtiene el número de órdenes al año (N) y el tiempo de ciclo de cada proceso de abastecimiento ( $T_c$ ), desde que llega la materia prima, hasta que el lote se agota. Finalmente se establece el Stock de Seguridad (SS) de cada material, para que la organización esté preparada para cumplir pedidos en meses pico, sin la necesidad de realizar paradas de producción por motivos de desabastecimiento.

Tabla 98: As Is VS To Be - Gestión de Inventario

<b>Gestión de Inventario</b>			
<b>Descripción</b>	<b>As is</b>	<b>To be</b>	<b>Mejora</b>
Comprar en cantidades que minimicen costos	No se realiza	Comprar utilizando EOQ	Establecer un Lote económico de compra
Establecer la durabilidad del proceso de abastecimiento	No se realiza	Establecer el TC	Implementación de Políticas de Inventario
Establecer un stock de emergencia para cumplir pedidos en meses pico	No se realiza	Establecer un Stock de Seguridad	Implementación de Políticas de Inventario
Establecer tiempo y cantidad para el abastecimiento	No se realiza	Establecer en N y el PR (Punto de reposición)	Implementación de Políticas de Inventario
Costo total de Inventario	US\$ 25,417.54	Reducir US\$ 20,667	Reducción de 18.69% en costos

Fuente: Elaboración Propia

Se propone las siguientes políticas de inventario las cuales serán exhibidas en una zona concurrida de la planta productora, a la vista de los operarios, luego de haber sido expuestas y leídas por ellos en una reunión general planificada.



## POLÍTICAS DE INVENTARIOS

- Realizar una inspección física anualmente de los inventarios para verificar y confirmar los registros de inventarios. Donde deberán identificarse productos faltantes y obsoletos.
- Comprar los materiales en cantidades económicas.
- Los productos obsoletos deben ser eliminados solo con la aprobación del jefe de producción.
- Establecer stock de seguridad; con el fin de atender los picos de demanda.
- Realizar las órdenes de compra en un tiempo óptimo para evitar desabastecimiento de materiales.
- Mantener suficiente cantidad de inventario disponible para prevenir situaciones de déficit, lo cual conduce a retrasos en la entrega de pedidos.
- Mantener registros de cantidades solicitadas de materiales por parte del área de producción para tener mayor conocimiento de la cantidad real de materiales.

### 3.6.4. Implementación de Programación mediante MRP I

La empresa Postes Sullana S.A.C. no cuenta actualmente con un programa adecuado de abastecimiento de materiales para la fabricación de sus postes. El supervisor de producción es el encargado de realizar los requerimientos necesarios, y lo hace cuando los materiales restantes no son suficientes para continuar con la producción, por lo que se generan paradas, y por lo tanto, incumplimientos al aplazar el tiempo de fabricación.

Por lo antes mencionado, se propone realizar una programación en el abastecimiento de los materiales de construcción para la fabricación de los postes y accesorio de concreto. Para ello, se propone el MRP I como método de programación, esta herramienta permitirá a la organización conocer en un periodo semanal o diario, cuando es que se debe emitir la orden de compra, cuanto es que se debe comprar, cuando llegará dicho pedido al almacén, el tiempo que tomará producir los postes y accesorios, y

finalmente cuando se tendrá listo el pedido. Para ello, previamente se debió haber definido un lote económico de compra para cada material utilizado.

Para estandarizar y simplificar los cálculos, se trabajó agregando todos los productos de la empresa al Poste de 9 metros, el cual es el producto patrón de la organización.

En primer lugar, es necesario realizar el BOM de materiales para cada poste que se produce Poste Sullana.

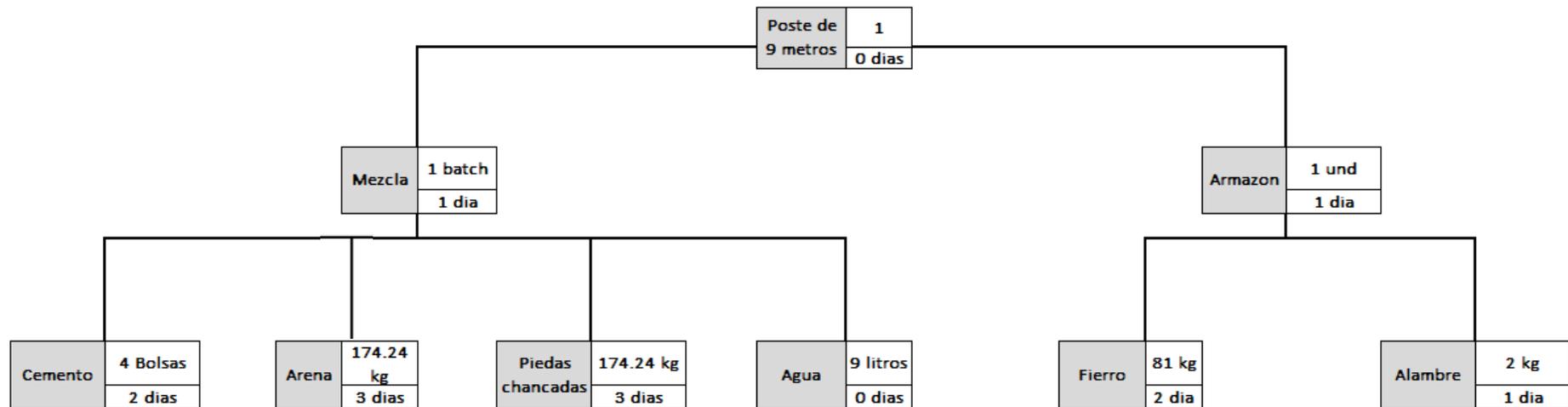
Tabla 99: Cantidad de Materiales a comprar para elaboración de los postes

Postes	Cemento	Arena	Piedras	Agua	Fierros	Alambre
9 metros	3.50	231.00	0.20	9.00	81.00	1.00
12 metros	4.67	308.00	0.27	11.50	103.50	1.33
15 metros	5.83	385.00	0.33	14.00	126.00	1.67
25 metros	9.72	641.67	0.56	19.00	171.00	2.78
28 metros	10.89	718.67	0.62	22.00	198.00	3.11

Fuente: Elaboración Propia

Se realiza el BOM de materiales para el producto patrón de la organización, el Poste de 9 metros:

Figura 92: BOM de materiales de Poste de 9 metros



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la presente figura, se encuentran los materiales que se deben adquirir para finalmente fabricar el poste de 9 metros. Los Materiales necesarios para la elaboración de la mezcla son: Cemento, Arena, Piedras chancadas y agua, y por otro lado, para la elaboración del armazón, el cual es la estructura del poste, son necesarios: los fierros y los alambres.

Se realiza el Algoritmo de MRP I para todos materiales para la elaboración del Poste, especificando el Tiempo de Abastecimiento (TA), el Stock Físico (SF), las órdenes pendientes (OO) y el stock de seguridad existente (SS).

Figura 93: Programación del abastecimiento mediante MRP I (Fragmento)

Item	UM	TA (Dias)	SF	OO	SS	Concepto	Semanas
Postes (LxL)	Und	0	0	0	0	Demanda bruta	
						Pendiente de recepción	
						Disponible	
						Requerido neto	
						Recepción Plan	
						Emisión de Orden	
Armazon (LXL)	Und	1	0	0	0	Demanda bruta	
						Pendiente de recepción	
						Disponible	
						Requerido neto	
						Recepción Plan	
						Emisión de Orden	
Alambre(kg) (FOQ=1KG)	Kg	1	0	0	0	Demanda bruta	
						Pendiente de recepción	
						Disponible	
						Requerido neto	
						Recepción Plan	
						Emisión de Orden	

Fuente: Elaboración Propia

Luego de terminar la programación mediante el algoritmo del MRP I, se procede a interpretar los resultados y se obtiene el siguiente programa de abastecimiento.

Tabla 100: Programa de abastecimiento para el Poste de 9 metros.

Fecha de Emisión	Actividad	Acción	Ítem	Cantidad	Unidad	Fecha de Entrega
3	Comprar	O/C	Planchas de acero	13600	Unidades	1
3	Comprar	O/C	Pernos	54000	Unidades	1
3	Comprar	O/C	Cemento	2300	Bolsas	1
3	Comprar	O/C	Piedras Chancadas	128	m3	2
4	Comprar	O/C	Arena	148000	Kg	2
5	Comprar	O/P	Alambre	640	kg	3
6	Comprar	O/T	Agua	5760	Litros	3
6	Producir	O/T	Mezcla	1	Unidades	3
6	Ensamblar	O/P	Armazón	640	Unidades	3
7	Producir	O/P	Poste 9M	640	Unidades	3
10	Comprar	O/C	Planchas de acero	12000	Unidades	4
10	Comprar	O/C	Pernos	46000	Unidades	4
10	Comprar	O/C	Cemento	1900	bolsas	4
10	Comprar	O/C	Piedras Chancadas	110	m3	4
11	Comprar	O/C	Arena	127000	Kg	4
12	Comprar	O/C	Alambre	550	kg	5
13	Comprar	O/P	Agua	5760	Litros	5
13	Ensamblar	O/P	Armazón	1	Unidades	5
13	Ensamblar	O/P	Mezcla	1	Unidades	5
14	Producir	O/P	Poste 9M	550	Unidades	4
17	Comprar	O/C	Planchas de acero	17000	Unidades	4
17	Comprar	O/C	Pernos	68000	unidades	4
17	Comprar	O/C	Cemento	2800	Bolsas	5
17	Comprar	O/P	Piedras Chancadas	162	m3	6
18	Comprar	O/P	Arena	188000	Unidades	6
19	Comprar	O/P	Alambre	810	kg	6
20	Comprar	O/C	Agua	7290	Litros	6
20	Ensamblar	O/P	Armazón	810	Unidades	5
20	Comprar	O/C	Mezcla	810	Unidades	4
21	Ensamblar	O/P	Poste 9M	810	Unidades	5
24	Comprar	O/C	Planchas de acero	8000	Unidades	7
24	Comprar	O/C	Pernos	34000	Unidades	7
24	Comprar	O/C	Cemento	1500	Bolsas	7
24	Comprar	O/C	Piedras Chancadas	81	Unidades	6
25	Comprar	O/C	Arena	92000	kg	5
26	Comprar	O/P	Alambre	402	kg	6
27	Comprar	O/T	Agua	3618	litros	5
27	Producir	O/T	Mezcla	402	Unidades	7
27	Ensamblar	O/P	Armazón	402	Unidades	8
28	Producir	O/P	Poste 9M	402	Unidades	7

Fuente: Elaboración Propia

Así como se realizó el análisis y los cálculos para el producto patrón, también se realizara para los otros postes y los accesorios que la empresa ofrece al público. De esta manera se tendrá un óptimo programa de abastecimiento para cada producto de la organización.

Como el Programa de Abastecimiento dependerá netamente de la demanda, se tendrá que realizar un algoritmo MRP I para cada periodo de producción, ya que la demanda irá variando. Por ello, se propone una forma sencilla en el cual el Gerente de producción u operarios podrán llenar con datos disponibles por la empresa, para que puedan obtener instantáneamente los resultados óptimos de abastecimiento de los materiales con respecto a cada producto que ellos ofrecen.

Figura 94: Formulario MRP I

<b>Programación mediante MRP I</b>	
Producto a programar	<input type="text"/>
Rango de Demanda	<input type="text"/>
Material a programar	<input type="text"/>
Stock Físico	<input type="text"/>
Otras Ordenes	<input type="text"/>
Stock de Seguridad	<input type="text"/>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.5. Implementación de Plan Agregado

Tras la implementación del MRP I y la gestión y políticas de inventario, se propone desarrollar un método de planificación de demanda y capacidad de producción, por ende, se propone el plan agregado como herramienta a implementar para lograr dicho objetivo.

Para la realización del plan agregado se tomará en cuenta el pronóstico de la demanda, los tiempos de ciclo de cada uno de los productos, eficiencias y disponibilidades de cada máquina. Cabe mencionar que el plan agregado se trabajara en base al producto patrón de la empresa, el cual es el poste de 9 metros.

Tabla 101: Demanda para Plan Agregado

Demanda	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
7 metros	79	80	123	63	94	182	60	81	121	122	121	105	<b>1231</b>
8 metros	92	103	144	83	117	199	78	100	147	163	143	131	<b>1501</b>
9 metros	212	225	335	180	266	495	172	219	334	362	328	287	<b>3416</b>
12 metros	95	104	152	86	117	211	73	101	153	160	152	131	<b>1536</b>
15 metros	29	29	45	23	34	68	23	29	46	47	43	37	<b>452</b>
18 metros	12	13	19	10	16	28	10	13	19	21	18	16	<b>194</b>
25 metros	8	9	13	7	10	18	7	9	13	14	12	10	<b>129</b>
28 metros	4	4	7	4	5	10	3	5	7	7	6	6	<b>68</b>
Pastorales	613	627	956	528	733	1301	457	604	959	1037	937	793	<b>9545</b>
Crucetas	198	213	325	171	264	503	160	220	335	360	313	277	<b>3340</b>
C. Asimétricas	248	254	395	223	315	538	195	266	393	432	389	344	<b>3992</b>
Palomillas	204	204	323	172	259	467	155	217	314	343	308	263	<b>3231</b>
Fijación	495	543	797	446	639	1184	400	537	828	859	822	713	<b>8265</b>
Ductos	206	236	342	174	270	546	168	220	337	367	333	284	<b>3481</b>

Fuente: Elaboración Propia

## Método Gráfico

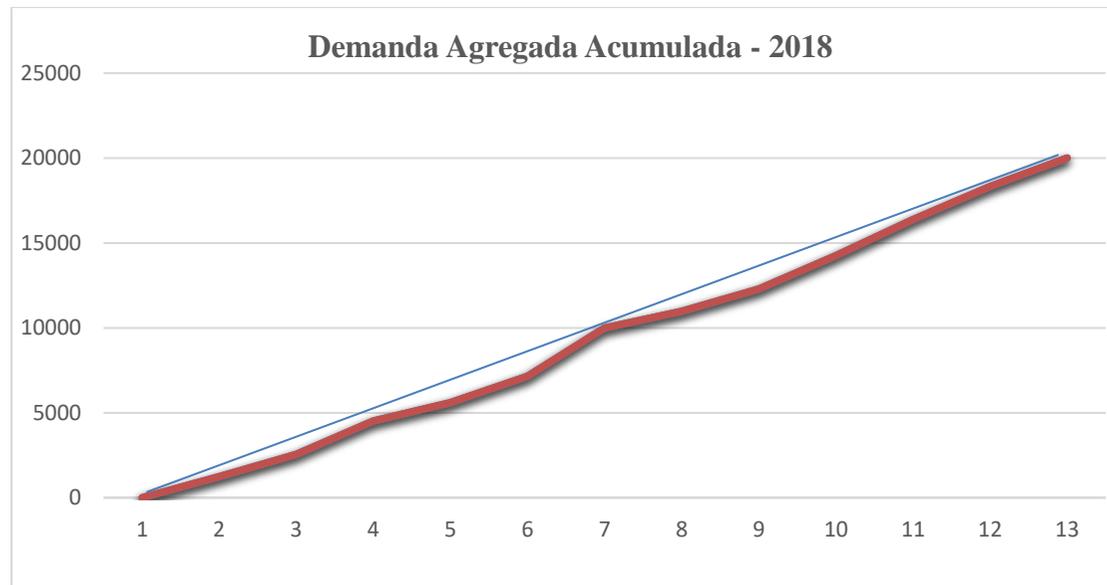
Antes de seleccionar la estrategia de plan agregado correcta para la realización del algoritmo, se agregará en unidad equivalente la demanda mensual para posteriormente graficarla de manera acumulada.

Tabla 102: Demanda agregada / Acumulada

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Demanda Agregada	1240	1314	1971	1074	1553	2844	979	1302	1982	2124	1937	1683	20003
Demanda Agregada Acumulada	1240	2554	4526	5600	7153	9997	10976	12278	14259	16383	18320	20003	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 95: Gráfica de la Demanda Agregada Acumulada en el año 2018



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 103: Planeamiento Agregado de Postes Sullana S.A.C.

Producción 2018	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Demanda Agregada	1,240	1,314	1,971	1,074	1,553	2,844	979	1,302	1,982	2,124	1,938	1,683	<b>20,003</b>
Stock Inicial	-	517	731	441	971	1,175	-64	638	1,094	640	274	18	-
Unid/Hmb-mes	45	39	43	41	45	41	43	45	39	45	43	41	
Hmb requeridos reales	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
Hmb disponibles	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Contratar	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Producción (P. Patrón)	1,757	1,528	1,681	1,605	1,757	1,605	1,681	1,757	1,528	1,757	1,681	1,605	<b>19,943</b>
Jornada	1,757	1,528	1,681	1,605	1,757	1,605	1,681	1,757	1,528	1,757	1,681	1,605	<b>19,943</b>
													-
Producción 2018	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Hmb. que se debieron contratar	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Hmb. realmente contratados	5	10	30	5	5	35	5	5	12	30	23	5	
Diferencia	14	9	- 11	14	14	-16	14	14	7	- 11	- 4	14	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 104: Resultados del Plan Agregado en nuevos soles

ESTRATEGIA	CONSTANTE			VARIABLE			MIXTA		
	Costo Total	Producción	Costo Unit.	Costo Total	Producción	Costo Unit.	Costo Total	Producción	Costo Unit.
Concepto	S/ 3,622,627.16	19,943	S/ 181.65	S/ 4,074,083.59	20,025	S/ 203.45	S/ 3,783,634.38	19,368	S/ 195.35
Gasto Administrativo	S/ 77,511.22		S/ 3.89	S/ 2,548.98		S/ 0.13	S/ 398,574.29		S/ 20.58
Costo Total	S/ 3,700,138.39		S/ 185.54	S/ 4,076,632.57		S/ 203.58	S/ 4,182,208.66		S/ 215.93

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 105: Resultados del Plan Agregado en dólares

Estrategia	CONSTANTE			VARIABLE			MIXTA		
	Costo Total	Producción	Costo Unit.	Costo Total	Producción	Costo Unit.	Costo Total	Producción	Costo Unit.
Concepto	\$1,081,381.24	19,943	\$54.22	\$1,216,144.36	20,025	\$60.73	\$1,129,443.10	19,368	\$58.31
Gasto Administrativo	\$23,137.68		\$1.16	\$760.89		\$0.04	\$118,977.40		\$6.14
Costo Total	\$1,104,518.92		\$55.39	\$1,216,905.25		\$60.77	\$1,248,420.50		\$64.46

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que se realizó las tres estrategias de plan agregado para corroborar cual era la mejor para este tipo de demanda. En las tablas anteriores se puede visualizar un resumen de resultados de las tres estrategias realizadas, donde se puede concluir que la estrategia constante es la que genera un menor costo directo unitario (costo de fabricación unitario).

### *Análisis de Capacidad Real VS Capacidad Planificada*

Tras la realización del Plan agregado estrategia constante, se obtiene como resultado el número correcto operarios que se debió haber asignado en el año 2018. Cabe recalcar que el PA realizado es un contexto óptimo de planificación, por lo que se procederá a analizar cuál fue el impacto económico de no haber realizado este tipo de análisis.

A continuación, se muestran los resultados de haber analizado la capacidad obtenida de haber realizado un correcto planeamiento de producción contra la capacidad que realmente ocurrió a lo largo de los meses de trabajo. Cabe recalcar que se analizaran los operarios al destajo, es decir, los que no se encuentran fijos en planta.

Tabla 106: Resultados del análisis de la capacidad real VS la capacidad planificada

Mes	Hombres Planificados PA CTE	Hombres Reales	Diferencia (Faltantes)	Uni/Hmb. Mes	Unidades Incumplidas	Costo de Oportunidad Perdido	Penalidades por Incumplimiento
Enero	19	5	14	45	630	\$50,400	<b>\$6,300</b>
Febrero	19	10	9	39	351	\$28,080	<b>\$3,510</b>
Marzo	19	30	-11	43	0	\$0.00	<b>\$0.00</b>
Abril	19	5	14	41	574	\$45,920	<b>\$5,740</b>
Mayo	19	5	14	45	630	\$50,400	<b>\$6,300</b>
Junio	19	35	-16	41	0	\$0.00	<b>\$0.00</b>
Julio	19	5	14	43	602	\$48,160	<b>\$6,020</b>
Agosto	19	5	14	45	630	\$50,400	<b>\$6,300</b>
Septiembre	19	12	7	39.18	274	\$21,920	<b>\$2,740</b>
Octubre	19	30	-11	45.06	0	\$0.00	<b>\$0.00</b>
Noviembre	19	23	-4	43	0	\$0.00	<b>\$0.00</b>
Diciembre	19	5	14	41	574	\$45,920	<b>\$5,740</b>
<b>TOTAL</b>						<b>\$341,200.00</b>	<b>\$42,650.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

***Penalidades por Incumplimiento = US\$ 42,650***

Como se puede observar en la tabla anterior la realización de una planificación de la capacidad operativa, genera un ahorro de US\$ 42.650, ya que se evitaron gran cantidad de incumplimientos. La cantidad es sustancial ya que la asignación de personal en la

planta productiva es sumamente importante, ya que depende de cuantos operarios estén correctamente asignados para evitar, por un lado, incumplimiento de pedidos o realización de horas extra, y; por otro lado, evitar los tiempos muertos.

### ***Aumento del Margen de Contribución***

Con la implementación del Plan agregado se obtuvo los costos directos, costos totales unitarios y planificación del producto patrón. Con esos datos obtenidos y manteniendo el precio de venta de postes de 9 metros, se puede calcular el nuevo margen de contribución unitario, el cual se verá aumentado tras la disminución de los costos operativos y los gastos administrativos.

Tabla 107: Aumento del Margen de Contribución tras el PA

	Costo Directo	Costo Total	Margen	Previo Venta
Situación Actual	\$65.15	\$81.44	\$34.90	\$116.34
Situación de mejora	\$54.22	\$55.39	\$60.95	\$116.34
Aumento de la rentabilidad por unidad			\$26.05	

Fuente: Elaboración Propia

En la situación de mejora podemos observar una disminución en el costo total de producción de cada unidad del producto patrón y; por ende, un aumento en el margen de contribución unitario. Este aumento es de US\$ 26.05 por cada poste de 9 metros vendido.

Tabla 108: As Is VS to Be - Planeamiento Agregado

Descripción	Plan Agregado		Mejora
	As is	To be	
Realización de planificación táctica de demanda y recursos operativos	No se realiza ningún tipo de planificación a mediano y corto plazo	Realizar planificaciones estratégicas y tácticas de producción y recursos	Implementar la herramienta de planeamiento agregado
Distribución adecuada de la capacidad (Disminución de penalidades por incumplimiento)	Penalidades Actuales US\$ 202,625	Reducir en US\$ 42,650	Reducción de 21.05% en penalidades por incumplimiento de pedidos

Fuente: Elaboración Propia

### **3.6.6. Implementación de Gestión de Mantenimiento**

Según el diseño establecido para la implementación de la gestión de mantenimiento, se inició con el análisis sobre el funcionamiento de cada una de las máquinas, donde se pudo observar que se presentaron 155 paradas durante el año 2018; además, se determinó un promedio de 64% de OEE en las máquinas, cuyo valor indica que la efectividad de las máquinas se encuentra debajo del límite aceptable el cual es de 65%, dicho análisis se encuentra explicado en el capítulo anterior.

Es importante mencionar que la empresa Postes Sullana S.A.C no cuenta con documentación establecida donde se detalle el motivo de las paradas, las acciones realizadas en el mantenimiento correctivo e información relevante con el fin de tomar acciones de mejora. Por dicho motivo se realizó un estudio sobre las averías presentadas durante los meses de febrero y junio del presente año; con el fin de determinar los principales motivos de las fallas que presentan las 5 máquinas de la empresa. Esta información será necesaria para establecer cuáles deben ser las actividades a realizar en el mantenimiento preventivo, las actividades del mantenimiento correctivo y las revisiones diarias que realizará el operario.

Tabla 109: Fallas en Máquina moldeadora de Postes

FALLAS EN MÁQUINA MOLDEADORA DE POSTES					
Mes	Número de Falla	Tiempo de paradas (min)	Componente de la máquina	Características de las averías	Motivo de falla
feb-19	1	60	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	70	Dientes de piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	168	Cintas calefactoras	Rotura	Exceder límite establecido
	4	150	Disco de embrague	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	5	240	Motor	Motor malogrado	Sobrecargas por tiempo, carga de trabajo, cambios de giros bruscos, velocidades inadecuadas
<b>TOTAL</b>		<b>688</b>			
mar-19	1	150	Eje de giro	Rotura	Exceder límite establecido
	2	180	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	3	192	Pernos	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	4	70	Dientes de piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	5	110	Cintas calefactoras	Rotura	Exceder límite establecido
<b>TOTAL</b>		<b>702</b>			
abr-19	1	70	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	190	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	3	180	Pernos	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
<b>TOTAL</b>		<b>440</b>			
may-19	1	168	Disco de embrague	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	2	90	Eje de giro	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	240	Motor	Motor malogrado	Sobrecargas por tiempo, carga de trabajo, cambios de giros bruscos, velocidades inadecuadas
	4	60	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>558</b>			
jun-19	1	70	Dientes de piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	180	Pernos	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	3	192	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	4	120	Cintas calefactoras	Rotura	Exceder límite establecido
	5	100	Eje de giro	Rotura	Exceder límite establecido
<b>TOTAL</b>		<b>662</b>			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 110: Fallas en Máquina Vibradora

<b>FALLAS EN MÁQUINA VIBRADORA</b>					
<b>Mes</b>	<b>Número de Falla</b>	<b>Tiempo de paradas (min)</b>	<b>Componente de la máquina</b>	<b>Características de las averías</b>	<b>Motivo de falla</b>
<b>feb-19</b>	1	240	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	2	150	Rotor de Motor	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	192	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	4	150	Dientes de Piñón	Rotura	Exceso del límite establecido
	5	108	Cintas calefactoras	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	6	168	Eje de giro	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
<b>TOTAL</b>		<b>1008</b>			
<b>mar-19</b>	1	168	Disco de embrague	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	2	150	Pistones	Rotura	Exceso del límite establecido
	3	240	Motor	Motor malogrado	Sobrecargas por tiempo, carga de trabajo, cambios de giros bruscos, velocidades inadecuadas
	4	60	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>618</b>			
<b>abr-19</b>	1	204	Rotor de Motor	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	2	180	Cintas calefactoras	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	3	150	Dientes de Piñón	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	4	192	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>726</b>			
<b>may-19</b>	1	108	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	120	Eje de giro	Rotura	Exceso del límite establecido
	3	204	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
<b>TOTAL</b>		<b>432</b>			
<b>jun-19</b>	1	108	Impulsor	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	108	Pistones	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	3	120	Disco de embrague	Rotura	Exceso del límite establecido
	4	150	Cintas calefactoras	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
<b>TOTAL</b>		<b>486</b>			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 111: Fallas en Máquina mezcladora de Postes

<b>FALLAS EN MÁQUINA MEZCLADORA DE POSTES</b>					
<b>Mes</b>	<b>Número de Falla</b>	<b>Tiempo de paradas (min)</b>	<b>Componente de la máquina</b>	<b>Características de las averías</b>	<b>Motivo de falla</b>
<b>feb-19</b>	1	240	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	2	120	Eje de giro	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	150	Rotor de Motor	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	4	108	Pistones	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
<b>TOTAL</b>		<b>618</b>			
<b>mar-19</b>	1	60	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	150	Tolva de alimentación	Rotura	Exceso del límite establecido
	3	108	Dientes de Piñón	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	4	108	Dientes de Piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	5	108	Cintas calefactoras	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>534</b>			
<b>abr-19</b>	1	204	Motor	Motor malogrado	Sobrecargas por tiempo, carga de trabajo, cambios de giros bruscos, velocidades inadecuadas
	2	150	Eje de giro	Rotura	Exceso del límite establecido
	3	108	Dientes de Piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>462</b>			
<b>may-19</b>	1	150	Tolva de alimentación	Rotura	Exceso del límite establecido
	2	192	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	3	168	Rotor de Motor	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	4	168	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	5	120	Disco de embrague	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
<b>TOTAL</b>		<b>798</b>			
<b>jun-19</b>	1	108	Pistones	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	2	120	Dientes de Piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	60	Cintas calefactoras	Rotura	Exceso del límite establecido
	4	168	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
<b>TOTAL</b>		<b>456</b>			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 112: Fallas en Máquina mezcladora de accesorios

FALLAS EN MÁQUINA MEZCLADORA DE ACCESORIOS					
Mes	Número de Falla	Tiempo de paradas (min)	Componente de la máquina	Características de las averías	Motivo de falla
feb-19	1	120	Cintas calefactoras	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	2	108	Dientes de Piñón	Rotura	Exceso del límite establecido
	3	204	Motor	Motor malogrado	Sobrecargas por tiempo, carga de trabajo, cambios de giros bruscos, velocidades inadecuadas
	4	108	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	5	120	Tolva de alimentación	Rotura	Exceso del límite establecido
<b>TOTAL</b>		<b>660</b>			
mar-19	1	204	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	2	120	Dientes de Piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	108	Cintas calefactoras	Rotura	Exceso del límite establecido
	4	60	Rotor de Motor	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	5	120	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>612</b>			
abr-19	1	60	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	108	Rotor de Motor	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	3	150	Eje de giro	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
<b>TOTAL</b>		<b>318</b>			
may-19	1	120	Cintas calefactoras	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	2	204	Motor	Motor malogrado	Sobrecargas por tiempo, carga de trabajo, cambios de giros bruscos, velocidades inadecuadas
	3	120	Dientes de Piñón	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>444</b>			
jun-19	1	150	Tolva de alimentación	Rotura	Exceso del límite establecido
	2	60	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	150	Ventilador de motor	Recalentamiento	Ventilador de motor sucio
	4	108	Impulsor	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	5	108	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>576</b>			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 113: Máquina moldeadora de ladrillos Block

FALLAS EN MÁQUINA MOLDEADORA DE LADRILLOS BLOCK					
Mes	Número de Falla	Tiempo de paradas (min)	Componente de la máquina	Características de las averías	Motivo de falla
feb-19	1	120	Pistones	Rotura	Exceso del límite establecido
	2	108	Dientes de Piñón	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	3		Impulsor	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>228</b>			
mar-19	1	108	Dientes de Piñón	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
	2	60	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
<b>TOTAL</b>		<b>168</b>			
abr-19	1	108	Pistones	Rotura	Exceso del límite establecido
	2	60	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	108	Disco de embrague	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
<b>TOTAL</b>		<b>276</b>			
may-19	1	108	Pistones	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	2	120	Dientes de Piñón	Rotura	Exceso del límite establecido
<b>TOTAL</b>		<b>228</b>			
jun-19	1	120	Impulsor	Destrozo de pieza	Ajustes inadecuados de piezas
	2	60	Pernos	Desgaste abrasivo	Contaminación por partículas
	3	108	Pistones	Desgarro	Fricción con otro componente de la máquina
<b>TOTAL</b>		<b>288</b>			

Fuente: Elaboración Propia

Obtenido los principales motivos de fallas para cada una de las máquinas, se establecerá las actividades que se deberá realizar en mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. Con este fin, se establecer en el primer lugar los códigos estándar para cada máquina que posee la empresa Postes Sullana S.A.C, los procedimientos estandarizados para la ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo; y la documentación que nos ayudará a registrar todo lo realizado.

## CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS

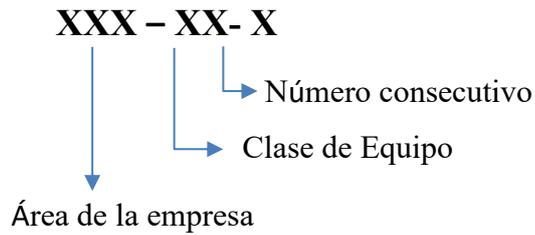


Tabla 114: Código por cada Máquina

MÁQUINA	CÓDIGO
Moldeadora para postes	ENS-MP-01
Vibradora	ENS-V-02
Mezcladora para postes	ENS-MZP-03
Mezcladora para accesorios	ENS-MZA-04
Moldeadora Ladrillos Block	ENS-ML-05

Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecido los códigos por máquinas, se mostrará el procedimiento establecido para cada tipo de mantenimiento y los formatos a utilizar para el registro de información relevante en la ejecución de los tipos de mantenimiento.

### Mantenimiento Preventivo

Figura 96: Flujoograma de mantenimiento preventivo

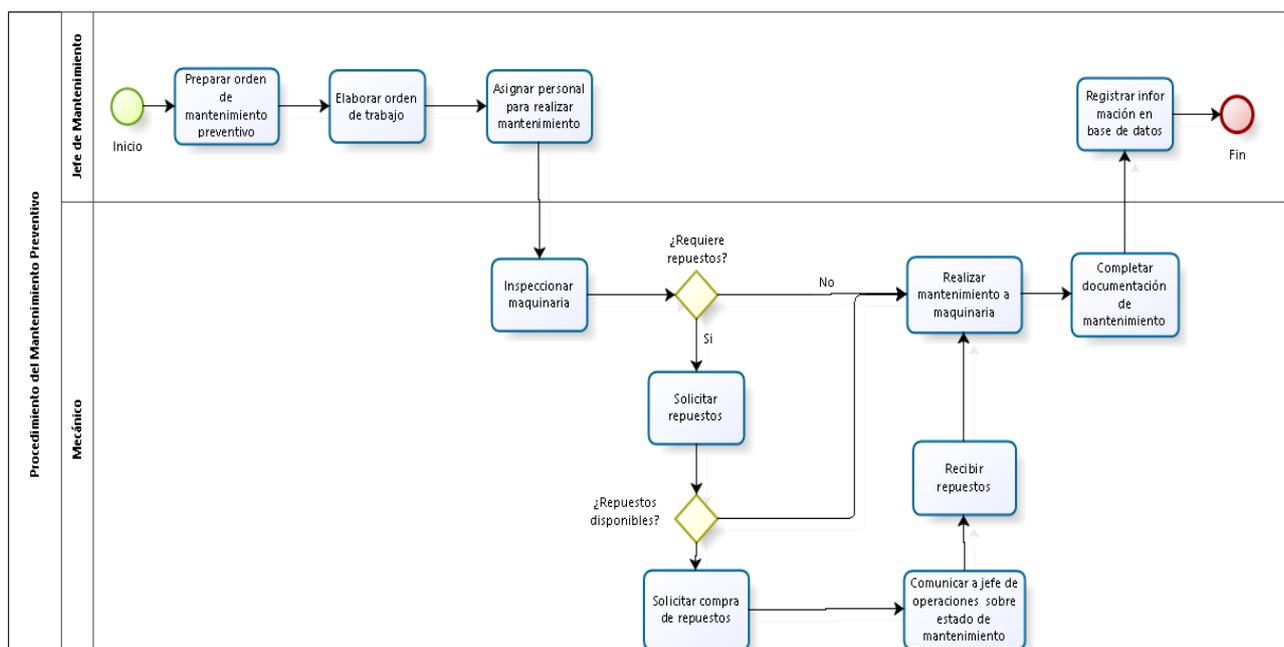




Tabla 116: Reporte del proceso de mantenimiento correctivo

REPORTE DEL PROCESO EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO				N° Solicitud de Trabajo	INDUSTRIA DE POSTES SULLANA S.A.C. FABRICAS A NIVEL NACIONAL	
Máquina		Responsable de		TIPO DE SOLICITUD		
Solicitador por		Fecha de mantenimiento		Normal	Grave	
<b>COMPONENTE</b>	<b>ANOMALÍA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>POSIBLE SOLUCIÓN</b>	D.T.O. ADM.S. Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN		
				Genera orden de trabajo de mantenimiento		
				SI NO		
<b>SOLICITADA POR</b>	<b>REVISADO POR</b>		<b>AUTORIZADO POR</b>			
FIRMA		FIRMA		FIRMA		
DESCRIPCIÓN DE MANTENIMIENTO						
No.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A REALIZAR			CONDICIÓN DE PARADA		
				Sin pérdida de producción		
				Con pérdida de producción		
MATERIALES, REPUESTS HERRAMIENTAS E INSUMOS						
No.	Cantidad	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	Cant.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS ENCONTRADOS				FECHA DE INICIO		
				D/M/A:	HORA	
DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS				FECHA DE TERMINACIÓN		
				D/M/A:	HORA	
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES						

Fuente: Elaboración Propia

Una vez establecido los procedimientos y documentación para cada tipo de mantenimiento. Se procede a codificar cada una de las actividades del mantenimiento preventivo con el fin de realizar un adecuado control. Estas actividades se encuentran categorizadas en mecánicas, eléctricas, lubricantes y otros.

Tabla 117: Lista de actividades mecánicas

LISTA DE ACTIVIDADES MECÁNICAS	
CÓDIGO	ACTIVIDAD
M-01	Ajuste de pernos
M-02	Ajuste de poleas
M-03	Verificar estado de dientes de piñón
M-04	Revisar sujeción del motor
M-05	Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite
M-06	Verificar estado de TOLVA de alimentación
M-07	Verificar estado de disco de embrague
M-08	Verificar estado de cintas calefactoras
M-09	Regulación de velocidad
M-10	Verificar estado de eje de giro
M-11	Verificar estado de carro transversal
M-12	Cambios de pernos
M-13	Cambios de tornillos
M-14	Cambio de pistones desgastados
M-15	Retirar partículas grandes que afecten el flujo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 118: Lista de Actividades eléctricas

LISTA DE ACTIVIDADES ELÉCTRICAS	
CÓDIGO	ACTIVIDAD
E-01	Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico
E-02	Verificar estado de cableado eléctrico
E-03	Verificar que motor no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento excesivo
E-04	Verificar correcto funcionamiento de los interruptores de motor
E-05	Verificar estado de ventilador del motor principal
E-06	Medir y registrar la corriente de consumo del motor
E-07	Reseteo de relé
E-08	Inspección de seguridad neumática

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 119: Lista de Actividades de Lubricación

LISTA DE ACTIVIDADES DE LUBRICACIÓN	
CÓDIGO	ACTIVIDAD
L-01	Lubricación de chumaceras
L-02	Revisión del nivel de aceite
L-03	Engrase de eje de giro
L-04	Lubricación de rodamientos
L-05	Lubricación de volante
L-06	Engrase de pernos
L-07	Lubricación de pistones

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 120: Lista de otras Actividades de mantenimiento

LISTA DE OTRAS ACTIVIDADES	
CÓDIGO	ACTIVIDAD
O-01	Realizar limpieza de la ventilación del motor
O-01	Limpieza de tolva de alimentación
O-02	Limpieza de cuba de mezcladora
O-03	Limpieza partículas de suciedad
O-04	Inspección visual
O-05	Limpieza de agregados expulsados por maquinaria
O-06	Limpiar exceso de mezcla
O-07	Revisar seguridad neumática
O-08	Limpieza de moldes
O-09	Limpieza de pistones
O-10	Verificar el funcionamiento del motor

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente de las actividades, se mencionará la herramienta utilizar para la realización de mantenimiento de cada actividad, la frecuencia de realización; y los tiempos de duración.

Tabla 121: Actividades de mantenimiento preventivo para máquinas moldeadoras.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MÁQUINAS MOLDEADORAS						
COD.ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE ACTIVIDAD	Tiempo (min)	Tiempo (Hr)
M-01	Ajuste de pernos	Llave inglesa	Quincenal	Actividad mecánica	30	0.5
M-03	Verificar estado de dientes de piñón	Llave inglesa	Bimestral	Actividad mecánica	20	0.4
M-04	Revisar sujeción del motor	Desarmador	Bimestral	Actividad mecánica	110	1.9
M-07	Verificar estado de disco de embrague	Llave inglesa	Bimestral	Actividad mecánica	30	0.5
M-09	Regulación de velocidad	Llave inglesa	Quincenal	Actividad mecánica	30	0.5
M-10	Verificar estado de eje de giro	Llave inglesa	Trimestral	Actividad mecánica	35	0.6
M-11	Verificar estado de carro transversal	Lubricante	Trimestral	Actividad mecánica	40	0.7
M-12	Cambios de pernos	Pernos + Llave inglesa	Semestral	Actividad mecánica	20	0.4
M-13	Cambios de tornillos	Destornillador + Tornillos	Semestral	Actividad mecánica	20	0.4
M-14	Cambio de pistones desgastados	Llave inglesa + Pistones	Semestral	Actividad mecánica	30	0.5
M-15	Retirar partículas grandes que afecten el flujo	Franelas + Espátula industrial	Quincenal	Actividad mecánica	80	1.4
E-01	Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	-	Bimestral	Actividad eléctrica	50	0.9

E-02	Verificar estado de cableado eléctrico	-	Bimestral	Actividad eléctrica	40	0.7
E-03	Verificar que motor no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento excesivo	-	Trimestral	Actividad Eléctrica	30	0.5
E-04	Verificar correcto funcionamiento de los interruptores de motor	-	Trimestral	Actividad eléctrica	40	0.7
E-05	Verificar estado de ventilador del motor principal	Lubricante	Trimestral	Actividad eléctrica	50	0.9
E-06	Medir y registrar la corriente de consumo del motor	Multímetro	Trimestral	Actividad eléctrica	25	0.5
E-07	Reseteo de relé	Pulsador	Semestral	Actividad eléctrica	30	0.5
E-08	Inspección de seguridad neumática	-	Semestral	Actividad eléctrica	20	0.4
O-05	Inspección visual	-	Mensual	Actividad de inspección	20	0.4
					<b>750</b>	<b>13</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 122: Actividades de mantenimiento preventivo para máquinas mezcladoras

ACTIVIDADES DE MANTEMIENTO PREVENTIVO PARA MÁQUINAS MEZCLADORAS						
COD.ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE ACTIVIDAD	Tiempo (min)	Tiempo (Hr)
M-03	Verificar estado de dientes de piñón	Llave inglesa	Bimestral	Actividad mecánica	20	0.4
M-04	Revisar sujeción del motor	Desarmador	Bimestral	Actividad mecánica	110	1.9
M-05	Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	Aceite	Mensual	Actividad mecánica	30	0.5
M-06	Verificar estado de Tolva de alimentación	-	Mensual	Actividad mecánica	20	0.4
M-07	Verificar estado de disco de embrague	Llave inglesa	Bimestral	Actividad mecánica	30	0.5
M-08	Verificar estado de cintas calefactoras	-	Mensual	Actividad mecánica	30	0.5
M-09	Regulación de velocidad	Llave inglesa	Quincenal	Actividad mecánica	30	0.5
M-10	Verificar estado de eje de giro	Llave inglesa	Trimestral	Actividad mecánica	35	0.6
M-12	Cambios de pernos	Pernos + Llave inglesa	Semestral	Actividad mecánica	20	0.4
M-15	Retirar partículas grandes que afecten el flujo	Franelas + Espátula industrial	Quincenal	Actividad mecánica	80	1.4
E-01	Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	-	Bimestral	Actividad eléctrica	50	0.9

E-02	Verificar estado de cableado eléctrico	-	Bimestral	Actividad eléctrica	40	0.7
E-03	Verificar que motor no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento excesivo	-	Trimestral	Actividad eléctrica	30	0.5
E-05	Verificar estado de ventilador del motor principal	Lubricante	Trimestral	Actividad eléctrica	50	0.9
E-06	Medir y registrar la corriente de consumo del motor	Multímetro	Trimestral	Actividad eléctrica	25	0.5
E-07	Reseteo de relé	Pulsador	Semestral	Actividad eléctrica	30	0.5
E-08	Inspección de seguridad neumática	-	Semestral	Actividad eléctrica	20	0.4
O-05	Inspección visual	-	Mensual	Actividad de inspección	20	0.4
					<b>670</b>	<b>11</b>

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se establece el programa de ejecución de cada una de las actividades mencionadas para el mantenimiento preventivo, con el fin de que se cumplan en su totalidad todas las actividades en la periodicidad establecida y evitar futuras paradas durante la producción.

Figura 98: Plan de mantenimiento preventivo en la empresa POSTES SULLANA SAC

		<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POSTES SULLANA S.A.C</b>																								Responsable de elaboración																							
MÁQUINAS	Semestre	Segundo Semestre 2019												Primer Semestre 2020																																			
	Meses	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	Actividades de mantenimiento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
MÁQUINA MOLDEADORA	Ajuste de pernos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Regulación de velocidad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Retirar partículas grandes que afecten el flujo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Inspección visual																																																
	Verificar estado de dientes de piñon		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Revisar sujeción del motor		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de disco de embrague		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de cableado eléctrico		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de eje de giro		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de carro transversal		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar interruptores, ventilador y corriente de consumo del motor		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Cambio de pernos, tornillos y pistones desgastados				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■								
	Reseteo de relé				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■								
Inspección de seguridad neumática				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■									
MÁQUINA MEZCLADORA	Regulación de velocidad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Retirar partículas grandes que afecten el flujo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Verificar estado de Tolva de alimentación		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de cintas calefactoras		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Inspección visual																																																
	Verificar estado de dientes de piñon		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Revisar sujeción del motor		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de disco de embrague		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de cableado eléctrico		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■				
	Verificar estado de eje de giro	■	■	■	■																																												
	Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo	■	■	■	■																																												
	Verificar estado de ventilador del motor principal	■	■	■	■																																												
	Cambio de pernos desgastados	■																																															
Reseteo de relé								■																																									
Inspección de seguridad neumática								■																																									

Fuente: Elaboración Propia

A través de los planes de mantenimiento propuestos se busca principalmente incrementar el índice de eficiencia global en las máquinas (OEE); es decir, incrementar la disponibilidad, eficiencia y calidad del equipo; para atender la demanda y no retrasar la entrega de pedidos.

Complementando la propuesta la gestión de mantenimiento, se propone la implementación de un mantenimiento autónomo, el cual será explicado en el siguiente inciso. Estas herramientas serán realizadas, como ya se mencionó, con el fin de incrementar su eficiencia; de ese modo, se logrará reducir las fallas, tiempos muertos en las maquinarias por averías, y el incremento del rendimiento o de capacidad de las máquinas.

Tabla 123: KPI - Moldeadora para postes

<b>MOLDEADORA PARA POSTES</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>	<b>MEJORA</b>
Disponibilidad	77%	86%	Incremento de disponibilidad
Eficiencia	82%	90%	Incremento de eficiencia
Calidad	85%	89%	Incremento de calidad
<b>OEE</b>	<b>54%</b>	<b>69%</b>	<b>Incremento de OEE</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 124: KPI - Vibradora

<b>VIBRADORA</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>	<b>MEJORA</b>
Disponibilidad	75%	88%	Incremento de disponibilidad
Eficiencia	68%	80%	Incremento de eficiencia
Calidad	89%	95%	Incremento de calidad
<b>OEE</b>	<b>45%</b>	<b>67%</b>	<b>Incremento de OEE</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 125: KPI - Mezcladora para postes

<b>MEZCLADORA PARA POSTES</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>	<b>MEJORA</b>
Disponibilidad	78%	89%	Incremento de disponibilidad
Eficiencia	75%	85%	Incremento de eficiencia
Calidad	91%	94%	Incremento de calidad
<b>OEE</b>	<b>53%</b>	<b>71%</b>	<b>Incremento de OEE</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 126: KPI - Mezcladora para accesorios

<b>MEZCLADORA PARA ACCESORIOS</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>	<b>MEJORA</b>
Disponibilidad	70%	85%	Incremento de disponibilidad
Eficiencia	80%	85%	Incremento de eficiencia
Calidad	90%	94%	Incremento de calidad
<b>OEE</b>	<b>50%</b>	<b>68%</b>	<b>Incremento de OEE</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 127: Mezcladora para ladrillos block

<b>MOLDEADORA PARA LADRILLOS BLOCK</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>	<b>MEJORA</b>
Disponibilidad	75%	89%	Incremento de disponibilidad
Eficiencia	40%	65%	Incremento de eficiencia
Calidad	90%	95%	Incremento de calidad
<b>OEE</b>	<b>27%</b>	<b>55%</b>	<b>Incremento de OEE</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.7. Implementación de Mantenimiento Autónomo

El objetivo de la implementación del mantenimiento autónomo es prevenir las fallas y el deterioro de las máquinas mediante un mantenimiento llevado a cabo por los operadores; es decir, se busca principalmente mantener las condiciones básicas del funcionamiento de las máquinas mediante la supervisión de los trabajadores que las operan. Es por ello, que es importante que reciban capacitaciones sobre la importancia del mantenimiento y los aspectos técnicos de las máquinas; ya que se busca que el operario pueda detectar de manera anticipada algunas fallas que pueda presentar la máquina; y de ese modo, poder prevenir la presencia de fallos en su equipo y problemas de producción y/o calidad. Esto genera como beneficio formar a un operario competente con la capacidad de detectar las causas de la suciedad o desajustes y corregirlas oportunamente sin necesidad de que el área de mantenimiento participe ante problemas menores.

A continuación, se muestra cada uno los temas de capacitación que están enfocados para los operadores de las maquinarias, supervisores de planta y jefe de producción; además, de la participación del jefe de mantenimiento.

Tabla 128: Objetivo de las Capacitaciones

CAPACITACIÓN	OBJETIVO	DURACIÓN	PÚBLICO OBJETIVO	CAPACITADOR	DOCUMENTO SOPORTE	% PARTICIPACIÓN	FECHA REALIZADA	OBSERVACIONES
Importancia de mantener nuestros equipos en buen estado	Concientizar a operadores sobre los beneficios de un equipo en buen estado	30 min	Operadores de máquinas	Mariella Ortiz, Rubén Vera y Jefe de Mantenimiento	Registro de asistencia, documento informativo	100%	08.06.2019	Operadores interesados sobre el tema
Consecuencias generadas por un mal estado y cuidado de las máquinas	Concientizar a operadores sobre las consecuencias que se generan por falta de cuidado en las máquinas	30 min	Operadores de máquinas	Mariella Ortiz, Rubén Vera y Jefe de Mantenimiento	Registro de asistencia, documento informativo	100%	08.06.2019	Operadores realizaron consultas sobre el tema
Importancia de reportar evidencia de fallas	Comunicación inmediata por parte de operadores ante fallas graves	30 min	Operadores de máquinas	Mariella Ortiz, Rubén Vera y Jefe de Mantenimiento	Registro de asistencia, documento informativo	100%	08.06.2019	Operadores realizaron consultas sobre el tema
Actividades establecidas para el mantenimiento autónomo e importancia de cada una de ellas	Cumplimientos de las actividades por parte de los operarios y evitar fallas menores	30 min	Operadores de máquinas	Mariella Ortiz, Rubén Vera y Jefe de Mantenimiento	Registro de asistencia, documento informativo	100%	08.06.2019	Se detalló la frecuencia de las actividades
Herramientas necesarias para el mantenimiento	Operadores informados sobre herramientas necesarias para la realización de actividades	30 min	Operadores de máquinas	Mariella Ortiz, Rubén Vera y Jefe de Mantenimiento	Registro de asistencia, documento informativo	100%	08.06.2019	-
Puntos clave de verificación	Operarios con capacidad de detectar de manera anticipada fallas en las máquinas	30 min	Operadores de máquinas	Mariella Ortiz, Rubén Vera y Jefe de Mantenimiento	Registro de asistencia, documento informativo	100%	08.06.2019	Operadores realizaron consultas sobre el tema
Importancia del seguimiento y supervisión	Cumplimiento total de las actividades establecidas	30 min	Supervisores de planta y Jefe de producción	Mariella Ortiz y Rubén Vera	Documento informativo	100%	15.06.2019	-
Importancia sobre la comunicación entre jefes y operadores	Confianza de los operarios para comunicar fallas detectadas	30 min	Supervisores de planta y jefe de producción	Mariella Ortiz y Rubén Vera	Documento informativo	100%	15.06.2019	-

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizado las capacitaciones, se documentaron las actividades del mantenimiento autónomo especificando la frecuencia de realización de cada una de ellas.

Se tendrá en cuenta la codificación de actividades realizada anteriormente.

Tabla 129: Actividades de mantenimiento autónomo para máquina moldeadora y vibradora

<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA MÁQUINA MOLDEADORA Y VIBRADORA</b>			
<b>COD.ACTIVIDAD</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
L-01	Lubricación de chumaceras	Lubricante	Diaria
L-02	Revisión del nivel de aceite	-	Diaria
L-03	Engrase de eje de giro	Engrasante	Diaria
L-04	Lubricación de rodamientos	Lubricante	Diaria
L-05	Lubricación de volante	Lubricante	Diaria
L-06	Engrase de pernos	Engrasante	Diaria
L-07	Lubricación de pistones	Lubricante	Diaria
O-04	Limpieza partículas de suciedad	Franela + Agua	Diaria
O-05	Inspección visual	-	Diaria
O-06	Limpieza de agregados expulsados por maquinaria	Franela + Espátula industrial	Diaria
O-07	Limpiar exceso de mezcla	Franela + Espátula industrial	Diaria
O-08	Revisar seguridad neumática	-	Diaria
O-09	Limpieza de moldes	Franelas + Espátula industrial + Agua	Diaria
O-10	Verificar el funcionamiento del motor	-	Semanal
O-01	Realizar limpieza de la ventilación del motor	Franela	Semanal

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 130: Actividades de mantenimiento autónomo para máquinas mezcladoras

<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA MÁQUINAS MEZCLADORAS</b>			
<b>COD.ACTIVIDAD</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
L-01	Lubricación de chumaceras	Lubricante	Diaria
L-02	Revisión del nivel de aceite	-	Diaria
L-03	Engrase de eje de giro	Engrasante	Diaria
L-04	Lubricación de rodamientos	Lubricante	Diaria
L-05	Lubricación de volante	Lubricante	Diaria
L-06	Engrase de pernos	Engrasante	Diaria
L-07	Lubricación de pistones	Lubricante	Diaria
O-02	Limpieza de tolva de alimentación	Franela + Agua	Diaria
O-03	Limpieza de cuba de mezcladora	Franela + Agua	Diaria
O-04	Limpieza partículas de suciedad	Franela + Agua	Diaria
O-05	Inspección visual	-	Diaria
O-06	Limpieza de agregados expulsados por maquinaria	Franela + Espátula industrial	Diaria
O-07	Limpiar exceso de mezcla	Franela + Espátula industrial	Diaria
O-08	Revisar seguridad neumática	-	Diaria
O-09	Limpieza de moldes	Franelas + Espátula industrial + Agua	Diaria
O-10	Verificar el funcionamiento del motor	-	Semanal
O-01	Realizar limpieza de la ventilación del motor	Franela + Espátula industrial	Semanal

Fuente: Elaboración Propia

Además, se establece normas de seguridad y normas que deben ser realizadas durante el funcionamiento de las máquinas; las cuales serán documentadas y entregadas a cada operador para su cumplimiento diario.

Tabla 131: Normas para el funcionamiento de las máquinas moldeadoras

INDUSTRIA DE POSTES SULLANA S.A.C. FABRICAS A NIVEL NACIONAL		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
CÓDIGO DE MÁQUINA ENS-MP-01 ENS-V-02 ENS-ML-05				
MÁQUINA MOLDEADORA PARA POSTES VIBRADORA MOLDEADORA PARA LADRILLOS BLOCK				
INFORMAR AL JEFE DE PLANTA O SUPERVISOR SOBRE TODOS LOS DEFECTOS E IRREGULARIDADES OBSERVADOS TANTO AL INICIO COMO DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA				
NORMAS A CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA				
N°	Actividades			
1	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina			
2	Verificar estado correcto del eje de giro			
3	Verificar tornillos de fijación			
4	Revisar cantidad de desmoldante			
5	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina			
6	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo			
7	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina			
NORMAS DE SEGURIDAD				
N°	Actividades			
1	Utilizar siempre los equipos de protección de seguridad (EPP) brindada por la empresa			
2	Desconectar el interruptor principal al término de la jornada laboral			
3	Verificar previamente si la máquina se encuentra apagada para la ejecución de las actividades de mantenimiento			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 132: Normas para el funcionamiento de las máquinas mezcladoras

INDUSTRIA DE POSTES SULLANA S.A.C. FABRICAS A NIVEL NACIONAL		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	
CÓDIGO DE MÁQUINA ENS-MZP-03 ENS-MZA-04			
MÁQUINA MEZCLADORA PARA POSTES MEZCLADORA PARA ACCESORIOS			
INFORMAR AL JEFE DE PLANTA O SUPERVISOR SOBRE TODOS LOS DEFECTOS E IRREGULARIDADES OBSERVADOS TANTO AL INICIO COMO DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA			
NORMAS A CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA			
N°	Actividades		
1	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina		
2	Verificar cantidad de agua		
3	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina		
4	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo		
5	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina		
NORMAS DE SEGURIDAD			
N°	Actividades		
1	Utilizar siempre los equipos de protección de seguridad(EPP) brindada por la empresa		
2	Desconectar el interruptor principal al término de la jornada laboral		
3	Verificar previamente si la máquina se encuentra apagada para la ejecución de las actividades de mantenimiento		

Fuente: Elaboración Propia

Mediante esta implementación, como ese mencionó anteriormente, se busca prevenir las fallas y el deterioro de las máquinas; con el fin de reducir el índice de paradas de máquinas que presenta la empresa Postes Sullana S.A.C.

Tabla 133: As Is VS To Be - Gestión de Mantenimiento y Mantenimiento Autónomo

FALLAS EN MÁQUINAS	AS IS	TO BE	MEJORA
Total de Paradas de máquinas	155 paradas	65 paradas	58%

Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar que, para garantizar el éxito de la aplicación del mantenimiento autónomo propuesto, teniendo en cuenta la contratación de personal a destajo que la empresa realiza por periodos pico de demanda; se ha establecido como

responsables del mantenimiento autónomo de cada unidad de trabajo, a personal fijo de la empresa; es decir trabajadores en planilla. Esta responsabilidad implica, que serán los encargados de la correcta aplicación del mantenimiento autónomo de las máquinas que les corresponde cuando no se presenta personal a destajo. Además, serán los responsables de capacitar y entregar las guías definidas en la Tabla 131 y Tabla 132, para las máquinas que corresponda, al personal de destajo que ingrese a su unidad de trabajo. Cabe mencionar que dichos responsables deberán siempre cumplir con la realización de las actividades del mantenimiento autónomo según el cronograma que se indica en la Tabla 129 y Tabla 130, o asignar la ejecución del mantenimiento autónomo al personal de destajo únicamente cuando este se encuentre completamente capacitado; de todas maneras el responsable de cada máquina deberá supervisar que no se incumpla con alguna actividad asignada como parte del mantenimiento.

### **3.6.8. Implementación de SLP**

El Planeamiento Sistemático de la Distribución (SLP) nos permitirá visualizar la disposición de la planta mediante planos, y realizar los ajustes necesarios, antes de la implementación de la distribución de planta propuesta. De ese modo, evitar posibles costos innecesarios ante deficiencias de la implementación de la nueva distribución de planta.

El desarrollo de la herramienta se realizará con base al diseño establecido anteriormente. En donde, se indicaron todos los análisis necesarios a realizar, con el fin de proponer una mejor distribución de planta que se adecue a los procesos productivos de los productos que ofrece la empresa. Además, se busca reducir los desplazamientos innecesarios entre áreas y todos los factores que han sido analizados anteriormente, que afectan el tiempo total de producción y la calidad de los productos terminados. Mediante los análisis realizados, se propondrán dos alternativas posibles de distribución de planta, las cuales se evaluarán cualitativamente (Ranking de Factores) y cuantitativamente (Matriz Costo). Es importante mencionar que, estos análisis considerarán la descripción de los productos que ofrece la empresa, los procesos y actividades complementarias de las operaciones.

#### **3.6.8.1. Análisis PQ – Análisis ABC**

Estos análisis nos permiten clasificar los productos y definir mediante ello, cuál o cuáles serán los productos bases del planeamiento.

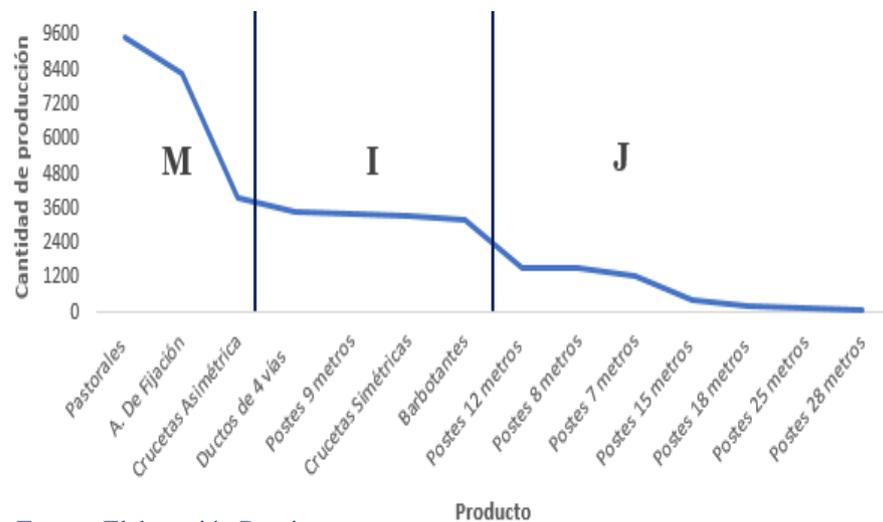
El análisis PQ sirve para determinar cuál o cuáles son los productos con mayor cantidad de producción durante un periodo determinado, en este caso, se realizará el análisis con la producción del 2018.

Tabla 134: Producción por cada tipo de producto

Productos	Producción Total
Pastorales	9545
A. De Fijación	8265
Crucetas Asimétrica	3992
Ductos de 4 vías	3481
Postes 9 metros	3416
Crucetas Simétricas	3340
Palomillas	3231
Postes 12 metros	1536
Postes 8 metros	1501
Postes 7 metros	1231
Postes 15 metros	452
Postes 18 metros	194
Postes 25 metros	129
Postes 28 metros	68
<b>Total</b>	<b>40381</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 99: Análisis PQ de los productos



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con los resultados mostrados gráficamente la propuesta de distribución debe priorizar los procesos productivos de los productos que se encuentran en la zona M; es decir, los pastorales, accesorios de fijación y crucetas asimétricas.

Caso contrario al análisis PQ, el análisis de ABC nos permite determinar los productos que generan mayor ingreso, con el fin de priorizar sus procesos productivos.

Tabla 135: Ingresos porcentuales por producto

Productos	Producción Total	Precio unitario (S/.)	Ingresos	%
Postes 7 metros	1231	236.85	S/. 291,562.35	4%
Postes 8 metros	1501	327.80	S/. 492,027.80	7%
Postes 9 metros	3416	389.74	S/. 1,331,351.84	18%
Postes 12 metros	1536	671.20	S/. 1,030,963.20	14%
Postes 15 metros	452	1737.97	S/. 785,562.44	11%
Postes 18 metros	194	2851.20	S/. 553,132.80	7%
Postes 25 metros	129	5815.00	S/. 750,135.00	10%
Postes 28 metros	68	7570.35	S/. 514,783.80	7%
Pastorales	9545	63.37	S/. 604,866.65	8%
Crucetas Simétricas	3340	79.07	S/. 264,093.80	4%
Crucetas Asimétrica	3992	50.80	S/. 202,793.60	3%
Palomillas	3231	86.00	S/. 277,866.00	4%
A. De Fijación	8265	24.13	S/. 199,434.45	3%
Ductos de 4 vías	3481	27.10	S/. 94,335.10	1%
<b>Total</b>	<b>40381</b>	<b>19930.58</b>	<b>S/. 7,392,908.83</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

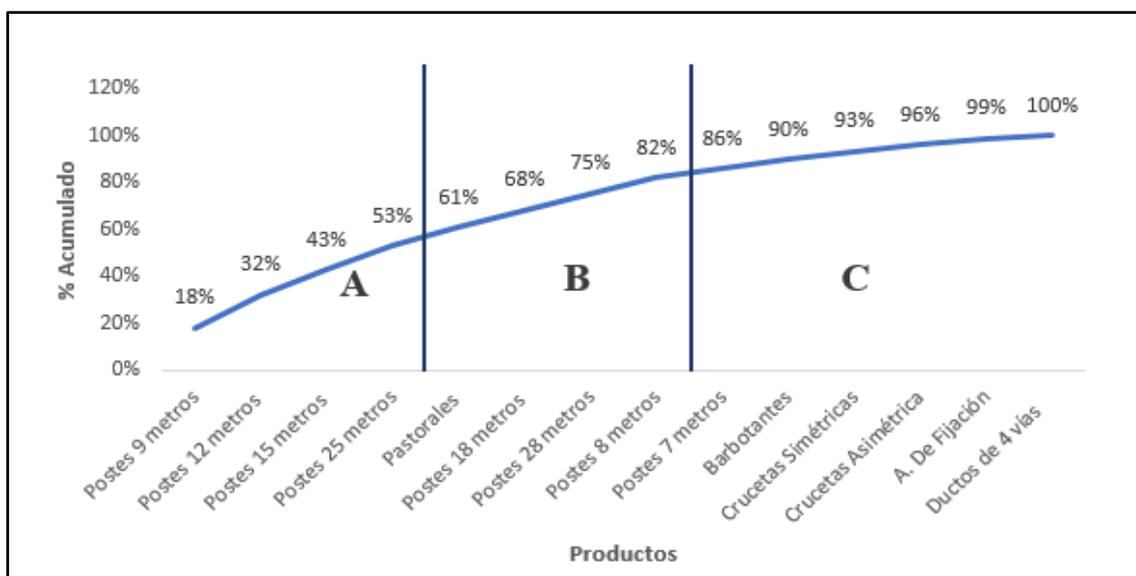
A continuación, se muestra ordenado descendientemente el porcentaje de ingresos de los productos con respecto al ingreso total.

Tabla 136: Ingresos por tipo de producto

Productos	Ingresos	%	% Acumulado
Postes 9 metros	S/. 1,331,351.84	18%	18%
Postes 12 metros	S/. 1,030,963.20	14%	32%
Postes 15 metros	S/. 785,562.44	11%	43%
Postes 25 metros	S/. 750,135.00	10%	53%
Pastorales	S/. 604,866.65	8%	61%
Postes 18 metros	S/. 553,132.80	7%	68%
Postes 28 metros	S/. 514,783.80	7%	75%
Postes 8 metros	S/. 492,027.80	7%	82%
Postes 7 metros	S/. 291,562.35	4%	86%
Palomillas	S/. 277,866.00	4%	90%
Crucetas Simétricas	S/. 264,093.80	4%	93%
Crucetas Asimétrica	S/. 202,793.60	3%	96%
A. De Fijación	S/. 199,434.45	3%	99%
Ductos de 4 vías	S/. 94,335.10	1%	100%
<b>Total</b>	<b>S/. 7,392,908.83</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 100: Análisis ABC de los productos



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al gráfico los productos que representan el 53% de los ingresos totales son los postes de 9, 12, 15 y 25 metros. Teniendo en cuenta dicho análisis se debe priorizar los procesos de producción de dichos productos.

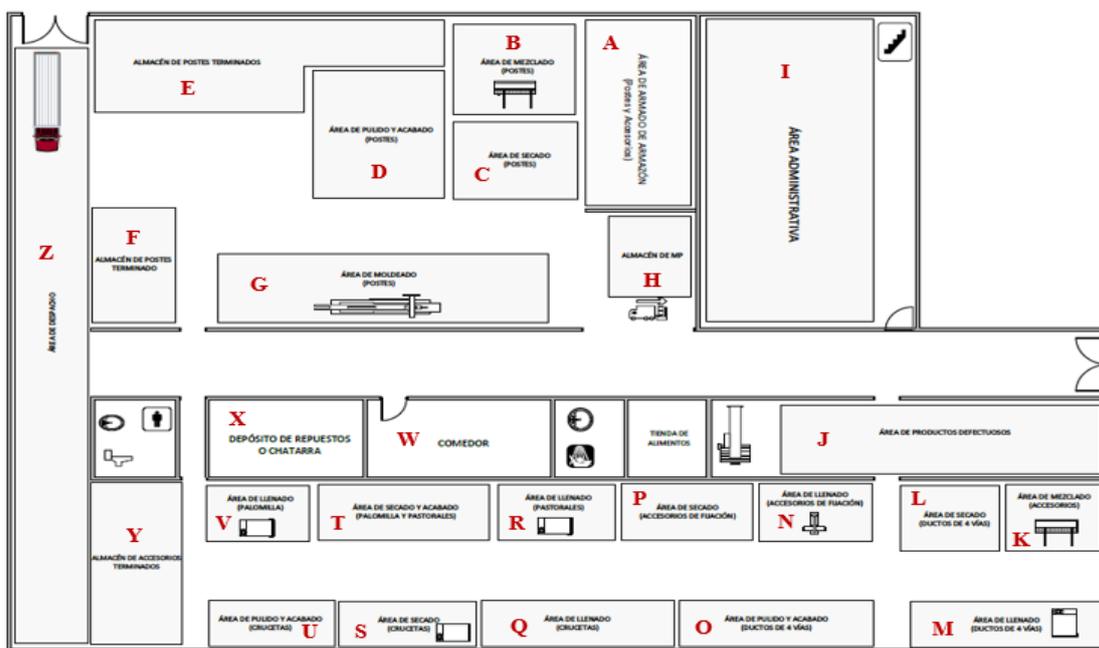
Según lo mostrado se puede visualizar que los productos que se deben priorizar son distintos en ambos análisis, es por ello que la elección del resultado depende únicamente de la empresa en donde se realiza la evaluación de la planta; es decir, la empresa debe elegir si desea priorizar sus productos de acuerdo a la cantidad de producción o de acuerdo a los ingresos que generan. En este caso, la priorización se realizará en base a los ingresos. Por lo tanto, se tomará en cuenta para la propuesta de la distribución de planta, el proceso productivo de los postes.

### **3.6.8.2. Diagrama Multiproducto**

Esta herramienta sirve para analizar el flujo de los materiales. Su esquematización en paralelo permite visualizar porcentualmente el flujo de materiales de los productos que más se transportan; así como también, los procesos que presentan mayor flujo de materiales. El objetivo principal de esta herramienta es optimizar el flujo de materiales y eliminar los retrocesos generados.

Para iniciar el análisis, se presentará como se evaluará cada una de las áreas que presenta la empresa.

Figura 101: Áreas de la empresa



Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente cuadro se muestra la secuencia del proceso de producción de cada uno de los productos. En el caso de los postes, se mostrará su flujo de producción sin especificar las dimensiones de los postes, ya que el proceso de producción es el mismo para las diferentes presentaciones de postes que brinda la empresa.

Tabla 137: Secuencia de producción de cada producto por área

Productos	Abrev.	Secuencia del proceso	Demanda Anual	% de Importancia
Postes de concreto armado	P1	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	8527	21.12%
Pastorales	P2	H-A-H-K-R-T-Y-Z	9545	23.64%
Crucetas Simétricas	P3	H-A-H-K-Q-S-U-Y-Z	3340	8.27%
Crucetas Asimétrica	P4	H-A-H-K-Q-S-U-Y-Z	3992	9.89%
Palomillas	P5	H-A-H-K-V-T-Y-Z	3231	8.00%
A. De Fijación	P6	H-A-H-K-N-P-Y-Z	8265	20.47%
Ductos de 4 vías	P7	H-A-H-K-M-L-O-Y-Z	3481	8.62%
<b>Total</b>			<b>40381</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Figura 102: Diagrama Multiproducto

Área	Productos							Utilización
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
A	2	2	2	2	2	2	2	100.00%
B	4							21.12%
C	6							21.12%
D	7							21.12%
E	8							21.12%
G	5							21.12%
H	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	100.00%
K		4	4	4	4	4	4	78.88%
L							4	8.62%
M							5	8.62%
N						5	7	20.47%
O								8.62%
P						6		20.47%
Q		5	5					18.16%
R		5	6	6				23.64%
S		6	6	6				18.16%
T		6	7	7	6			31.64%
U			7	7				18.16%
V					5			8.00%
Y		7	8	8	7	7	8	78.88%
Z	9	8	9	9	8	8	9	100.00%
% de Importancia	21.12%	23.64%	8.27%	9.89%	8.00%	20.47%	8.62%	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 138: Porcentaje de utilización de áreas según producto

Abreviatura	Área	Utilización
A	Área de Armado de Armazón	100.00%
H	Almacén de Materia Prima	100.00%
Z	Área de Despacho	100.00%
K	Área de mezclado (Accesorios)	78.88%
Y	Almacén de Accesorios Terminados	78.88%
T	Área de secado y Acabado (Palomilla y Pastorales)	31.64%
R	Área de Llenado (Pastorales)	23.64%
B	Área de Mezclado (Postes)	21.12%
C	Área de Secado (Postes)	21.12%
D	Área de Pulido y Acabado (Postes)	21.12%
E	Almacén de Postes Terminados	21.12%
G	Área de Moldeado (Postes)	21.12%
N	Área de Llenado (Accesorios de Fijación)	20.47%
P	Área de Secado (Accesorios de Fijación)	20.47%
Q	Área de Llenado (Crucetas)	18.16%
S	Área de Secado (Crucetas)	18.16%
U	Área de Pulido y Acabado (Crucetas)	18.16%
L	Área de Secado (Ductos de 4 vías)	8.62%
M	Área de Llenado (Ductos de 4 vías)	8.62%
O	Área de Pulido y Acabado (Ductos de 4 vías)	8.62%
V	Área de Llenado (Palomilla)	8.00%

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama Multiproducto muestra que los productos con mayor importancia son los Pastorales, con un 23.64% de importancia; y los postes con un 21% de importancia, pero ambos no presentan un flujo óptimo. Por lo tanto, en la propuesta de distribución se debe priorizar el proceso de producción de ambos productos. Adicionalmente, según el análisis realizado las áreas de mayor utilización deben ser colocadas en un punto estratégico cerca de las áreas con las que tengan mayor relación.

### 3.6.8.3. Método de Tablas Matriciales

Esta herramienta nos permite evaluar el esfuerzo que representan los movimientos de un área a otra durante la elaboración de los productos. Para este análisis se elaborarán tres tablas matriciales. En primer lugar, se elaborará la matriz cantidad (Anexo 21), la cual necesita las cantidades producidas y los pesos unitarios de cada producto para determinar el peso total de las unidades producidas. Posterior a ello, se elaborará la matriz distancia (Anexo 22), donde se indicará la distancia total de desplazamientos entre áreas. A base de los resultados de las dos tablas matriciales se elaborará la matriz esfuerzo en donde se mostrará como resultado la multiplicación entre los pesos transportados por la distancia recorrida entre áreas.

Tabla 139: Peso en Kg de las unidades producidas

Productos	Abrev.	Secuencia del proceso	Demanda Anual	Peso Unitario (Kg)	Peso Total Producido (Kg)	Peso (TN)
Postes 7 metros	P1	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	1231	300	369300	369.3
Postes 8 metros	P2	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	1501	450	675450	675.45
Postes 9 metros	P3	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	3416	610	2083760	2083.76
Postes 12 metros	P4	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	1536	1080	1658880	1658.88
Postes 15 metros	P5	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	452	2200	994400	994.4
Postes 18 metros	P6	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	194	3100	601400	601.4
Postes 25 metros	P7	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	129	3560	459240	459.24
Postes 28 metros	P8	H-A-H-B-G-C-D-E-Z	68	4100	278800	278.8
Pastorales	P9	H-A-H-K-R-T-Y-Z	9545	45	429525	429.525
Crucetas Simétricas	P10	H-A-H-K-Q-S-U-Y-Z	3340	80	267200	267.2
Crucetas Asimétrica	P11	H-A-H-K-Q-S-U-Y-Z	3992	85	339320	339.32
Palomillas	P12	H-A-H-K-V-T-Y-Z	3231	60	193860	193.86
A. De Fijación	P13	H-A-H-K-N-P-Y-Z	8265	25	206625	206.625
Ductos de 4 vías	P14	H-A-H-K-M-L-O-Y-Z	3481	94	327214	327.214
<b>Total</b>			<b>40381</b>			

▪ Matriz Esfuerzo (TN x m)

Tabla 140: Matriz Esfuerzo (TN x m)

	A	B	C	D	E	G	H	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Y	Z	
A							243004															
B						274167																
C				101478																		
D					163788																	
E																						316183
G			210076																			
H	243004	241054						139741														
K									4902	7054				30860	24045				15602			
L												8468										
M									5576													
N													2190									
O																						20232
P																						11928
Q																	8613					
R																		5219				
S																			8006			
T																						20154
U																						12543
V																						2394
Y																						65347
Z																						
<b>TOTAL</b>	243004	241054	210076	101478	163788	274167	243004	139741	5576	4902	7054	8468	2190	30860	24045	8613	7613	8006	15602	64857		381529

Fuente: Elaboración Propia

Multiplicado las cantidades de materiales transportados y las distancias recorridas entre áreas, se puede determinar las áreas con mayor esfuerzo, las cuales se encuentran resaltadas de rojo. Estos resultados nos indica cuales son las áreas que deben estar ubicadas adyacentemente; con el fin, de reducir el esfuerzo de los operarios.

### 3.6.8.4. Análisis de Relaciones de Actividades

Para realizar este análisis se realizará la tabla relacional de actividades, tabla organizada diagonalmente en donde aparecen las relaciones entre todas las áreas. Además de ello, evalúa la importancia de proximidad entre ellas.

Para dicha elaboración, se tomará los siguientes criterios.

Tabla 141: Lista de Motivos a evaluar

N°	Motivo
1	Secuencia del proceso.
2	Flujo de Materiales.
3	Para facilitar el control de inventarios de materiales.
4	Para el control de entrada y salida.
5	Abastecimiento de materiales.
6	Inspección y control.
7	Por no ser necesario.
8	Por el polvo o ruido de máquinas.
9	Rápido de acceso del personal a los servicios que brinda la empresa.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 142: Tabla de valor de proximidad

VR	Definición
A	Absolutamente necesario.
E	Especialmente Necesario.
I	Importante.
O	Ordinario o normal.
U	Sin importancia.
X	No recomendable.

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla relacional de actividades se obtuvo como resultados cuales son las áreas con proximidad absolutamente necesaria; las cuales deben ser ubicadas adyacentemente debido a la secuencia del proceso de producción. Además, se puede determinar cuáles son las áreas cuya proximidad es importante, a pesar de que sus actividades no se realizan consecutivamente.

Por otro lado, también se determinó cuáles son las áreas que no son recomendables que se ubiquen juntas; en este caso, debido por un tema de higiene para el operario.

Tabla 143: Áreas con proximidad absolutamente necesaria

<b>Proximidad absolutamente necesaria</b>	Almacén de MP - Área. Armado de Armazón
	Almacén de MP - Área. Mezclado de Postes
	Área. Armado de Armazón - Área Mezclado de Postes
	Área. Armado de Armazón - Área Moldeado de Postes
	Área Mezclado de Postes - Área de Moldeado de Postes
	Área. Secado de Postes - Área Moldeado de Postes
	Área. Secado de Postes - Área Pulido de Postes
	Área. Secado de Postes - Almacén de Postes Terminados
	Área Pulido de Postes - Almacén de Postes Terminados
	Almacén de MP - Área. Mezclado de Accesorios
	Área. Armado de Armazón - Área Llenado de accesorios
	Área Mezclado de Accesorios- Área de Llenado de accesorios
	Área de Llenado de Accesorios - Área de Secado de Accesorios
	Área. Secado de Accesorios - Área Pulido de Accesorios
	Área. Secado de Postes - Almacén de Accesorios Terminados
	Almacén de PT - Área de Despacho
	Área Moldeado de Postes - Área de Productos Defectuosos
Área Llenado de Accesorios - Área de Productos Defectuosos	
Almacén de PT - Área de Productos Defectuosos	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 144: Áreas con proximidad importante

<b>Proximidad Importante</b>	Área. Armado de Armazón - Área Secado de Postes
	Área Mezclado de Postes - Área. Pulido de Postes
	Área Moldeado de Postes- Área. Pulido de Postes
	Área Mezclado de Postes - Área Mezclado de accesorios
	Área Mezclado de Postes - Área Llenado de Accesorios
	Área Secado de Postes - Área Secado de Accesorios
	Área Llenado de Accesorios - Área de Pulido de accesorios
	Área de Secado (Postes y Accesorios) - Almacén de PT
	Área. Pulido (Postes y Accesorios) - Área de Despacho
	Área de Secado (Postes y Accesorios) - Área Productos defectuosos
	Área. Pulido (Postes y Accesorios) - Área Productos defectuosos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 145: Áreas con proximidad no recomendable

<b>Proximidad no recomendable</b>	Almacén de MP - Comedor
	Almacén de MP - SSHH

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.8.5. Análisis de Espacios

Este análisis nos permite determinar el área requerida para cada actividad, las características físicas y cualquier restricción para el modelo a desarrollar. Para realizar este análisis se desarrollará el método Guerchet, el cual permite calcular las áreas por partes, en función a los elementos que se han de distribuir. Para el desarrollo de este método, es necesario identificar el número total de máquinas, número total de operarios y equipo de acarreo, también llamados elementos móviles.

Este método considera las siguientes superficies.

- **Superficie estática (Ss):** Indica el área fija que ocupan las máquinas y equipos, indistintamente si se encuentran activas o sin producir.

$$Ss = L \times A$$

- **Superficie de gravitación o giro (Sg):** Indica la superficie que es utilizada por el operario o material para las operaciones en curso. Este valor, se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados utilizados de la máquina.

$$Sg = Ss \times N$$

- **Superficie de evolución (Se):** Calcula la superficie teniendo en cuenta los desplazamientos de los operarios y los equipos móviles.

$$Se = K(Ss + Sg)$$

$$K = 0.5 \times \frac{Hm}{Hf}$$

Donde Hm, calcula la altura promedio ponderado de los elementos móviles.

$$Hm = \frac{\sum_{n=1}^n (Ss \times n \times H)}{\sum_{n=1}^n (Ss \times n)}$$

En el caso de Hf, calcula la altura promedio ponderado de los elementos fijos.

$$Hm = \frac{\sum_{n=1}^n (Ss \times n \times H)}{\sum_{n=1}^n (Ss \times n)}$$

- Área Total Requerida:

$$ST = (Ss + Sg + Se) \times n$$

Aplicando las fórmulas mencionadas, se calculará el área promedio ponderada de los elementos fijos y móviles; además, se calculará el valor de K.

Tabla 146: Cálculo del promedio ponderado de los elementos móviles y fijos

Máquinas	Elementos	Ss	Ss x n	Ss x n x H	L	A	H	n	Hm	Hf	K
Mezcladora para postes	Carretilla	1.053	2.106	1.5795	1.62	0.65	0.75	2	1.04	1.07	0.49
	Operarios	0.5	1	1.65	-	-	1.65	2			
Moldeadora	Carretilla	1.053	2.106	1.5795	1.62	0.65	0.75	2	1.19	0.8	0.74
	Operarios	0.5	2	3.3	-	-	1.65	4			
Mezcladora para accesorios	Carretilla	1.053	2.106	1.5795	1.62	0.65	0.75	2	1.04	1.8	0.29
	Operarios	0.5	1	1.65	-	-	1.65	2			
Máquina vibradora (ductos 4 vías)	Carretilla	1.053	2.106	1.5795	1.62	0.65	0.75	2	1.12	1.2	0.47
	Operarios	0.5	1.5	2.475	-	-	1.65	3			
Máquina moldeadora ladrillos block	Carretilla	1.053	1.053	0.78975	1.62	0.65	0.75	1	1.04	1.72	0.3
	Operarios	0.5	0.5	0.825	-	-	1.65	1			
Máquina vibradora (crucetas)	Carretilla	1.053	2.106	1.5795	1.62	0.65	0.75	2	1.04	0.3	1.73
	Operarios	0.5	1	1.65	-	-	1.65	2			
Máquina vibradora (palomilla)	Carretilla	1.053	2.106	1.5795	1.62	0.65	0.75	2	1.04	0.3	1.73
	Operarios	0.5	1	1.65	-	-	1.65	2			

Fuente: Elaboración Propia

Con base a los valores obtenidos de Hm y Hf, se calcula el área requerida para cada área donde se encuentran las máquinas evaluadas.

Tabla 147: Cálculo del área total de las superficies de las máquinas

Máquinas	n	L	A	H	N	Ss	Sg	Ss x n	Ss x n x H	Se	St	ST (m2)
Mezcladora de concreto para postes	1	1.5	1.5	1.07	2	1.766	3.533	1.7663	1.89	2.57	7.87	7.87
Moldeadora	1	28.3	0.9	0.8	1	25.47	25.47	25.47	20.38	37.84	88.78	88.78
Mezcladora de concreto para accesorios	1	2	1.4	1.8	2	2.8	5.6	2.8	5.04	2.43	10.83	10.83
Máquina vibradora (crucetas)	1	1.2	0.5	0.3	2	0.6	1.2	0.6	0.18	3.12	4.92	4.92
Máquina vibradora (Palomilla)	1	1.5	0.4	0.3	2	0.6	1.2	0.6	0.18	3.12	4.92	4.92
Vibradora (Ductos de 4 vías)	1	0.8	0.5	1.2	2	0.4	0.8	0.4	0.48	0.56	1.76	1.76
Moldeadora ladrillo block	1	1.2	0.8	1.72	1	0.96	0.96	0.96	1.65	0.58	2.50	2.50
<b>ÁREA TOTAL REQUERIDA</b>												<b>121.58</b>

Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar que el área total requerida mostrada en la tabla solo integra a las áreas que poseen maquinaria; es por ello que, para obtener el área total requerida de toda la planta de producción, se tomará en cuentas las dimensiones de las otras áreas existentes en la empresa Postes Sullana S.A.C que no han sido consideradas.

Tabla 148: Áreas totales requeridas

<b>Máquinas</b>	<b>ST ( m2)</b>
Mezcladora de concreto para postes	7.87
Moldeadora	88.78
Mezcladora de concreto para accesorios	10.83
Máquina vibradora (Crucetas)	4.92
Máquina vibradora (Palomilla)	4.92
Vibradora (Ductos de 4 vías)	1.76
Moldeadora ladrillo block	2.50
Almacén de postes terminados	431.1
Área de Pulido y Acabado	202.5
Área de Secado	135
Almacén de MP	169.65
Área de Armado de Armazón	189
Área de Productos Defectuosos	453
Comedor	20
Área de Secado (Ducto de 4 vías)	84.97
Área de Pulido y Acabado (Ducto de 4 vías)	127.8
Área de Secado (Accesorios de Fijación)	90
Área de Llenado (Pastorales)	86.6
Área de Secado y Acabado (Palomilla y Pastorales)	113.85
Área de Secado (Crucetas)	113.4
Área de Pulido y Acabado (Crucetas)	124.2
Almacén de Accesorios Terminados	259.6
Área de Despacho	697.5
SSHH	10.5
Área de Duchas	30
<b>ÁREA TOTAL REQUERIDA DE PLANTA</b>	<b>2025 m2</b>

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados obtenidos en los análisis realizados basados en la aplicación de la herramienta SLP, se propone dos alternativas de propuestas de distribución de planta; con el fin, de reducir las distancias recorridas entre áreas por los operarios; además, se conectar las áreas con el fin de obtener un flujo más deficiente en la planta. A continuación de muestras las alternativas de propuesta.

A. Propuesta 1

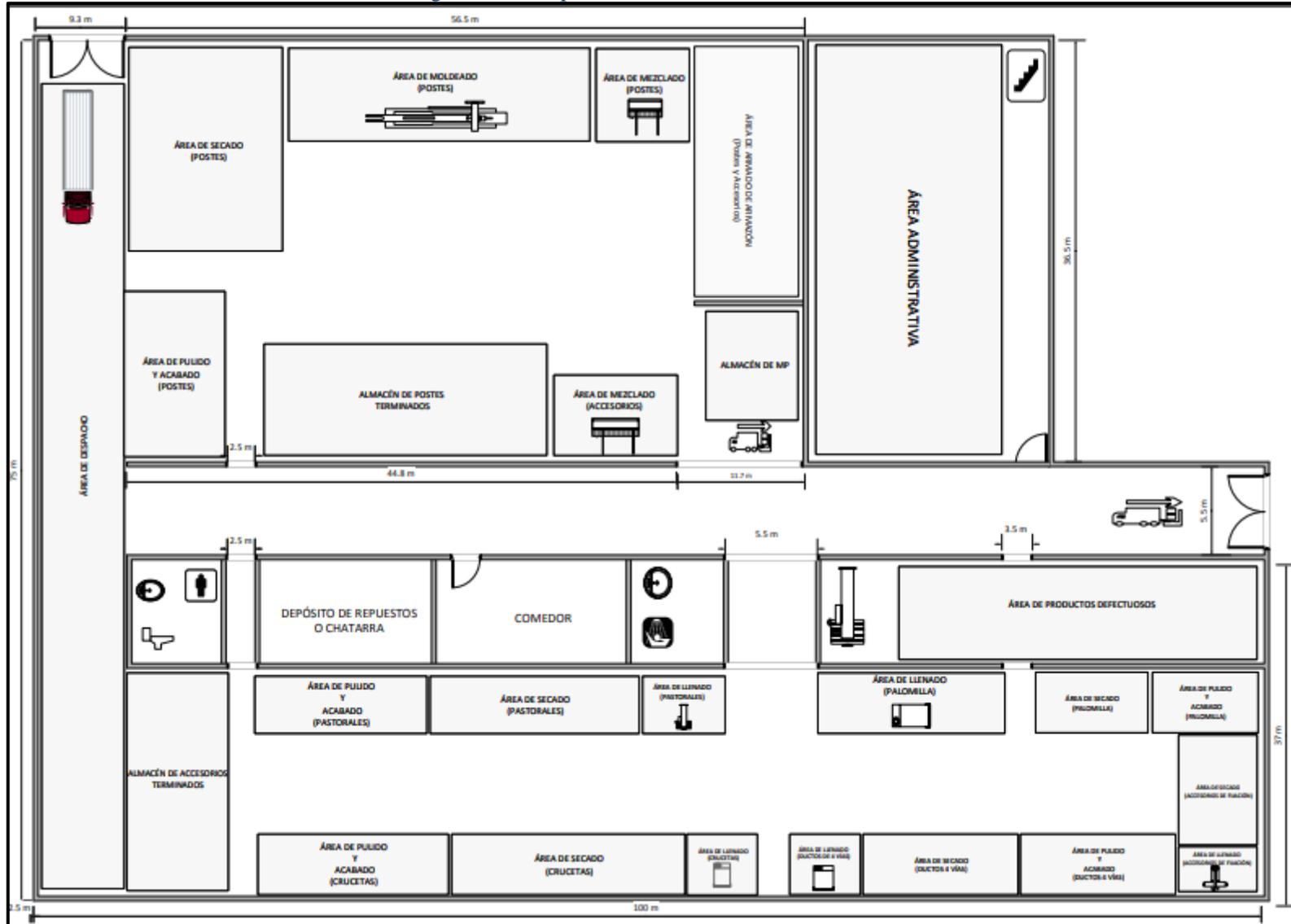
Figura 103: Propuesta N1 de distribución de Planta



Fuente: Elaboración Propia

B. Propuesta 2

Figura 104: Propuesta N2 de distribución de Planta



Fuente: Elaboración Propia

### C. Evaluación Cualitativa

Para dicha evaluación se desarrollará un ranking de factores, donde se considerará los elementos analizados en cada factor de la distribución de planta.

En primer lugar, se determinará la escala de calificación y la tabla de enfrentamiento.

- Escala de calificación

Tabla 149: Escala de calificación

<b>ESCALA DE CALIFICACIÓN</b>	
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Deficiente

Fuente: Elaboración Propia

- Tabla de Enfrentamiento

Se evalúa un enfrentamiento entre los factores de evaluación establecidos, con el fin de determinar la ponderación de cada uno.

Tabla 150: Factor de evaluación

<b>Abrev.</b>	<b>Factor de evaluación</b>
FA1	Deficiente conexión entre áreas de producción
FA2	Acumulación de productos terminados en pasadizos
FA3	Prolongado recorrido entre áreas
FA4	Falta de espacio en Áreas de secado de accesorios
FA5	Falta de espacio en Áreas de Pulido y Acabado
FA6	Dificultad en el traslado de mezcla de concreto
FA7	Flujo deficiente

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 151: Tabla de enfrentamiento

Factor de evaluación	FE 1	FE 2	FE 3	FE 4	FE 5	FE 6	FE 7	Suma	Ponderado
FE 1		1	1	0	0	1	1	4	17%
FE 2	0		1	0	0	0	0	1	4%
FE 3	1	0		0	0	1	0	2	8%
FE 4	1	1	1		1	0	0	4	17%
FE 5	1	1	1	1		0	0	4	17%
FE 6	0	1	0	1	1		0	3	13%
FE 7	1	1	1	1	1	1		6	25%
<b>SUMA TOTAL</b>								24	100%

Fuente: Elaboración Propia

Con la ponderación calculada de cada factor, se realizará el ranking de factores analizando las dos alternativas posibles de la propuesta de distribución de planta.

Tabla 152: Ranking de Factores

Abrev.	Factor de evaluación	Ponderado	Alternativa 1		Alternativa 2	
			Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
FA1	Deficiente conexión entre áreas de producción	17%	4	0.67	5	0.83
FA2	Acumulación de productos terminados en pasadizos	4%	4	0.17	4	0.17
FA3	Prolongado recorrido entre áreas	8%	4	0.33	5	0.42
FA4	Falta de espacio en Áreas de secado de accesorios	17%	5	0.83	4	0.67
FA5	Falta de espacio en Áreas de Pulido y Acabado	17%	5	0.83	4	0.67
FA6	Dificultad en el traslado de mezcla de concreto	13%	4	0.50	4	0.50
FA7	Flujo deficiente	25%	4	1.00	5	1.25
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>100%</b>		<b>4.33</b>		<b>4.50</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se puede concluir mediante los resultados del ranking de factores, que la alternativa 2 es la mejor opción como propuesta de la nueva distribución de planta, debido a que tiene una mejor calificación; ya que se considera que presenta una mejor conexión entre áreas de producción que la alternativa 1; además se considera que reduce en mayor cantidad la distancia recorrida entre áreas.

A pesar de este resultado, es necesario evaluar estas alternativas de manera cuantitativa; es por ello, que se evaluará mediante una matriz de esfuerzo, cual es la opción que realmente reduce la carga del operario y el recorrido entre áreas.

#### ***D. Evaluación Cuantitativa***

Se distribuyeron las áreas de cada una de las propuestas para analizar la carga de trabajo de un área a otra, y la distancia recorrida entre ellas. En el ANEXO 23 y ANEXO 24, se encuentra la matriz cantidad y matriz distancia e la propuesta 1. Por otro lado, en el ANEXO 25 y ANEXO 26 se encuentra los mismos análisis para la propuesta 2.

Con los resultados de ambas matrices, se obtuvieron las siguientes matrices de esfuerzo de ambas propuestas.

Tabla 153: Matriz esfuerzo alternativa 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
A								243004																				
B			144205																									
C				204735																								
D					217198																							
E									101834																			
F		312622																										
G																							17533	8714	38096	11871	19142	
H	243004					121061	19842																					
I																												
J									31836																			
K										7796																		
L											6284																	
M												6871																
N													7083															
O										8289																		
P										5990																		
Q																	4943											
R																		3829										
S										13177																		
T																							6214					
U										8296																		
V																								3978				
W														18126														
X																								7464				
Y														18798														
Z																												
AA																												
TOTAL	243004	312622	144205	204735	217198	121061	19842	243004	133669	49832	7083	6871	18798	18126	4943	3829	30623	7464	6214	13170	3978	7077	17533	8714	38096	11871	19142	<b>1912703</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 154: Matriz esfuerzo alternativa 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
A								243004																	
B			140288																						
C				195122																					
D					126402																				
E						193341																			
F									148122																
G															20982	30690	17130			14588					11603
H	243004	224960					23987																		
I																									
J									31836																
K										9514															
L										15770															
M											13101														
N												21350													
O													12027												
P															16133										
Q																				7444					
R																					8998				
S										23085															
T																							1550		
U										13462															
V										11345															
W																							4798		
X																								6081	
TOTAL	243004	224960	140288	195122	126402	193341	23987	243004	179957	73175	13101	21350	12027	16133	20982	30690	17130	7444	8998	14588	1550	4798	6081	11603	1829714

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos se realiza las comparaciones entre las propuestas y la distribución actual.

Tabla 155: Comparación de Propuestas

Distribución de planta	Matriz cantidad	Matriz distancia	Matriz esfuerzo
Actual	70250	869	2185627
PROPUESTA 1	71419	1057	1912703
PROPUESTA 2	<b>70873</b>	<b>990</b>	<b>1829714</b>

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla, se puede observar que la propuesta 2 a pesar de ser la propuesta con menor cantidad de esfuerzo, presenta mayor cantidad de productos movilizados entre áreas y mayor distancia de recorrido entre ellas. Esto se debe principalmente a que en esta nueva propuesta se ha aumentado el área de secado de los accesorios de palomilla y pastorales; ya que actualmente se encuentran juntos y no presenta suficiente espacio para todas las unidades producidas de dichos accesorios. Además, se ha aumentado los tamaños de las áreas de secado y acabado para los accesorios; con el fin de evitar que los productos se encuentren en los pasadizos y ocasionen accidentes.

Adicionalmente, con esta nueva propuesta se propone habilitar una nueva entrada para el ingreso de la mezcla de concreto y armazón de los accesorios, ya que actualmente los armazones y materiales son ingresados por una entrada de 3.5 metros mediante carretilla o cargados por el operario. Además, mediante la misma entrada ingresan los productos defectuosos, que muchas veces su ingreso es interrumpido por el transporte de los armazones y materiales, como han sido mencionados anteriormente. En este caso se propone una entrada para la mezcla de concreto con una dimensión de 5.5 m, cuya dimensión sirve para que los operarios puedan transportar los materiales mediante equipos de carga y evitar el esfuerzo de ellos.

Como se puede visualizar la propuesta 2 tiene una cantidad menor de esfuerzo, esto

se debe principalmente porque las áreas se encuentran ubicadas secuencialmente como el flujo de producción y se está siendo diseñado con el fin de evitar la carga de materiales o productos por parte de los operarios.

Con esta nueva propuesta, se está reduciendo el esfuerzo en 16.28% con respecto a la cantidad de esfuerzo de la distribución actual.

### 3.7. Costos de Implementación

Para la implementación de las herramientas propuestas de lean manufacturing en la empresa Postes Sullana serán necesarios los siguientes costos:

- **Costos de Implementación de Comunicación Organizacional**

Tabla 156: Costos de Implementación de Comunicación Organizacional

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Pizarra	unidad	S/ 30.00	1	S/ 30.00	\$8.96
Plumones	unidad	S/ 15.00	4	S/ 60.00	\$17.91
Hojas	millar	S/ 10.00	1	S/ 10.00	\$2.99
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
<b>Total</b>				<b>\$603.00</b>	<b>\$180.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de Estandarización de métodos de trabajo**

Tabla 157: Costos de Implementación de Estandarización de métodos de trabajo

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE ESTANDARIZACIÓN DE METODOS DE TRABAJO</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capitador 1	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Balanza Industrial	unidad	S/ 285.00	2	S/ 570.00	\$170.15
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
<b>Total</b>				<b>S/ 1,073.00</b>	<b>\$320.30</b>

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de Gestión de Inventario**

Tabla 158: Costos de Implementación de Gestión de Inventario

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capacitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
Total				S/ 503.00	\$150.15

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de MRP I**

Tabla 159: Costos de Implementación de MRP I

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MRP I</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capacitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
Total				S/ 503.00	\$150.15

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de Gestión de Mantenimiento**

Tabla 160: Costos de Implementación de Gestión de Mantenimiento

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capacitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Mecánico	hora	S/ 50.00	1	S/ 50.00	\$14.93
Llave Inglesa	unidad	S/ 40.00	2	S/ 80.00	\$23.88
Desarmador	kit	S/ 38.00	2	S/ 76.00	\$22.69
Pernos	caja	S/ 350.00	1	S/ 350.00	\$104.48
Franelas	unidad	S/ 5.00	10	S/ 50.00	\$14.93
Espátula industrial	unidad	S/ 13.00	2	S/ 26.00	\$7.76
Martillo	unidad	S/ 50.00	1	S/ 50.00	\$14.93
Tornillos	caja	S/ 80.00	1	S/ 80.00	\$23.88
Lubricante SAE 30	gal	S/ 44.00	5	S/ 220.00	\$65.67
Grasa Albania R2	unidad	S/ 20.00	2	S/ 40.00	\$11.94
Multímetro digital	unidad	S/ 180.00	1	S/ 180.00	\$53.73
Pulsador	unidad	S/ 46.00	1	S/ 46.00	\$13.73
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
Total				S/ 1,751.00	\$522.69

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de Mantenimiento Autónomo**

Tabla 161: Costos de Implementación de Mantenimiento Autónomo

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capacitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
<b>Total</b>				<b>S/ 503.00</b>	<b>\$150.15</b>

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de Plan Agregado**

Tabla 162: Costos de Implementación de Plan Agregado

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE PLAN AGREGADO</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capacitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
<b>Total</b>				<b>S/ 503.00</b>	<b>\$150.15</b>

Fuente: Elaboración Propia

- **Costos de Implementación de SLP**

Tabla 163: Costos de Implementación de SLP

<b>COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SLP</b>					
EMPRESA Postes Sullana S.A.C.					
Recurso	Unidad	Costo/Unidad	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Capacitador	hora	S/ 268.00	1	S/ 268.00	\$80.00
Asesor 1 (Alumno1)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Asesor 2 (Alumno2)	hora	S/ 100.00	1	S/ 100.00	\$29.85
Alquiler de montacargas 1	día	S/ 284.75	3	S/ 854.25	\$255.00
Alquiler de montacargas 2	día	S/ 284.75	3	S/ 854.25	\$255.00
Alquiler de Pala retroexcavadora para recoger desmonte	hora	S/ 83.75	5	S/ 418.75	\$125.00
Alquiler de Camión para desmonte	día	S/ 120.00	1	S/ 120.00	\$35.82
Personal de apoyo	unidad	S/ 320.00	15	S/ 4,800.00	\$1,432.84
Personal de limpieza	unidad	S/ 240.00	3	S/ 720.00	\$214.93
Coffe Break	unidad	S/ 35.00	1	S/ 35.00	\$10.45
<b>Total</b>				<b>S/ 8,270.25</b>	<b>\$2,468.73</b>

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Resumen de Costos de Implementación**

Tabla 164: Resumen de Costos de Implementación

Costos de Implementación de las herramientas de Solución		
Herramienta	Costo Total (S/.)	Costo Total (US\$)
Comunicación Organizacional	S/ 603.00	\$180.00
Estandarización del Método de Trabajo	S/ 1,073.00	\$320.30
Gestión de Inventarios	S/ 503.00	\$150.15
Programación mediante MRP I	S/ 503.00	\$150.15
Gestión de Mantenimiento	S/ 1,751.00	\$522.69
Mantenimiento Autónomo	S/ 503.00	\$150.15
Systematic Layout Planing (SLP)	S/ 8,270.25	\$2,468.73
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 13,206.25</b>	<b>\$3,942.16</b>

Fuente: Elaboración Propia

La implementación de las herramientas de solución que se han propuesto tendría un costo total de 3,991 dólares en la empresa Postes Sullana S.A.C. En esta implementación está incluida el costo de mano de obra del personal de la empresa que formará parte de la implementación, el costo de los materiales que se requieren para que se lleve a cabo la implementación y también, el costo de la capacitación en cada una de las técnicas de Lean Manufacturing del presente proyecto.

### 3.8. Indicadores de Implementación

Tabla 165: Medición del Proyecto

MEDICION DEL PROYECTO								
Postes Sullana S.A.C.								
Desperdicio	Herramienta	Indicador	Unidad	Rojo	Amarillo	Verde	Valor Actual	Valor Objetivo
Defectos	SLP	% de productos con rajaduras	N	>5%	5% - 2%	<2%	4.8%	1%
	Tiempos Perdidos	Estandarización de método de trabajo	%	>10%	10% - 5%	<5%	14.30%	4.50%
Producción insuficiente	Plan Agregado	Incumplimiento de pedidos	%	>10%	10% - 5%	<5%	12.51%	6.50%
Insuficiencias en el Inventario	Gestión de Inventarios	% de paradas por desabastecimiento	%	>8%	8% - 4%	<4%	16.47%	5%
	Programación con MRP I	Incumplimiento de pedidos por desabastecimiento	%	>12%	12% - 5%	<5%	15.24%	6%
Nivel de Reprocesos / Procesos inadecuados	Gestión de Mantenimiento	OEE de las máquinas mezcladoras	%	<65%	65% - 85%	>85%	73.2%	78%
		OEE de las máquinas moldeadoras	%	<65%	65% - 85%	>85%	76.5%	78%
	Mantenimiento Autónomo	Paradas de máquina anuales	N	>50	50 - 3	<30	155	25

Fuente: Elaboración Propia

### 3.9. Consideraciones para la Implementación

Las consideraciones a tomar en cuenta para la implementación de las herramientas en la empresa Postes Sullana son las siguientes:

Tabla 166: Consideraciones para la implementación

	Compromiso	Restricciones
Empresa	Se compromete a colaborar con la implementación de las herramientas propuestas y a brindar la información necesaria	No se logrará implementar la totalidad de las herramientas propuestas por un tema de presupuesto
Operarios	Se comprometen a colaborar y no poner resistencia al cambio con la implementación	Algunos operarios desconocen los motivos de la implementación de las herramientas a pesar de brindar capacitaciones
Herramientas y Equipos	Se podrá realizar la implementación en los procesos donde sea necesaria una mejora	En algunos procesos se necesitará la aprobación del gerente general

Fuente: Elaboración Propia

### 3.10. Conclusiones

Una vez culminado el presente capítulo se obtiene el procedimiento objetivo de cómo se deben implementar las herramientas propuestas. Estas herramientas se encargan de mejorar el proceso de planificación y producción de postes y accesorios de concreto armado para disminuir las penalidades por incumplimientos, reducir los sobrecostos operativos y mitigar el costo de oportunidad perdido, al agilizar el flujo de producción.

Las herramientas propuestas, las cuales se enfocan al (1) método de trabajo, (2) planificación de producción y (3) calidad de productos finales, junto con la comunicación organizacionales se lograr implementar exitosamente en la planta productora, teniendo un costo de implementación total de US\$ 3,991. Aquí se costea lo siguiente: el tiempo de expertos y asesores, los materiales que se utilizaran, la maquinaria a implementar y algunos colaterales necesarios para que los operarios estén interesados en aprender sobre la nueva metodología de trabajo y estén esmerados para poner en práctica los nuevos conocimientos adquiridos.

## **CAPITULO IV: VALIDACIÓN DEL MODELO**

En el actual capítulo se procederá a realizar la validación de la implementación de la propuesta de mejora mostrada en el capítulo anterior. Dicha propuesta incluye diversas herramientas de Lean Manufacturing como SLP, Gestión de inventarios y planeamiento, mantenimiento preventivo, ente otros. Además, se dio a conocer el impacto económico del problema y el presupuesto de implementación de las mejoras, información que será relevante para corroborar si se tiene alguna situación de mejora con el objetivo de evaluar la viabilidad del proyecto.

En tal sentido, se realiza la medición de los efectos de la implementación de las herramientas en la empresa de estudio con la finalidad de verificar el cumplimiento de los objetivos planteados en el diseño de la propuesta de mejora.

Por otro lado, se evaluará la propuesta a nivel económico, con el objetivo de identificar los beneficios de la implementación. Al finalizar el capítulo, se calculará el impacto de las propuestas de mejora implementadas en la empresa.

### **4.1. Implementación Piloto / Simulación**

Se desarrollará la validación de las herramientas de propuesta con el objetivo de mejorar la situación actual en el que se encuentra la organización en el caso de estudio. En anterior capítulo se plantearon resultados teóricos esperados, en base a la implementación de las herramientas Lean Manufacturing. Por ello, se procede a realizar planes piloto de las herramientas junto a una simulación de la producción de postes y accesorios mediante el programa Arena para llevar la teoría a un caso práctico.

### **4.2. Implementación de Planes Piloto**

#### **4.2.1. Estandarización de los métodos de Trabajo**

La herramienta de estandarización de trabajo se implementó en un piloto, y se

enfocó en solucionar tres problemas en el flujo del proceso de producción de postes y accesorios de concreto, los cuales son: (1) el llenado de concreto en el molde, (2) la correcta dosificación de materiales para la mezcla y (3) el excesivo tiempo de secado de cada producto.

Cabe mencionar que por cada herramienta propuesta se realizó la capacitación correspondiente a los operarios sobre un tema en particular, donde cada una de ellas dura 1 hora y estuvo acompañada de un Coffe Break para captar aún más la atención de los operarios y de esta manera se sientan más motivados a permanecer en dicha capacitación, ya que esta actividad se realizará fuera de la jornada laboral, es decir, de 6 p.m. a 7 p.m.

#### *a. Proceso de Llenado de concreto*

En el capítulo anterior se identificó, analizó y removi6 las actividades que no agregaban valor al proceso de llenado de concreto, las cuales formaban un total de 14.22% del tiempo total. Por ello, luego de la implementación de este nuevo procedimiento de llenado, se recolecto la data necesaria mediante una nueva toma de tiempos a los mismos operarios a los que se le evaluó en el diagnostico e implementación del presente proyecto, para mantener al margen las variables que puedan estar presentes en el análisis. En la siguiente tabla se puede observar los tiempos antes y después de la implementación.

Tabla 167: Toma de tiempos antes y luego de la implementación de la estandarización del método de trabajo en el proceso de llenado de concreto

N	Operario	Tiempo de llenado (min)	
		Antes de la Implementación	Después de la Implementación
1	Operario 1	14.33	12.83
2	Operario 1	15.17	13.67
3	Operario 1	14.67	13.17
4	Operario 1	15.50	14.00
5	Operario 1	15.40	13.90
6	Operario 2	16.17	14.67
7	Operario 2	15.88	14.38
8	Operario 2	14.33	12.83
9	Operario 2	14.70	13.20

10	Operario 2	15.53	14.03
11	Operario 3	15.22	13.72
12	Operario 3	15.03	13.53
13	Operario 3	14.67	13.17
14	Operario 3	13.83	12.33
15	Operario 3	14.88	13.38
16	Operario 4	12.83	11.33
17	Operario 4	13.67	12.17
18	Operario 4	13.83	12.33
19	Operario 4	13.58	12.08
20	Operario 4	14.03	12.53

Fuente: Elaboración Propia

La tabla anterior se resume en lo siguiente:

Tabla 168: Reducción del tiempo de llenado

Operario	Tiempo promedio (Antes de la mejora)	Tiempo promedio (Después de la mejora)	Reducción (min)	Reducción (%)
Operario 1	15.01	13.51	1.50	9.99%
Operario 2	15.32	13.41	1.91	12.49%
Operario 3	14.73	13.03	1.70	11.54%
Operario 4	13.59	11.04	2.54	18.72%
				<b>13.19%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Con la eliminación de los tiempos muertos en el proceso de llenado de concreto se logró la reducción promedio del 13.19% del tiempo total utilizado en dicho proceso. Como se obtuvo un resultado positivo de reducción de tiempos con la herramienta, se podría estandarizar en un futuro todos los procesos netamente manuales, para que de esta manera se siga un protocolo de trabajo y se optimice el tiempo de cada operario.

#### ***b. Dosificación de materiales para la mezcla***

Como se demostró anteriormente, la ausencia de una máquina de medición ocasiona variaciones en las cantidades de materiales que finalmente se expresan en postes con un acabado superficial no deseado, es decir, con presencia de cangrejas, hendiduras o resanes, producto que no es aceptado por el cliente. Para ello, se propuso implementar un área de pesado de material, junto con una balanza industrial, preparada para resistir las cargas solicitadas. Con dicha adición al flujo del proceso productivo se logró que la

cantidad de productos con un inadecuado acabado superficial se vea disminuida.

Se realizó la toma de data (carga de trabajo y acabado superficial) para postes de 9 metros luego de haberse implementado el área de pesado de materiales previos a la mezcla, y tras haberse instalado las balanzas industriales. Cabe resaltar que se tomó medidas de postes pertenecientes a diferentes Batch, es decir, de diferentes mezclas. Se puede observar más a detalle en los cuadros que se presentaran a continuación.

Tabla 169: Carga de trabajo resultante en los postes fabricados luego de la implementación del área de pesado de materia prima

N POSTE	Carga de trabajo mínima permisible (Kg)	Carga de Trabajo mínima deseada (Kg)	Carga de trabajo máxima establecida (Kg)	Carga de Trabajo medida en la muestra (Kg)	Resultado
Poste 1	200	220	550	241.4	Conforme
Poste 2	200	220	550	223.6	Conforme
Poste 3	200	220	550	206.1	Aceptable
Poste 4	200	220	550	240.5	Conforme
Poste 5	200	220	550	284.6	Conforme
Poste 6	200	220	550	241.0	Conforme
Poste 7	200	220	550	211.0	Aceptable
Poste 8	200	220	550	198.7	Aceptable
Poste 9	200	220	550	206.9	Aceptable
Poste 10	200	220	550	241.2	Conforme
Poste 11	200	220	550	239.1	Conforme
Poste 12	200	220	550	193.6	No conforme
Poste 13	200	220	550	237.3	Conforme
Poste 14	200	220	550	216.9	Aceptable
Poste 15	200	220	550	230.3	Conforme
Poste 16	200	220	550	239.9	Conforme
Poste 17	200	220	550	209.2	Aceptable
Poste 18	200	220	550	236.4	Conforme
Poste 19	200	220	550	219.9	Aceptable
Poste 20	200	220	550	238.6	Conforme

Se tomaron como productos conformes los cuales puedan ser vendidos y entregados

Fuente: Elaboración Propia

al cliente, según los estándares mostrados en las tablas anteriores. En otras palabras, los postes etiquetados con “Conforme” y “Aceptable” son los que se consideraran aptos para la entrega al cliente.

Como se puede observar, en una muestra de 20 postes tomados de diferentes mezclas, se encontró solo 1 unidad la cual presentó No conformidad al momento de realizar la prueba de medida de carga de trabajo. Es decir el 5% de la muestra se tiene que

volver a producir por motivo de defecto en resistencia de concreto.

Tabla 170: Acabado superficial resultante en los postes fabricados luego de la implementación del área de pesado de materia prima

N. POSTE	Acabado superficial la muestra	Resultado
Poste 1	Conforme	Conforme
Poste 2	Cangrejeras internas	Aceptable
Poste 3	Presenta grietas en la parte inferior del poste	No conforme
Poste 4	Conforme	Conforme
Poste 5	Grieta en la superficie	Aceptable
Poste 6	Conforme	Conforme
Poste 7	Conforme	Conforme
Poste 8	Conforme	Conforme
Poste 9	Conforme	Conforme
Poste 10	Conforme	Conforme
Poste 11	Conforme	Conforme
Poste 12	Conforme	Conforme
Poste 13	Pequeñas grietas en la base	Aceptable
Poste 14	Presenta grietas y en la parte superior del poste	Aceptable
Poste 15	Conforme	Conforme
Poste 16	Conforme	Conforme
Poste 17	Presenta resane en la parte central	No conforme
Poste 18	Conforme	Conforme
Poste 19	Conforme	Conforme
Poste 20	Conforme	Conforme

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al acabado superficial, se tomó otras 20 muestras cuando se finalizó el proceso de fraguado de los postes, con la finalidad de observar el estado final de cada producto previamente a su comercialización. Se obtuvo un total de 2 postes no conformes para la venta y 18 postes aptos para ser entregados a los clientes. Es decir el 10% de la muestra se tiene que volver a producir por motivo de defecto en acabado superficial.

Tabla 171: % de Mejora - Carga de Trabajo - Acabado Superficial

<b>Carga de Trabajo</b>	Situación Actual	Situación de Mejora	Mejora
Conformidad	85%	95%	10%
No conformidad	15%	5%	
<b>Acabado Superficial</b>	Situación Actual	Situación de Mejora	Mejora
Conformidad	75%	90%	15%
No conformidad	25%	10%	

Fuente: Elaboración Propia

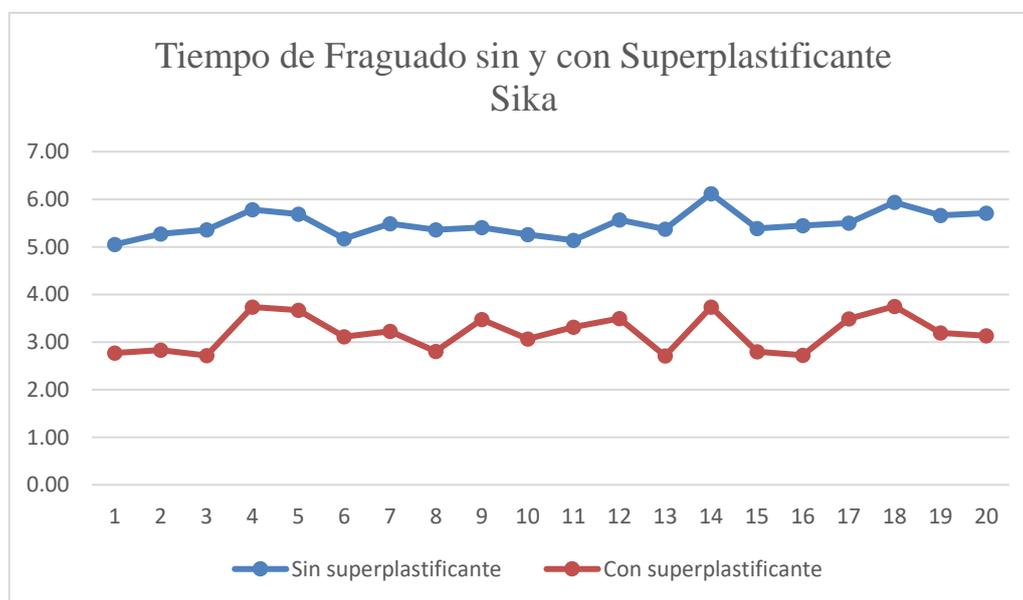
### c. Secado del producto final

En el capítulo de diagnóstico se mencionó que el tiempo de secado actual de los postes de 9 metros puede variar entre 5 a 6 horas, ya que se deja el poste o accesorio a la intemperie. Además, este tiempo puede incrementarse aún más dependiendo de los factores climáticos como humedad y temperatura principalmente, lo cual genera que el tiempo de fraguado del producto sea uno de los cuellos de botella del flujo de producción.

Se propuso agregar a la mezcla, con una previa dosificación correcta de materiales gracias a la balanza industrial, un súper plastificante que aceleraría el proceso de fraguado del producto una vez retirado del molde.

Luego de la charla con operarios y supervisores de producción, se acordó realizar un plan piloto en la elaboración de los postes de los postes de 9 metros y los ductos de concreto, adicionando esta vez, el súper plastificante Sika propuesto anteriormente, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 105: Tiempo de Fraguado de concreto sin y con la utilización del Supe plastificante Sika



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 172: Tiempo promedio de Fragua en ambas circunstancias de producción

En Minutos	Sin súper plastificante	Con súper plastificante	Disminución promedio
Tiempo de Secado promedio	5.48	3.19	2.30

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la imagen anterior, el tiempo de fraguado de concreto fue drásticamente menor al original, cuando no se había aplicado aun el aditivo Sika en la mezcla. También se muestra en la tabla, que en promedio el tiempo de secado disminuyo en 2.3 horas, es decir en 2 hora con 18 minutos.

#### 4.2.2. Gestión de Mantenimiento - Mantenimiento Autónomo

La implementación de la gestión de mantenimiento y mantenimiento autónomo se dio inicio con las capacitaciones a los operarios, con el fin de brindar información relevante acerca de la importancia de esta implementación; Se indicó además la fecha de realización; las cuales fueron el 08 de junio, para los operarios; y el 15 de junio enfocados para los supervisores de plantas y jefe de producción.

Figura 106: Capacitación realizada a los operarios respecto a la Gestión de Mantenimiento



Fuente: Elaboración Propia

El objetivo de estas capacitaciones era principalmente brindar información relevante sobre la gestión de mantenimiento de manera integral. En el caso de los

operarios, se buscaba informar la importancia de una gestión de mantenimiento y cuáles eran los beneficios que generaba su aplicación. Además, se mencionó cuáles eran las actividades establecidas para cada tipo de mantenimiento y la periodicidad de ejecución.

En el caso de la capacitación enfocada a los supervisores de planta y jefe de producción, el objetivo era informar el modelo propuesto de mantenimiento; es decir, los procedimientos establecidos para la ejecución de cada tipo de mantenimiento, las actividades establecidas como revisión diaria por parte de los operarios, las actividades y el plan del mantenimiento preventivo; y los formatos estándares para cada tipo de mantenimiento. Es importante mencionar, que otro fin de esta capacitación era obtener el compromiso de ellos, principalmente para la supervisión del cumplimiento de las actividades establecidas; ya que es un factor importante para el éxito de la implementación del plan piloto de gestión de mantenimiento.

Culminado las capacitaciones, se dio inicio el piloto el 18 de junio. Ese mismo día, se colocaron en cada una de las estaciones de trabajo, las normas a cumplir durante el funcionamiento de las máquinas y las normas de seguridad.

Figura 107: Normas a cumplir para el correcto funcionamiento de las máquinas y normas de seguridad



Fuente: Elaboración Propia

El piloto culminó el 18 de septiembre, con una duración de 3 meses. Culminado el tiempo del piloto, se procedió a evaluar los registros de la ejecución de los mantenimientos; y el número de paradas de las máquinas durante los 3 meses de duración del piloto. Con dichos resultados, determinaremos la efectividad de la implementación; cuyo enfoque principal es determinar el cumplimiento de los objetivos principales: reducción de las paradas en las máquinas y el aumento de la eficiencia global de cada una de ellas (OEE).

En primer lugar, se obtuvo el porcentaje de cumplimiento de las normas establecidas a cumplir durante el funcionamiento de las máquinas. Esta información pudimos obtener mediante el Check List de cumplimiento que les brindamos a los supervisores de planta. Con estos resultados podremos determinar el cumplimiento de las normas de seguridad; y el cumplimiento de las normas a cumplir durante el funcionamiento de las máquinas, en cada estación de trabajo.

En los cuadros mostrados posteriormente, se puede visualizar la evolución del cumplimiento de cada una de las normas. Estos resultados muestran la adaptación de los operarios con estos nuevos hábitos. En el mes de septiembre podemos determinar que existen normas que aún no logran un 100% de cumplimiento, esto nos indica que aún debemos reforzar dichas actividades.

Tabla 173: % de Cumplimiento de las normas de seguridad asignadas para el manejo de las máquinas

Meses Evaluados	Julio	Agosto	Septiembre
Normas de Seguridad	% Cumplimiento	% Cumplimiento	% Cumplimiento
Utilizar siempre los equipos de protección de seguridad (EPP) brindada por la empresa	50%	70%	89%
Desconectar el interruptor principal al término de la jornada laboral	82%	88%	96%
Verificar previamente si la máquina se encuentra apagada para ejecución de actividades de mantenimiento	38%	79%	92%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 174: % de cumplimiento de las normas establecidas por estación de trabajo

Estación de trabajo	Meses Evaluados Normas establecidas	Julio				Agosto				Septiembre			
		Si	No	Total Días	% Cumplimiento	Si	No	Total Días	% Cumplimiento	Si	No	Total Días	% Cumplimiento
Máquina Moldeadora	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina	12	14	26	46%	26	1	27	96%	15	0	15	100%
	Verificar estado correcto del eje de giro	17	9	26	65%	27	0	27	100%	15	0	15	100%
	Verificar tornillos de fijación	13	13	26	50%	22	5	27	81%	13	2	15	87%
	Revisar cantidad de desmoldante	18	8	26	69%	20	7	27	74%	15	0	15	100%
	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina	17	9	26	65%	20	7	27	74%	13	2	15	87%
	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo	14	12	26	54%	23	4	27	85%	15	0	15	100%
	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina	14	12	26	54%	23	4	27	85%	15	0	15	100%
Máquina Vibradora	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina	12	14	26	46%	18	9	27	67%	15	0	15	100%
	Verificar estado correcto del eje de giro	10	16	26	38%	16	11	27	59%	15	0	15	100%
	Verificar tornillos de fijación	18	8	26	69%	15	12	27	56%	14	1	15	93%
	Revisar cantidad de desmoldante	13	13	26	50%	16	11	27	59%	13	2	15	87%
	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina	16	10	26	62%	16	11	27	59%	14	1	15	93%
	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo	15	11	26	58%	20	7	27	74%	15	0	15	100%
	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina	15	11	26	58%	20	7	27	74%	15	0	15	100%
Máquina Moldeadora Ladrillos Block	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina	10	16	26	38%	19	8	27	70%	15	0	15	100%
	Verificar estado correcto del eje de giro	14	12	26	54%	20	7	27	74%	14	1	15	93%
	Verificar tornillos de fijación	9	17	26	35%	20	7	27	74%	13	2	15	87%
	Revisar cantidad de desmoldante	10	16	26	38%	25	2	27	93%	14	1	15	93%
	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina	14	12	26	54%	22	5	27	81%	15	0	15	100%
	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo	12	14	26	46%	25	2	27	93%	15	0	15	100%
	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina	12	14	26	46%	25	2	27	93%	15	0	15	100%
Mezcladora para postes	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina	10	16	26	38%	16	11	27	59%	15	0	15	100%
	Verificar cantidad de agua	12	14	26	46%	15	12	27	56%	15	0	15	100%
	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina	14	12	26	54%	18	9	27	67%	15	0	15	100%
	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo	14	12	26	54%	23	4	27	85%	15	0	15	100%
	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina	14	12	26	54%	23	4	27	85%	15	0	15	100%
Mezcladora para accesorios	Verificar estado de conexión de eléctrica de la máquina	13	13	26	50%	18	9	27	67%	14	1	15	93%
	Verificar cantidad de agua	10	16	26	38%	20	7	27	74%	14	1	15	93%
	No colocar herramientas ni instrumentos de medición sobre o cerca de la máquina	14	12	26	54%	17	10	27	63%	15	0	15	100%
	Cuidar de la limpieza de la máquina y la buena organización de su puesto de trabajo	15	11	26	58%	25	2	27	93%	15	0	15	100%
	Al término de la jornada laboral limpiar las partes vitales de la máquina	15	11	26	58%	25	2	27	93%	15	0	15	100%

Fuente: Elaboración Propia

El cumplimiento de estas normas, originó un mayor cuidado en la limpieza de las máquinas; lo cual mejora el estado de ellas. Además, son normas que reducen el riesgo de posibles accidentes en el operario y en el funcionamiento de las máquinas.

En segundo lugar, se obtuvo la información de los mantenimientos preventivos que fueron realizados durante este trimestre, según lo establecido en el plan de mantenimiento preventivo.

Se muestran 5 tablas que muestran de manera consolidada los registros obtenidos en el mantenimiento preventivo en cada una de las máquinas. Esta información se recopiló de los formatos que fueron completados por los responsables del mantenimiento.

Figura 108: Formatos completados por los responsables de mantenimiento

Tabla 175: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina moldeadora de postes

MÁQUINA MOLDEADORA POSTES				
ACTIVIDADES	FECHA DE ORDEN DE TRABAJO	RESPONSABLE	TIEMPO DE DURACIÓN (min)	OBSERVACIONES
Ajuste de pernos	09/07/2019	Juan Flores H	10 min	2 pernos desgastados y se realizó el cambio de ellos
Regulación de velocidad	09/07/2019	Juan Flores H	6 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	09/07/2019	Juan Flores H	15 min	Se encontraron residuos de concreto en el eje de giro
Inspección visual	16/07/2019	Juan Flores H	10 min	Se encontró suciedad de concreto seco
Verificar estado de dientes de piñón	16/07/2019	Juan Flores H	15 min	Estado correcto, se colocó lubricante
Revisar sujeción del motor	16/07/2019	Juan Flores H	15 min	Estado correcto del motor
Verificar estado de disco de embrague	16/07/2019	Juan Flores H	12 min	Estado correcto, se colocó lubricante
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	16/07/2019	Juan Flores H	18 min	Cambio de contactores
Verificar estado de cableado eléctrico	16/07/2019	Juan Flores H	15 min	Limpieza del cableado eléctrico
Ajuste de pernos	22/07/2019	Juan Flores H	6 min	Se realizó ajuste de pernos
Regulación de velocidad	22/07/2019	Juan Flores H	6 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	22/07/2019	Juan Flores H	12 min	Retiro de concreto seco en eje de giro
Verificar estado de eje de giro	25/07/2019	Juan Flores H	18 min	Limpieza de eje y lubricación
Verificar estado de carro transversal	25/07/2019	Juan Flores H	15 min	Se colocó lubricante en el carro transversal
Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo	25/07/2019	Juan Flores H	20 min	Cambio de pieza de motor
Verificar interruptores, ventilador y corriente de consumo del motor	25/07/2019	Juan Flores H	14 min	Buen estado de ventilador e interruptores. Corriente de consumo un poco elevado
Cambio de pernos, tornillos y pistones desgastados	02/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Cambio de 1 perno, 2 pistones y 6 tornillos
Reseteo de relé	02/08/2019	Daniel Nima G.	15 min	Reseteo sin complicados
Inspección de seguridad neumática	02/08/2019	Daniel Nima G.	25 min	Seguridad neumática adecuada
Ajuste de pernos	08/08/2019	Daniel Nima G.	8 min	-
Regulación de velocidad	08/08/2019	Daniel Nima G.	12 min	No presenta mucha variabilidad de velocidad

Retirar partículas grandes que afecten el flujo	08/08/2019	Daniel Nima G.	18 min	Limpieza en eje de giro y motor
Inspección visual	14/08/2019	Daniel Nima G.	12 min	No se presenta limpieza adecuada en la máquina
Ajuste de pernos	28/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Ajuste y cambio de pernos
Regulación de velocidad	28/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Velocidad regularizada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	28/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Limpieza leve en carro transversal
Ajuste de pernos	10/09/2019	Juan Flores H	5 min	Correcto estado de pernos
Regulación de velocidad	10/09/2019	Juan Flores H	8 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	10/09/2019	Juan Flores H	12 min	Limpieza y pequeñas cantidades de concreto en eje de giro
Inspección visual	16/09/2019	Juan Flores H	10 min	Se observa mejor orden y limpieza en máquina
Verificar estado de dientes de piñón	16/09/2019	Juan Flores H	20 min	Cambio de dientes de piñón
Revisar sujeción del motor	16/09/2019	Juan Flores H	25 min	Cambio de pieza
Verificar estado de disco de embrague	16/09/2019	Juan Flores H	15 min	Estado correcto, se colocó lubricante
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	16/09/2019	Juan Flores H	30 min	Se detectó fallas en el fusible, se realizó cambio
Verificar estado de cableado eléctrico	16/09/2019	Juan Flores H	40 min	Cableado obsoleto, cambio de cableado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 176: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina vibradora

MÁQUINA VIBRADORA				
ACTIVIDADES	FECHA DE ORDEN DE TRABAJO	RESPONSABLE	TIEMPO DE DURACIÓN (min)	OBSERVACIONES
Ajuste de pernos	09/07/2019	Juan Flores H	10 min	Correcto estado de pernos
Regulación de velocidad	09/07/2019	Juan Flores H	6 min	Se encontró una velocidad baja de vibrado
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	09/07/2019	Juan Flores H	15 min	Se encontraron residuos de concreto en molde y motor
Inspección visual	16/07/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se encontró suciedad de concreto seco
Verificar estado de dientes de piñón	16/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Cambio de dientes de piñón, y lubricación
Revisar sujeción del motor	16/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Estado correcto del motor
Verificar estado de disco de embrague	16/07/2019	Daniel Nima G.	12 min	Estado correcto, se colocó lubricante
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	16/07/2019	Daniel Nima G.	18 min	Cambio de fusible
Verificar estado de cableado eléctrico	16/07/2019	Juan Flores H	15 min	Limpieza del cableado eléctrico
Ajuste de pernos	22/07/2019	Juan Flores H	10 min	Se realizó ajuste de pernos
Regulación de velocidad	22/07/2019	Juan Flores H	6 min	Velocidad adecuada de vibración
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	22/07/2019	Juan Flores H	12 min	Retiro de concreto seco en eje de giro vibrador y motor
Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo	25/07/2019	Juan Flores H	20 min	Estado de motor correcto, se realizó limpieza
Verificar interruptores, ventilador y corriente de consumo del motor	25/07/2019	Juan Flores H	14 min	Limpieza de ventilador de motor y se detectó elevado consumo de corriente
Cambio de pernos, tornillos y pistones desgastados	02/08/2019	Juan Flores H	10 min	Cambio de 3 pernos y 5 tornillos
Reseteo de relé	02/08/2019	Juan Flores H	15 min	Se realizó reseteo, estado correcto de máquina
Inspección de seguridad neumática	02/08/2019	Juan Flores H	25 min	Seguridad neumática adecuada
Ajuste de pernos	08/08/2019	Juan Flores H	8 min	Se realizó ajuste de pernos y tornillos

Regulación de velocidad	08/08/2019	Juan Flores H	12 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	08/08/2019	Juan Flores H	18 min	Limpieza de concreto seco en motor
Inspección visual	14/08/2019	Daniel Nima G.	12 min	No se presenta limpieza adecuada alrededor de la máquina
Ajuste de pernos	28/08/2019	Daniel Nima G.	8 min	Estado correcto
Regulación de velocidad	28/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se presentó una disminución de velocidad, y se regularizó
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	28/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Limpieza de moldes y máquina vibradora
Ajuste de pernos	10/09/2019	Daniel Nima G.	10 min	Ajuste de 4 pernos
Regulación de velocidad	10/09/2019	Daniel Nima G.	10 min	Velocidad correcta
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	10/09/2019	Daniel Nima G.	15 min	Limpieza de pequeñas cantidades de concreto en motor
Inspección visual	16/09/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se observa mejor orden y limpieza en máquina
Verificar estado de disco de embrague	16/09/2019	Daniel Nima G.	15 min	Cambio de disco de embrague
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	16/09/2019	Daniel Nima G.	25 min	Buen estado de fusibles y contactores
Verificar estado de cableado eléctrico	16/09/2019	Daniel Nima G.	15 min	Se realizó limpieza en el cableado

Tabla 177: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina de ladrillos Block

<b>MÁQUINA LADRILLOS BLOCK</b>				
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>FECHA DE ORDEN DE TRABAJO</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>TIEMPO DE DURACIÓN (min)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Ajuste de pernos	11/07/2019	Daniel Nima G.	4 min	Se encontraron 4 pernos sueltos
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	11/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Suciedad de concreto en pistones
Inspección visual	18/07/2019	Daniel Nima G.	6 min	Falta de limpieza en molde y pistones
Revisar sujeción del motor	18/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Buen estado de motor
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	18/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Se encontraron fusibles obsoletos
Verificar estado de cableado eléctrico	18/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Suciedad en cableado eléctrico
Ajuste de pernos	24/07/2019	Daniel Nima G.	10 min	Cambio de todos los pernos
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	24/07/2019	Daniel Nima G.	12 min	Limpieza de pistones y moldes
Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo	29/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Se detectó recalentamiento en motor
Verificar interruptores, ventilador y corriente de consumo del motor	29/07/2019	Daniel Nima G.	14 min	Limpieza en ventilador del motor
Cambio de pernos, tornillos y pistones desgastados	01/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Cambio de 1 pistón
Ajuste de pernos	06/08/2019	Juan Flores H	8 min	Estado correcto de pernos
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	06/08/2019	Juan Flores H	18 min	Limpieza de partículas
Inspección visual	12/08/2019	Juan Flores H	12 min	Falta de limpieza en pistones y desorden en máquina
Ajuste de pernos	26/08/2019	Daniel Nima G.	15 min	Cambio de pernos
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	26/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Limpieza de algunas partículas en molde

Ajuste de pernos	12/09/2019	Juan Flores H	5 min	Se encontraron 4 pernos sueltos
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	12/09/2019	Juan Flores H	10 min	Se retiró suciedad de concreto seco
Inspección visual	17/09/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se visualizó mejor orden y limpieza
Verificar estado de pistones	17/09/2019	Daniel Nima G.	20 min	Cambio y lubricación de pistones
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	17/09/2019	Daniel Nima G.	25 min	Falla en fusible, se realizó cambio
Verificar estado de cableado eléctrico	17/09/2019	Daniel Nima G.	30 min	Cableado obsoleto, cambio de cableado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 178: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina mezcladora de postes

<b>MÁQUINA MEZCLADORA POSTES</b>				
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>FECHA DE ORDEN DE TRABAJO</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>TIEMPO (min)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Regulación de velocidad	04/07/2019	Juan Flores H	10 min	Se detectó velocidad baja a lo establecido, además se lubrico eje de giro
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	04/07/2019	Juan Flores H	20 min	Limpieza de concreto seco en eje de giro y tolva
Verificar estado de eje de giro	04/07/2019	Juan Flores H	15 min	Lubricación de eje de giro
Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo	04/07/2019	Juan Flores H	10 min	Calentamiento de motor adecuado y presenta ruido aceptable
Verificar estado de ventilador del motor principal	04/07/2019	Juan Flores H	20 min	Se realizó limpieza del ventilador del motor
Cambio de pernos desgastados	04/07/2019	Juan Flores H	15 min	Los pernos se encuentran en buen estado, se realizó ajuste
Verificar estado de Tolva de alimentación	11/07/2019	Juan Flores H	12 min	Tolva presentaba partículas de concreto seco y piedras
Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	11/07/2019	Juan Flores H	15 min	Correcto flujo de aceite
Verificar estado de cintas calefactoras	11/07/2019	Juan Flores H	12 min	Se realizó limpieza a cintas calefactoras, ya que presentaba concreto seco
Inspección visual	11/07/2019	Juan Flores H	10 min	Falta de limpieza de la máquina en general, existe concreto seco en eje de giro
Regulación de velocidad	18/07/2019	Juan Flores H	6 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	18/07/2019	Juan Flores H	15 min	Concreto seco en eje de giro y piedra chancada en tolva
Verificar estado de dientes de piñón	18/07/2019	Juan Flores H	30 min	Cambio de nuevos dientes de piñón
Revisar sujeción del motor	18/07/2019	Juan Flores H	15 min	Correcto estado
Verificar estado de disco de embrague	18/07/2019	Daniel Nima G.	10 min	Correcto estado, se colocó lubricante en disco
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	18/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Correcto estado de fusible y contactores
Verificar estado de cableado eléctrico	18/07/2019	Daniel Nima G.	40 min	Cableado obsoleto. Se realizó cambio de cableado
Regulación de velocidad	01/08/2019	Daniel Nima G.	5 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	01/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se detectó mejor limpieza en las piezas de máquina. Se colocó lubricante en eje de giro
Verificar estado de Tolva de alimentación	06/08/2019	Daniel Nima G.	15 min	Estado correcto, solo se debe mejorar la limpieza
Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	06/08/2019	Daniel Nima G.	12 min	Se vertió aceite y se lubricó eje de giro
Verificar estado de cintas calefactoras	06/08/2019	Daniel Nima G.	18 min	Limpieza de cintas calefactoras
Inspección visual	06/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se detecta mejor limpieza y cuidado en la máquina
Reseteo de relé	09/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Reseteo correcto sin ninguna complicación
Inspección de seguridad neumática	09/08/2019	Juan Flores H	15 min	Buen estado
Regulación de velocidad	05/09/2019	Juan Flores H	20 min	Se detectó una mínima disminución de velocidad
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	05/09/2019	Juan Flores H	15 min	Se encontró mejor limpieza en eje de giro. Se roseó lubricante
Verificar estado de Tolva de alimentación	09/09/2019	Juan Flores H	25 min	Tolda de alimentación inestable, se realizó ajuste en pernos y tornillos
Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	09/09/2019	Juan Flores H	15 min	Flujo de aceite adecuado

Verificar estado de cintas calefactoras	09/09/2019	Juan Flores H	30 min	Se colocó nuevas cintas calefactoras
Inspección visual	09/09/2019	Juan Flores H	10 min	Estado correcto
Regulación de velocidad	16/09/2019	Juan Flores H	8 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	16/09/2019	Juan Flores H	15 min	Se roseó lubricante en eje de giro
Verificar estado de dientes de piñón	16/09/2019	Juan Flores H	15 min	Se limpió y lubricó dientes de piñón
Revisar sujeción del motor	16/09/2019	Juan Flores H	25 min	Correcto estado
Verificar estado de disco de embrague	16/09/2019	Juan Flores H	18 min	Cambio de disco de embrague
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	16/09/2019	Juan Flores H	30 min	Revisión detallada de fusible por posible falla, se revisó y colocó mismo fusible ya que no se presentaba repuesto
Verificar estado de cableado eléctrico	16/09/2019	Juan Flores H	18 min	Cambio de cableado eléctrico

Tabla 179: Actividades a realizar para el mantenimiento de la máquina mezcladora de accesorios

MÁQUINA MEZCLADORA ACCESORIOS				
ACTIVIDADES	FECHA DE ORDEN DE TRABAJO	RESPONSABLE	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
Regulación de velocidad	03/07/2019	Daniel Nima G.	8 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	03/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Limpieza de concreto seco en eje de giro y tolva
Verificar estado de eje de giro	03/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Lubricación de eje de giro
Verificar que motor no presente ruido, vibraciones y recalentamiento excesivo	03/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Presenta ligero calentamiento de motor
Verificar estado de ventilador del motor principal	03/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Se detectó suciedad en ventilador, se solicitó la compra de un ventilador nuevo para posterior cambio
Cambio de pernos desgastados	03/07/2019	Daniel Nima G.	15 min	Cambio de pernos
Verificar estado de Tolva de alimentación	09/07/2019	Daniel Nima G.	12 min	Tolva presentaba partículas de concreto seco y piedras
Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	09/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Se colocó lubricante en eje de giro y desmoldante en tolva
Verificar estado de cintas calefactoras	09/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	Se realizó limpieza a cintas calefactoras, ya que presentaba concreto seco
Inspección visual	09/07/2019	Daniel Nima G.	20 min	La tolva presenta gran cantidad de concreto seco
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	16/07/2019	Juan Flores H	15 min	Concreto seco en eje de giro y residuos de materiales en tolva
Revisar sujeción del motor	16/07/2019	Juan Flores H	18 min	Correcto estado
Verificar estado de disco de embrague	16/07/2019	Juan Flores H	10 min	Correcto estado, se colocó lubricante en disco
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	16/07/2019	Juan Flores H	30 min	Cambio de contactores
Verificar estado de cableado eléctrico	16/07/2019	Juan Flores H	20 min	Se limpió y reparó algunas fallas en cableado
Regulación de velocidad	01/08/2019	Daniel Nima G.	18 min	Se reguló la velocidad de giro
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	01/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se detectó mejor limpieza en la máquina. Solo algunos residuos de materiales
Verificar estado de Tolva de alimentación	07/08/2019	Daniel Nima G.	18 min	Se colocó desmoldante
Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	07/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se vertió aceite y se lubricó eje de giro
Verificar estado de cintas calefactoras	07/08/2019	Daniel Nima G.	18 min	Limpieza de cintas calefactoras
Inspección visual	07/08/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se detecta mejor limpieza y cuidado en la máquina
Reseteo de relé	07/08/2019	Juan Flores H	10 min	No fue adecuado un reseteo
Inspección de seguridad neumática	07/08/2019	Juan Flores H	20 min	Buen estado
Regulación de velocidad	03/09/2019	Juan Flores H	15 min	Velocidad de giro adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	03/09/2019	Juan Flores H	15 min	No se encontró suciedad en eje de giro. Se lubricó dicha parte
Verificar estado de Tolva de alimentación	11/09/2019	Daniel Nima G.	20 min	Correcto estado
Revisar indicadores de nivel y flujo de aceite	11/09/2019	Daniel Nima G.	15 min	Flujo de aceite adecuado
Verificar estado de cintas calefactoras	11/09/2019	Daniel Nima G.	20 min	Correcto estado de cintas, solo limpió y lubricó

Inspección visual	11/09/2019	Daniel Nima G.	12 min	Mejor limpieza de máquina, solo se observó cantidad mínima de restos de materiales en tolva
Regulación de velocidad	18/09/2019	Daniel Nima G.	7 min	Velocidad adecuada
Retirar partículas grandes que afecten el flujo	18/09/2019	Daniel Nima G.	10 min	Se roseó lubricante en eje de giro
Verificar estado de dientes de piñón	18/09/2019	Daniel Nima G.	20 min	Se limpió y lubricó dientes de piñón
Revisar sujeción del motor	18/09/2019	Daniel Nima G.	25 min	Correcto estado
Verificar estado de disco de embrague	18/09/2019	Daniel Nima G.	18 min	Correcto estado de disco, solo se realizó limpieza
Verificar estado de contactores, fusibles y cableado eléctrico	18/09/2019	Daniel Nima G.	25 min	Estado correcto de contactores y fusibles
Verificar estado de cableado eléctrico	18/09/2019	Daniel Nima G.	30 min	Cambio de cableado eléctrico

Como se puede visualizar, las actividades del mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas se realizaron en la fecha establecida según el plan de mantenimiento. Con ello, se consiguió evitar posibles paradas durante el proceso de producción; ya que las fallas que se detectaban durante la ejecución del mantenimiento preventivo, eran solucionadas a tiempo. Esto redujo el número de paradas de las máquinas; y el aumento de eficiencia y disponibilidad de cada una de ellas. Además, de este modo, se evita la presencia de tiempos muertos en los operarios por la inoperatividad de la máquina.

Durante el periodo de evaluación de 3 meses, se presentaron la siguiente cantidad de paradas de cada máquina evaluada.

Tabla 180: Eventualidades de paradas de máquina durante periodo de evaluación

MÁQUINAS	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	TOTAL
Mezcladora de postes	3	1	1	0	5
Mezcladora de accesorios	1	2	0	0	3
Máquina vibradora	1	1	2	1	5
Máquina moldeadora	2	0	1	1	4
Moldeadora Ladrillos Block	1	0	0	0	1

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el detalle de cada una de las paradas que se presentaron durante este trimestre. Es importante mencionar que en el mes de junio se mencionan las fallas que se originaron a partir del 18 de junio hasta fin del mes. Caso similar es en el caso del mes de septiembre, que los registros mencionados son desde el 01 de ese mes hasta el 18, fecha que culmina el piloto.

Tabla 181: Mantenimiento correctivo de junio a septiembre del 2019

MANTENIMIENTO CORRECTIVO JUNIO					
MÁQUINAS	N° DE PARADAS	RESPONSABLE	FECHA	MOTIVO DE PARADA	SOLUCIÓN
Mezcladora de postes	3	Juan Flores H Daniel Nima G. Daniel Nima G.	19/06/2019 20/06/2019 26/06/2019	Inestabilidad de tolva en el tiempo de mezclado Tolva no giraba adecuadamente Problemas en el eje de giro	Cambio de pernos y tornillos Limpieza de partículas en eje de giro Cambio de engranajes y lubricación
Mezcladora de accesorios	1	Daniel Nima G.	20/06/2019	Giro de tolva inadecuado	Cambio de disco de embrague
Máquina vibradora	1	Juan Flores H	19/06/2019	Calentamiento de motor	Limpieza del ventilador y piezas internas
Máquina moldeadora	2	Daniel Nima G.	20/06/2019 25/06/2019	Problemas en el eje giro mediante tiempo de moldeado Atasco en el desplazamiento del carro transversal	Cambio de engranaje en eje giro. Limpieza y lubricación
Moldeadora Ladrillos Block	1	Juan Flores H	21/06/2019	El motor era apagado de manera automática durante intervalos de 30 minutos	Cambio de ventilador de motor
MANTENIMIENTO CORRECTIVO JULIO					
MÁQUINAS	N° DE PARADAS	RESPONSABLE	FECHA	MOTIVO DE PARADA	SOLUCIÓN
Mezcladora de postes	1	Daniel Nima G.	12/07/2019	Dificultad para el mezclado de materiales, velocidad baja	Cambio de dientes de piñón y engranajes
Mezcladora de accesorios	2	Juan Flores H	10/07/2019 20/07/2019	Falla en el giro de tolva por partículas grande en eje de giro Calentamiento de motor	Desarmar tolva para eliminación de suciedad Revisión y limpieza de ventilador de motor
Máquina vibradora	1	Juan Flores H	19/07/2019	Calentamiento de motor por alto consumo de energía	Cambio de cableado eléctrico
Máquina moldeadora	-	-	-	-	-
Moldeadora Ladrillos Block	-	-	-	-	-
MANTENIMIENTO CORRECTIVO AGOSTO					
MÁQUINAS	N° DE PARADAS	RESPONSABLE	FECHA	MOTIVO DE PARADA	SOLUCIÓN
Mezcladora de postes	1	Daniel Nima G.	02/08/2019	Inestabilidad de tolva en el tiempo de mezclado	Se colocaron pernos faltantes
Mezcladora de accesorios	-	-	-	-	-
Máquina vibradora	2	Daniel Nima G.	15/08/2019	Falla en fusibles	Cambio de nuevos fusibles
Máquina moldeadora	1	Daniel Nima G.	21/08/2019	Falla en el encendido de la máquina	Cambio del cableado eléctrico
Moldeadora Ladrillos Block	-	-	-	-	-
MANTENIMIENTO CORRECTIVO SEPTIEMBRE					
MÁQUINAS	N° DE PARADAS	RESPONSABLE	FECHA	MOTIVO DE PARADA	SOLUCIÓN
Mezcladora de postes	-	-	-	-	-
Mezcladora de accesorios	1	Juan Flores H	03/09/2019	Falla en el giro de tolva	Cambio de nuevas cintas calefactoras
Máquina vibradora	1	Daniel Nima G.	11/09/2019	Calentamiento del motor debido a ventilador obsoleto	Cambio de ventilador de motor
Máquina moldeadora	-	-	-	-	-
Moldeadora Ladrillos Block	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Obtenido las cantidades totales de paradas durante el trimestre del piloto, se calculará el porcentaje de reducción del número de paradas con respecto a la cantidad total del trimestre anterior; es decir los meses de marzo, abril y mayo; cuya cantidad de paradas se mostraron en el capítulo anterior.

Tabla 182: Porcentaje de reducción de paradas por máquina

MÁQUINAS	Marzo	Abril	Mayo	Trimestre Anterior	Trimestre del Piloto	Reducción de paradas
Mezcladora de postes	15	6	15	36	5	86%
Mezcladora de accesorios	15	6	6	27	3	89%
Máquina vibradora	10	10	6	26	5	81%
Máquina moldeadora	15	6	10	31	4	87%
Moldeadora Ladrillos Block	3	6	3	12	1	92%

Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de determinar la mejora en el indicador de OEE se tomará como valores de comparación los indicadores del año 2018.

Tabla 183: Mejora del OEE de las máquinas de producción

Año evaluado	AÑO 2018				AÑO 2019			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Mezcladora de postes	68%	75%	69%	71%	87%	93%	90%	95%
Mezcladora de accesorios	78%	87%	78%	81%	95%	89%	94%	95%
Máquina vibradora	87%	75%	85%	77%	96%	95%	90%	92%
Máquina moldeadora	65%	55%	70%	75%	94%	94%	92%	90%
Moldeadora Ladrillos Block	66%	20%	26%	46%	92%	95%	94%	95%

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede concluir mediante la validación del piloto desarrollado durante un trimestre en la compañía, que si se alcanzó el objetivo de reducir el número de paradas en las máquinas; y el aumento del indicador de eficiencia global (OEE) en cada una de ellas. Esto se debió principalmente a las actividades que se establecieron en el mantenimiento autónomo; es decir actividades que debían ser ejecutadas por los operarios diariamente o

en ocasiones de manera semanal; para evitar fallas por motivos de limpieza o lubricación en las máquinas. Además, la implementación de un mantenimiento preventivo evitó posibles fallas futuras que originan inoperatividad en las máquinas.

### 4.3. Simulación en Arena

Para realizar la validación de las herramientas de estandarización de los métodos de trabajo y SLP propuestas en el anterior capítulo, se utilizó el software Arena, con la finalidad de simular el flujo de producción optimizado tras las mejoras realizadas. Ello implica la adquisición de las balanzas industriales en la nueva área de pesado de materiales, el proceso estandarizado de llenado de concreto y la adición de un súper plastificante para acelerar el proceso de fraguado de los postes y accesorios. Además se tendrá en cuenta, una distribución de planta óptima, que agilice el flujo gracias al SLP anteriormente propuesto.

Cabe mencionar que para la simulación realizada se tomó 2 líneas de producción, una de postes donde se tomó como producto patrón los postes de 9 metros; y otra de accesorios donde se eligió como producto patrón a los ductos de concreto armado, ya que ambos productos mencionados generan la mayor facturación anual en cada línea productora, de la empresa Postes Sullana.

Las características de la simulación se definen en base a una jornada laboral neta de 8 horas diarias de lunes a viernes. Para realizar la simulación, primero se definieron las entidades, atributos y actividades del sistema.

Tabla 184: Diagrama de Entidades, Atributos y Actividades de la línea de producción de postes

Entidades	Atributos	Actividades
Trabajo 9M	<b>TELL</b> <b>%Producción</b> <b>%Def(moldeadora)</b> <b>%Def(control de calidad)</b>	Entrar al sistema
		Hacer cola en pesado
		Ser atendido por balanza
		Hacer cola en mezcladora
		Ser atendido por mezcladora
		Hacer cola en llenado
		Ser atendido por área de llenado
		Hacer cola en moldeadora

		Ser atendido por moldeadora
		Abandonar por falla en moldeadora
		Esperar secado
		Hacer cola en pulido y acabado
		Ser atendido por área de pulido y acabado
		Abandonar por falla en control de calidad
		Salir del sistema
Balanza	<b>TSB1</b>	Esperar cantidad de materiales
	<b>TSB2</b>	
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b> <b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Pesar cantidad de materiales
Mezcladora		Esperar cantidad de materiales
	<b>TSM</b>	Mezclar materiales
	<b>TFLM</b>	Presentar falla leve
	<b>TFGM</b>	Recibir mantenimiento por falla leve
	<b>TmttoM</b>	Presentar falla grave
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Recibir mantenimiento por falla grave
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Recibir mantenimiento preventivo
	<b>TSSL</b>	Esperar mezcla
Operarios del Área de Llenado	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Transportar mezcla a moldeadora
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Verter mezcla en moldeadora
Moldeadora		Esperar mezcla
	<b>TSMOL</b>	Moldear
	<b>TFLMOL</b>	Presentar falla leve
	<b>TFGMOL</b>	Recibir mantenimiento por falla leve
	<b>TmttoMOL</b>	Presentar falla grave
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Recibir mantenimiento por falla grave
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Recibir mantenimiento preventivo
		Desechar trabajo por falla
Área de Secado	<b>TSSEC</b>	Esperar producto
		Mantener producto al intemperie
Operarios de Área Pulido y Acabado	<b>TSPUL</b>	Esperar producto
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Pulir producto
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Realizar acabado al producto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 185: Diagrama de Entidades, Atributos y Actividades de la línea de producción de accesorios

Entidades	Atributos	Actividades
Trabajo D4	<b>TELL</b> <b>%Producción</b> <b>%Def(vibradora)</b> <b>%Def(control de calidad)</b>	Entrar al sistema
		Hacer cola en pesado
		Ser atendido por balanza
		Hacer cola en mezcladora
		Ser atendido por mezcladora
		Hacer cola en llenado
		Ser atendido por área de llenado
		Hacer cola en vibradora
		Ser atendido por vibradora
		Abandonar por falla en moldeadora
		Esperar secado
		Hacer cola en pulido y acabado
		Ser atendido por área de pulido y acabado
		Abandonar por falla en control de calidad
Salir del sistema		
Balanza	<b>TSB1</b>	Esperar cantidad de materiales

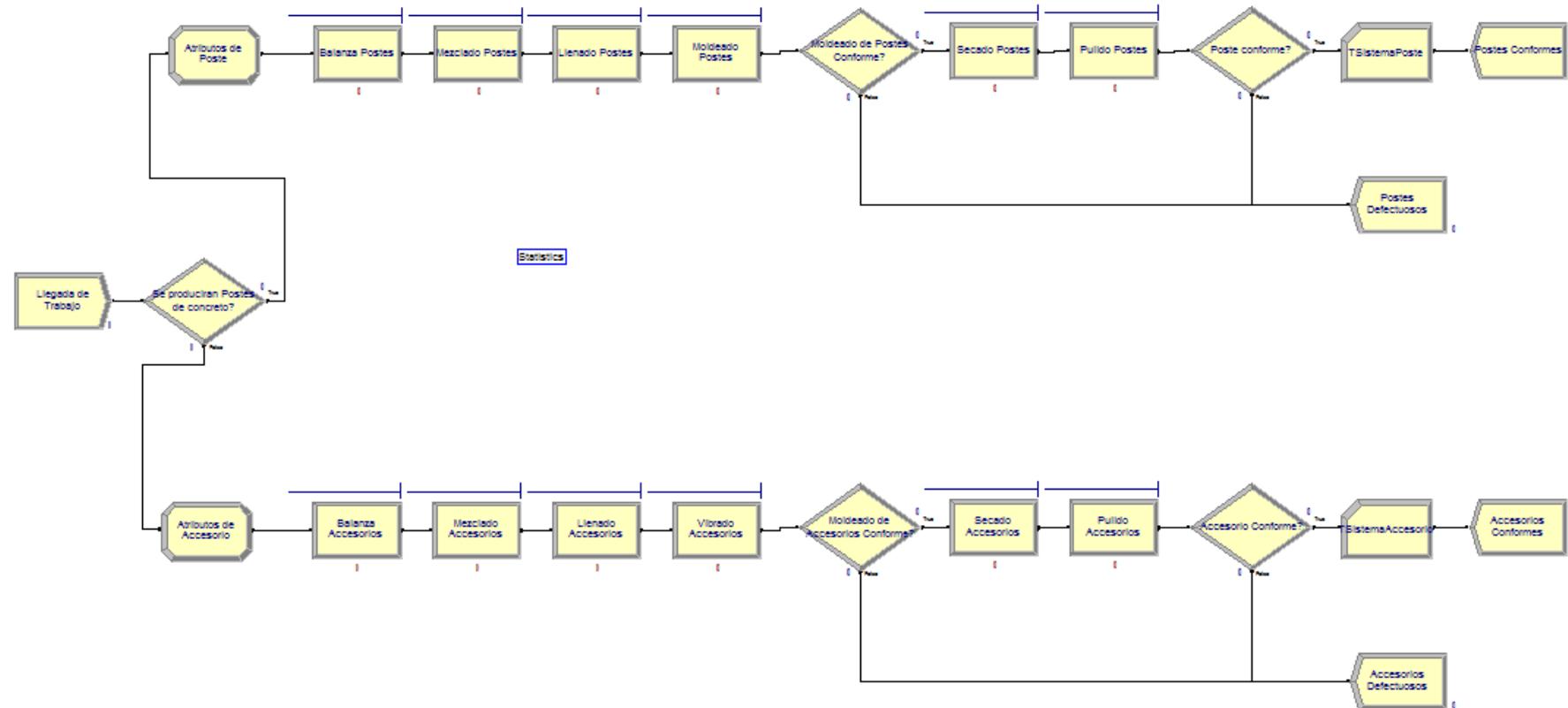
	<b>TSB2</b>	
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Pesar cantidad de materiales
Mezcladora		Esperar cantidad de materiales
	<b>TSM</b>	Mezclar materiales
	<b>TFLM</b>	Presentar falla leve
	<b>TFGM</b>	Recibir mantenimiento por falla leve
	<b>TmttoM</b>	Presentar falla grave
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Recibir mantenimiento por falla grave
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Recibir mantenimiento preventivo
	<b>TSLL</b>	Esperar mezcla
Operarios del Área de Llenado	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Transportar mezcla a moldeadora
		Verter mezcla en moldeadora
Vibradora		Esperar mezcla
	<b>TSVIB</b>	Distribuir mezcla mediante vibrado
	<b>TFLVIB</b>	Presentar falla leve
	<b>TFGVIB</b>	Recibir mantenimiento por falla leve
	<b>TmttoVIB</b>	Presentar falla grave
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Recibir mantenimiento por falla grave
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Recibir mantenimiento preventivo
		Desechar trabajo por falla
Área de Secado	<b>TSSEC</b>	Esperar producto
		Mantener producto al intemperie
Operarios de Área Pulido y Acabado	<b>TSPUL</b>	Esperar producto
	<b>Hora Almuerzo - 1:00 pm</b>	Pulir producto
	<b>Tiempo de almuerzo - Const(60)</b>	Realizar acabado al producto

Fuente: Elaboración Propia

Tras la realización de los diagramas anteriores, y luego de establecer la cantidad óptima de muestras necesarias para asignar una distribución a cada atributo de las diversas entidades que se puede encontrar en el sistema, se logró realizar el siguiente flujo realizado en Arena.

El siguiente flujo en Arena demuestra la producción de postes de concreto en la parte superior y la elaboración de accesorios en la parte inferior

Figura 109: Arena del proceso de producción de postes y accesorios de concreto armado



Fuente: Elaboración Propia

Una vez finalizado el flujo en Arena se calculó cual debió ser el número necesario de corridas en el programa para lograr que los valores resultantes de dicho análisis sean significativos. Para ello se realizó la siguiente tabla, donde se puede observar que el número óptimo de simulaciones que se debió realizar era de 869 veces, ya que ningún N\* es mayor que dicho valor.

Tabla 186: Cálculo de número óptimo de corridas del simulador en Arena

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.	H*	N*
TamColaBalanza Accesorios	2.336	0.639	0.118	0.457	1.120	<b>869</b>	0.234	222
TamColaBalanza Postes	6.397	4.760	0.621	0.398	5.091	<b>869</b>	0.640	<b>820</b>
TamColaLlenado Accesorios	2.684	0.979	0.180	0.483	1.610	<b>869</b>	0.268	389
TamColaLlenado Postes	11.438	3.672	0.677	2.537	7.592	<b>869</b>	1.144	305
TamColaMezclado Accesorios	7.120	1.947	0.359	1.392	3.413	<b>869</b>	0.712	222
TamColaMezclado Postes	15.159	12.926	1.387	0.847	10.848	<b>869</b>	1.516	728
TamColaMoldeado Postes	19.609	7.149	1.312	3.528	11.759	<b>869</b>	1.961	389
TamColaPulido Accesorios	7.120	2.286	0.422	1.579	4.726	<b>869</b>	0.712	305
TamColaPulido Postes	7.899	2.160	0.399	1.545	3.787	<b>869</b>	0.790	222
TamColaSecado Accesorios	287.038	29.204	24.278	15.135	193.815	<b>869</b>	28.704	622
TamColaSecado Postes	244.761	89.236	16.376	44.033	146.776	<b>869</b>	24.476	389
TamColaVibrado Accesorios	4.325	1.388	0.256	0.959	2.871	<b>869</b>	0.433	305
TamSistema Accesorio	282.505	77.261	14.255	55.240	135.426	<b>869</b>	28.250	222
TamSistema Poste	307.662	262.348	22.989	14.174	181.500	<b>869</b>	30.766	486

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.1. Resultados de la Simulación

#### *Costos de Producción*

Como primer resultado se tiene la cantidad de postes y accesorios conformes y defectuosos que se obtuvieron en el número total de corridas del simulador

Tabla 187: Resultados de los productos conformes y no conformes del Arena

Postes Defectuosos	Valores
Número de Postes conformes	28697
Número de Postes No conformes	822
Accesorios Defectuosos	Valores
Número de Accesorios Conformes	35718
Número de Accesorios No Conformes	2718

Fuente: Elaboración Propia

Como el resultado fue expresado en dos unidades distintas (postes de 9 metros y ductos de concreto), se procedió a realizar la conversión a una sola unidad, la cual fue “Postes de 9 metros” ya que es el principal producto de la organización, al ser la mayor fuente de ingresos anuales, además de anteriormente haber sido considerado producto patrón. Se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 188: Agregado de resultados del Arena

Producto Patrón (Postes de 9 metros)	Valores
Número de productos Conformes	48362
Número de productos No Conformes	2318
% de Defectos	4.79%

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar un porcentaje de defectos total de 4.79% de las unidades producidas. Con este valor se realizara la comparación de la situación existente contra la situación luego de realizada las mejoras.

Tabla 189: Comparación de porcentaje de defectos antes y después de la implementación de las herramientas

Concepto	Antes	Mejora
Productos Defectuosos	11.25%	4.79%
Monto	\$ 41,732.00	<b>\$ 17,783.11</b>

Fuente: Elaboración Propia

Antes de implementar las herramientas propuestas en los capítulos anteriores de la presente investigación se tenía un porcentaje de defectos de 11.25%, lo cual significaba un costo total de \$ 41,732. Tras la investigación realizada y la implementación de las herramientas de ingeniería, se disminuyó en 6.46% dicho valor de productos no conformes. De esta manera se logró solo un

porcentaje de defectuosos de 4.791%, lo cual representa \$ 17,783, una reducción significativa en los sobrecostos de operación.

### ***Costos de Personal***

Antes de la implementación de alguna herramienta, se contaba con 20 operarios fijos en planta, cantidad insuficiente en muchas ocasiones para la producción de los postes y accesorios. Por ello, en la situación de mejora se asignaron un total de 39 hombres para la elaboración de estos productos en las 2 líneas de producción. Cabe mencionar que la cantidad de 39 operarios fue calculada mediante el Plan Agregado, ya que de esta manera se optimizaban los sobrecostos operativos y se minimizaban las penalidades por incumplimiento de pedidos.

Tabla 190: Costo de la Mano de Obra antes y después de implementada la mejora.

Mano de obra	Antes	Mejora
Numero de operarios en simulación	20	39
Costo total por Hora	\$ 59.58	\$ 116.19
Costo total mensual	\$ 10,367.28	\$ 20,216.20

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar el costo incurrido en el pago al personal operativo aumenta, pero esto se neutraliza al disminuir los sobrecostos anteriormente mencionados.

### ***Utilización del Personal***

Otro resultado importante de la simulación es el índice de la utilización del personal, el cual por ley no puede ser mayor al 85% del tiempo que un empleado/operario se encuentra laborando, ya que esta persona debe tener pausas activas e inactivas y también debe tener un tiempo para realizar sus necesidades.

Se tomó en cuenta los operarios que laboran desde la etapa del pesado de materiales en balanza hasta el pulido y acabado de postes y accesorios los cuales son 33 personas, los operarios restantes son los encargados de elaborar el armazón de los productos, proceso que no es crítico y por ello fue exonerado del presente análisis. Se determinó el porcentaje de utilización de cada operario que se encuentra laborando en la línea de postes y en la de accesorios, y se muestra a continuación:

Tabla 191: Porcentaje de Utilización del personal resultante de la simulación en Arena

Permisible: 85%		POSTES	Permisible: 85%		ACCESORIOS
Utilización de Personal		Porcentaje	Utilización de Personal		Porcentaje
Empleado 1.Utilization		65.1%	Empleado 20.Utilization		54.4%
Empleado 2.Utilization		65.1%	Empleado 21.Utilization		72.4%
Empleado 3.Utilization		76.7%	Empleado 22.Utilization		72.4%
Empleado 4.Utilization		76.7%	Empleado 23.Utilization		80.7%
Empleado 5.Utilization		81.4%	Empleado 24.Utilization		80.7%
Empleado 6.Utilization		81.4%	Empleado 25.Utilization		80.7%
Empleado 7.Utilization		81.4%	Empleado 26.Utilization		76.3%
Empleado 8.Utilization		81.4%	Empleado 27.Utilization		76.3%
Empleado 9.Utilization		78.9%	Empleado 28.Utilization		76.3%
Empleado 10.Utilization		78.9%	Empleado 29.Utilization		76.3%
Empleado 11.Utilization		78.9%	Empleado 30.Utilization		76.3%
Empleado 12.Utilization		78.9%	Empleado 31.Utilization		74.1%
Empleado 13.Utilization		78.9%	Empleado 32.Utilization		74.1%
Empleado 14.Utilization		78.9%	Empleado 33.Utilization		74.1%
Empleado 15.Utilization		78.9%			
Empleado 16.Utilization		78.9%			
Empleado 17.Utilization		78.9%			
Empleado 18.Utilization		78.9%			
Empleado 19.Utilization		78.9%			

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver, ningún valor excede los 85% permisibles por ley, por lo que la simulación realizada cumple con el requisito de utilización del personal. Cabe recalcar que con los valores resultantes ningún operario estará saturado de trabajo y del mismo modo, no existirá tiempos muertos de actividad, es decir, se aprovechara óptimamente el tiempo de cada operario.

#### 4.4. Resultados e Indicadores

##### A. Sobrecostos Operativos

Tabla 192: Indicadores de Defecto

Concepto	Sobrecostos por Defectos		
	Actual	Mejora	Reducción
Costo de Defectos	\$41,732.00	\$11,518.03	1.81%
Porcentaje de Defectos	2.50%	0.69%	

Fuente: Elaboración Propia

##### B. Indicador de Penalidades

Tabla 193: Indicador de Penalidades

Concepto	Penalidades por Incumplimiento		
	Actual	Mejora	Reducción
Penalidades por Incumplimiento	\$202,625.00	\$48,630.00	9.50%
Porcentaje de Incumplimiento	12.50%	3.00%	

Fuente: Elaboración Propia

## C. Efectividad Global

Tabla 194: Efectividad Global

Concepto	Efectividad Global (OEE)		
	Actual	Mejora	Aumento
OEE	45%	66%	21%

Fuente: Elaboración Propia

## D. Tiempo de Ciclo

Tabla 195: Tiempo de Ciclo

Concepto	Tiempo de ciclo de producción del Producto Patrón		
	Actual	Mejora	Reducción
Tiempo de Ciclo de Producto Patrón (Poste 9 metros)	342 minutos	221 minutos	121 min

Fuente: Elaboración Propia

## E. Indicador de defectos

Tabla 196: Indicador de Defecto

Concepto	Sobrecostos por Defectos		
	Actual	Mejora	Reducción
Costo de Defectos	\$41,732.00	\$14,059.00	6.46%
Porcentaje de Defectos	11.50%	4.80%	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5. Evaluación Económica

En este punto se evaluará la reducción de costos que se obtendrá con la implementación de las herramientas propuestas de mejora en la empresa Postes Sullana S.A.C; en donde se tiene como objetivo principal reducir el monto de penalidades y los sobrecostos operativos originados por la cantidad de productos defectuosos. Además, se tomará en cuenta el costo total de implementación cuyo valor definido es de S/13,206.25, monto que será financiado en un 75% por una entidad bancaria.

##### 4.5.1. Flujo de Caja

Se elaboró el flujo de caja con la producción estimada de los meses del próximo año, proponiendo un crecimiento mensual de 6% en las ventas. Con dicha información, se procede a determinar la variación y beneficios obtenidos por la implementación propuesta.

A continuación, se muestra en primer lugar el flujo de caja sin el proyecto, es decir sin

todas las mejoras propuestas; es por ello, que se toma en cuenta el porcentaje de sobrecostos operativos que actualmente presenta la empresa y el porcentaje de penalidades con respecto a las ventas totales. Luego de ello, se presentará el flujo de caja con el proyecto, teniendo en cuenta todos los indicadores de mejora que se han presentado anteriormente. Para este último se tomará en consideración los datos que se encuentran en las tablas posteriores.

Tabla 197: Valores del Financiamiento

<b><i>Inversión Total del Proyecto</i></b>	<b>13,171</b>
<i>Financiamiento</i>	75%
<i>Préstamos en meses</i>	6
<i>Tasa de Interés mensual</i>	1.4%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 198: Cuadro de Amortización

# Cuota	Saldo Actual	Intereses	Amortización	Ser. Deuda	Saldo Final
0	S/ 9,878.00				
1	S/ 9,878.00	S/ 137.00	S/ 1,590.00	S/ 1,727.00	S/ 8,288.00
2	S/ 8,288.00	S/ 115.00	S/ 1,612.00	S/ 1,727.00	S/ 6,676.00
3	S/ 6,676.00	S/ 93.00	S/ 1,635.00	S/ 1,727.00	S/ 5,041.00
4	S/ 5,041.00	S/ 70.00	S/ 1,657.00	S/ 1,727.00	S/ 3,384.00
5	S/ 3,384.00	S/ 47.00	S/ 1,680.00	S/ 1,727.00	S/ 1,704.00
6	S/ 1,704.00	S/ 24.00	S/ 1,704.00	S/ 1,727.00	S/ 0.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 199: Flujo de caja sin Proyecto

	Crec. 6%												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ventas Unidad Postes		4,100	4,346	4,607	4,883	5,176	5,487	5,816	6,165	6,535	6,927	7,342	7,783
Ventas Unidad Accesorios		4,800	5,088	5,393	5,717	6,060	6,423	6,809	7,217	7,650	8,109	8,596	9,112

## Flujo de Caja sin Proyecto

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		1,728,014	1,831,695	1,941,597	2,058,092	2,181,578	2,312,473	2,451,221	2,598,294	2,754,192	2,919,443	3,094,610	3,280,286
Penalidades		-216,002	-228,962	-242,700	-257,262	-272,697	-289,059	-306,403	-324,787	-344,274	-364,930	-386,826	-410,036
Sobrecosto		-25,376	-26,899	-28,513	-30,224	-32,037	-33,959	-35,997	-38,157	-40,446	-42,873	-45,445	-48,172
Costos		-1,337,677	-1,370,843	-1,405,999	-1,443,265	-1,482,766	-1,524,638	-1,569,022	-1,616,069	-1,665,938	-1,718,800	-1,774,834	-1,834,230
Utilidad Bruta		148,959	204,991	264,385	327,342	394,077	464,816	539,800	619,282	703,533	792,840	887,504	987,849
G. Administración		-138,241	-146,536	-155,328	-164,647	-174,526	-184,998	-196,098	-207,864	-220,335	-233,555	-247,569	-262,423
G. Ventas		-86,401	-91,585	-97,080	-102,905	-109,079	-115,624	-122,561	-129,915	-137,710	-145,972	-154,730	-164,014
Depreciación Amortizaci.													
Utilidad Operativa		-75,683	-33,129	11,977	59,790	110,472	164,195	221,141	281,504	345,488	413,312	485,205	561,412
Impuesto Renta (28%)		22,326	9,773	-3,533	-17,638	-32,589	-48,438	-65,237	-83,044	-101,919	-121,927	-143,136	-165,616
Utilidad Neta		-53,356	-23,356	8,444	42,152	77,883	115,757	155,904	198,460	243,569	291,385	342,070	395,795
Depreciación Amortizaci.													
F.C. Operativo		-53,356	-23,356	8,444	42,152	77,883	115,757	155,904	198,460	243,569	291,385	342,070	395,795
Inv. Tangibles													
Inv. Intangibles													
V.R.													
F.C. Económico Proy.	0	-53,356	-23,356	8,444	42,152	77,883	115,757	155,904	198,460	243,569	291,385	342,070	395,795

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó, en este nuevo flujo de caja se consideró la reducción del porcentaje de productos defectuosos, cuyo nuevo valor es de 4.8% con respecto a la producción total; además, se consideró la reducción de penalidades con una estimación del 7% con respecto a las ventas totales; y por último el costo total del súper plastificante propuesto para el secado de los productos a elaborar. Estos costos son modificados teniendo en cuenta las mejoras que se presenta en los capítulos anteriores.

Tabla 200: Flujo de caja con Proyecto

**Flujo de Caja Con Proyecto**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos		1,728,014	1,831,695	1,941,597	2,058,092	2,181,578	2,312,473	2,451,221	2,598,294	2,754,192	2,919,443	3,094,610	3,033,356
Penalidades		-103,681	-128,219	-135,912	-144,066	-152,710	-161,873	-171,585	-181,881	-192,793	-204,361	-216,623	-212,335
Sobrecosto		-14,714	-15,597	-16,532	-17,524	-18,576	-19,690	-20,872	-22,124	-23,451	-24,859	-26,350	-27,931
Costos		-1,449,436	-1,483,183	-1,518,955	-1,556,874	-1,597,067	-1,639,672	-1,684,833	-1,732,704	-1,783,448	-1,837,235	-1,894,251	-1,954,687
Utilidad Bruta		160,183	204,696	270,197	339,628	413,225	491,237	573,930	661,585	754,499	852,988	957,387	838,403
G. Administración		-138,241	-146,536	-155,328	-164,647	-174,526	-184,998	-196,098	-207,864	-220,335	-233,555	-247,569	-242,668
G. Ventas		-86,401	-91,585	-97,080	-102,905	-109,079	-115,624	-122,561	-129,915	-137,710	-145,972	-154,730	-151,668
Depreciación		-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Amortizaci.		-12,601											
Utilidad Operativa		-77,069	-33,433	17,780	72,067	129,610	190,606	255,262	323,798	396,445	473,451	555,078	444,058
Impuesto Renta (29.5%)		22,735	9,863	-5,245	-21,260	-38,235	-56,229	-75,302	-95,520	-116,951	-139,668	-163,748	-130,997
Utilidad Neta		-54,334	-23,571	12,535	50,807	91,375	134,377	179,960	228,277	279,494	333,783	391,330	313,061
Depreciación		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Amortizaci.		12,601											
F.C. Operativo		-41,723	-23,561	12,545	50,816	91,385	134,387	179,969	228,287	279,503	333,793	391,339	313,070
<b>Inv. Tangibles</b>	<b>-570</b>												
<b>Inv. Intangibles</b>	<b>-12,601</b>												
Valor Residual													<b>86,546</b>
F.C. Económico Proy.	-13,171	-41,723	-23,561	12,545	50,816	91,385	134,387	179,969	228,287	279,503	333,793	391,339	399,616

Fuente: Elaboración Propia

Según los valores mostrados que se puede visualizar en el flujo de caja incremental se puede determinar que las mejoras propuestas generan una mayor ganancia de rentabilidad a la empresa.

En base a los flujos presentados se evaluará los indicadores de proyectos necesarios, para determinar cuál es la rentabilidad del proyecto y cuál es el tiempo de recupero de la inversión.

#### 4.5.2. Beneficio / Costo TIR VAN

Teniendo en cuenta que la empresa pertenece al sector de construcción, se trabajará con un valor de COK de 13% para hallar los indicadores de rentabilidad.

Tabla 201: Indicadores del proyecto - Impacto económico

Indicadores del Proyecto	
COK	13%
VANE	S/. 81,024.38
TIRE	65%
B/C E	7
Payback	1.68

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla mostrada se puede observar los indicadores de rentabilidad obtenidos. En primer lugar, podemos identificar un Valor Actual Neto (VAN) de S/.81,024.38, cuyo valor significa que si la empresa decide implementar totalmente las mejoras se obtendrá dicho monto, es decir, con este valor demostramos que el proyecto es viable.

En segundo lugar, se obtiene un valor de 65% en la Tasa Interna de Retorno (TIR) que representa el porcentaje de rentabilidad que obtendría la empresa. Incluso, se puede concluir que dado que este indicador es mayor que el COK el proyecto es totalmente viable.

Por último, se obtiene un valor de Beneficio Costo (B/C) de 7; es decir que por cada sol invertido en el proyecto genera un beneficio de 7 soles. Además, se puede observar que el recupero de la inversión se evidenciaría el segundo mes del proyecto.

Los valores que se han mostrado son valores teóricos del proyecto según el piloto desarrollado y la simulación realizada; pero es importante calcular los indicadores del proyecto teniendo en cuenta un escenario pesimista y optimista según el desarrollo de las mejoras. Se muestra en la siguiente tabla dichos valores.

Tabla 202: Indicadores económicos del proyecto en diferentes escenarios

	Criterios	Valores actuales	Pesimista	Normal	Optimista
Mejoras	Defectos	4.8%	11.50%	4.8%	3%
	Sobrecosto operativo	0.69%	3%	0.69%	0.50%
	Penalizaciones	3%	6%	3%	2%
<b>INDICADORES ECONÓMICOS DEL PROYECTO DE MEJORA</b>					
Resultados Finales	VANE	S/. 81,024.38	S/. 61,450.00	S/. 81,024.38	S/. 100,200.00
	TIRE	65%	50%	65%	80%
	B/C E	7	5	7	12
	Payback	1.68	1.68	1.68	1.68
	VANF	168,253	130,000	168,253	190,000
	TIRF	206%	180%	206%	230%
	B/C F	50	40	50	75

Fuente: Elaboración Propia

Según los valores mostrados, se puede concluir que se presenta una variación del valor de VAN entre el escenario pesimista y normal de S/.19,574.38 y 15% en el TIR.

Caso contrario, se obtiene una variación entre el escenario normal y optimista de S/.19,175.62.86 y 15% en el TIR.

## **4.6. Impactos**

### **4.6.1. Grupos implicados**

Durante todo el proceso del proyecto de investigación, se presentaron personas implicadas ya sea de manera directa e indirecta en todos los cambios que se implementaron; quienes fueron los responsables de que las mejoras se realicen adecuadamente; y se cumpla con los objetivos establecidos.

En primer lugar, están los operarios, que son las personas que tienen un trato directo con el proceso productivo. Fueron ellos, quienes colaboraron desde un inicio enseñando las actividades que se realizaban en el proceso productivo de cada uno de los productos; y además informaron acerca de las dificultades que presentaban durante la fabricación. Al ser personas que están en contacto directo con la producción, se enfocó en ellos todas las capacitaciones acerca de las mejoras que se estaban proponiendo con el fin de que puedan estar informado de todos los cambios que se presentaban; y obtener su compromiso para ello.

Otro grupo importante fueron los supervisores de planta y el jefe de producción; quienes fueron las personas que autorizaron las visitas a la planta de producción, y quienes han realizado un seguimiento para que la ejecución de las mejoras se realice de acuerdo a lo establecido.

Por último, de manera indirecta, se encuentran los clientes internos y externos quienes son las personas que deberán evaluar los resultados de los cambios realizados. Mediante su evaluación se podrá determinar si la percepción acerca del nivel de servicio por parte de ellos, ha mejorado a comparación del nivel de servicio antes de las mejoras.

### **4.6.2. Impacto Ambiental**

Uno de los objetivos propuestos en este proyecto, es reducir el nivel de productos defectuosos; originados durante el proceso productivo o por golpes en la planta de producción. La reducción del nivel de defectos impacta positivamente al medio ambiente.

Según la Ley General del Medio Ambiente en el Perú (N° 28611), basada en una serie de derechos en el ámbito ambiental para garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida.

Esta ley informa acerca del Estándar de Calidad Ambiental (ECA), indicador de la calidad ambiental, que mide la concentración de sustancias que se encuentran presentes en el aire, agua o suelo. Mediante la propuesta que reduce el nivel de defectos; se logrará disminuir la cantidad de emisiones al aire y contaminación del suelo.

#### **4.6.3. Impacto Política Legal**

Es importante mencionar los impactos que genera este proyecto de investigación, en el ámbito legal; cuyas mejoras se encuentran en relación a leyes y normas vigentes en el Estado Peruano. Según el Decreto Legislativo 728, régimen para los trabajadores de empresas privadas, hace referencia acerca de los derechos laborales que deben ser cumplidos por el empleador; las cuales están reguladas por una serie de leyes y normas del estado peruano. El Ministerio de trabajo, SUNAFIL y el Poder Judicial son instituciones encargadas de que todos los derechos del trabajador se apliquen de acuerdo a la ley. Con nuestra mejora de contratar personales de manera fija de acuerdo a nuestra producción constante, se disminuirá el contrato a destajo. Esto genera que los trabajadores puedan laborar bajo un contrato y sean acreedores a beneficios de ESSALUD y otros; de acuerdo a lo establecido en la ley.

Por otro lado, la implementación de normas de seguridad y normas realizadas durante el funcionamiento de las máquinas, propuestas en el mantenimiento autónomo, son medidas preventivas para evitar accidentes ocupacionales. Esto protege la salud del trabajador y disminuye la cantidad de accidentes que puedan ocurrir, esto está basado según la ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el trabajo; que tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales para velar por la seguridad de los trabajadores.

Según la reducción del nivel de productos defectuosos reduce directamente el nivel de residuos sólidos; lo que conlleva a que la empresa cumpla la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (N° 27314).

Por último, la Ley 23407 “Ley General de las industrias”, tiene como objetivo estimular el aumento de productividad, capital y utilización de los recursos en las empresas. Además, busca promover la ejecución de capacitaciones técnicas al trabajador. Todo ello, se cumple con las mejoras propuestas en este proyecto de investigación.

#### **4.6.4. Impacto Económico**

El alto nivel de desperdicios originados por una deficiente gestión y control de producción de los productos, generaba un impacto negativo en el incumplimiento de pedidos ocasionando penalidades de \$202,625, el incremento de costos operativos de un valor de \$41,732; y el costo de oportunidad perdido que representaba un valor de \$96,407.

Identificado todos los impactos, se determinaron las causas que ocasionaban cada una de ellas; con conocimiento de las causas, se propuso cada una de las herramientas que engloban este proyecto de investigación. El fin de ello, es reducir el tiempo de producción, aumentar la disponibilidad de las máquinas, reducir el nivel de productos defectuosos y aumentar la productividad de la empresa.

Estas mejoras en los puntos mencionados, pretenden disminuir las cantidades de penalidades y sobre costos operativos. De esa forma evitar un impacto negativo a nivel económico en la empresa.

#### **4.6.5. Impacto Socio cultural**

En el presente punto se explicará en impacto que el proyecto de mejora presenta en los involucrados. Se debe tomar en cuenta que una propuesta de mejora puede ser tomada de manera beneficiosa o de manera negativa ellos.

En la presente investigación, las mejores propuestas e implementadas fueron acompañadas de capacitaciones hacia los operarios y personal administrativo. Estas capacitaciones logran que los trabajadores de Postes Sullana aprendan y desarrollen nuevas habilidades y conocimientos, lo cual servirá para que crecimiento profesional. También se les dará charlas motivacionales y se les explicará sobre las ventajas que las mejoras tendrán en la planta, por lo que se irá disminuyendo pensamiento de resistencia al cambio. Adicionalmente, es importante mencionar que las propuestas de mejora e implementadas en la organización tienen como objetivo la reducción del despido o contratación de personal a destajo.

La implementación de las herramientas, requiere de un gran esfuerzo y disciplina por parte del personal de la planta y de los estudiantes de investigación. Sin embargo, a largo plazo se tendrá un impacto positivo para todos los stakeholders. El flujo de información y de procesos será más eficaz, y los cuellos de botella que generen tensión en el proceso productivo se verán disminuidos.

En base a lo anteriormente explicado, se concluye que el impacto de la propuesta en la sociedad y cultura de la empresa es positivo.

#### **4.6.6. Impacto Tecnológico**

Para una empresa en la actualidad es de suma importancia invertir en tecnología, ya que, si se implanta de manera correcta, se agilizan procesos y se disminuye el tiempo de ciclo de los productos o servicios, y de esta manera, se logra una mayor competitividad.

Sin embargo, para la disposición de la tecnología necesaria en una organización dedicada a la manufactura, se tiene que poseer un presupuesto sustancial, por lo que la

mayoría de empresas productoras no están dispuestas a realizar una inversión de esa magnitud. Este es el caso de la empresa Postes Sullana, ya que está los gerentes están relativamente tranquilos con sus procesos actuales, presentando un pensamiento resistente a los cambios, sin tener conocimiento de los beneficios que traería una correcta implementación de equipo, máquina o proceso que agilice el flujo productivo.

Con la tecnología adecuada no solo se generará ahorro de costos en mano de obra y materiales, sino también elevara el ritmo de producción (talktime), el cual es uno de los aspectos que aseguran la rentabilidad en las empresas en la actualidad. Se concluye que si se implementa y utiliza adecuadamente la tecnología en una empresa manufacturera, esta podrá ser beneficiosa para la organización y posición en el mercado.

#### **4.6.7. Impacto en la ciudadanía**

El impacto de la presente tesis en la ciudadanía se realizó principalmente en las capacitaciones realizadas al personal operativo y administrativo para cada herramienta y mejora del proyecto. Para ello fue necesario un cambio en el pensamiento y la cultura de todos los empleados de Postes Sullana. Esta nueva cultura se centró tanto en la estandarización del trabajo, como en el pensamiento de cada persona dentro de la empresa por su temor o resistencia al cambio, priorizando en ambos casos, el bienestar de cada trabajador y el flujo continuo del proceso productivo.

También cabe mencionar que al momento de implementar las mejoras propuestas en el anterior capítulo, se tomó en cuenta los puntos de vista tanto de los operarios, así como el pensamiento de los líderes. De esta manera se desarrolló una cultura de respeto y diálogo para lograr orientar las mejoras hacia una correcta resolución de problemas.

En base al párrafo anterior, se puede concluir que el impacto en la ciudadanía de este proyecto de investigación ha sido positivo, ya que en actualidad no sólo hay que centrarse en mejorar procesos operativos, sino también en el recurso humano, ya que depende de ellos la existencia y crecimiento de una organización.

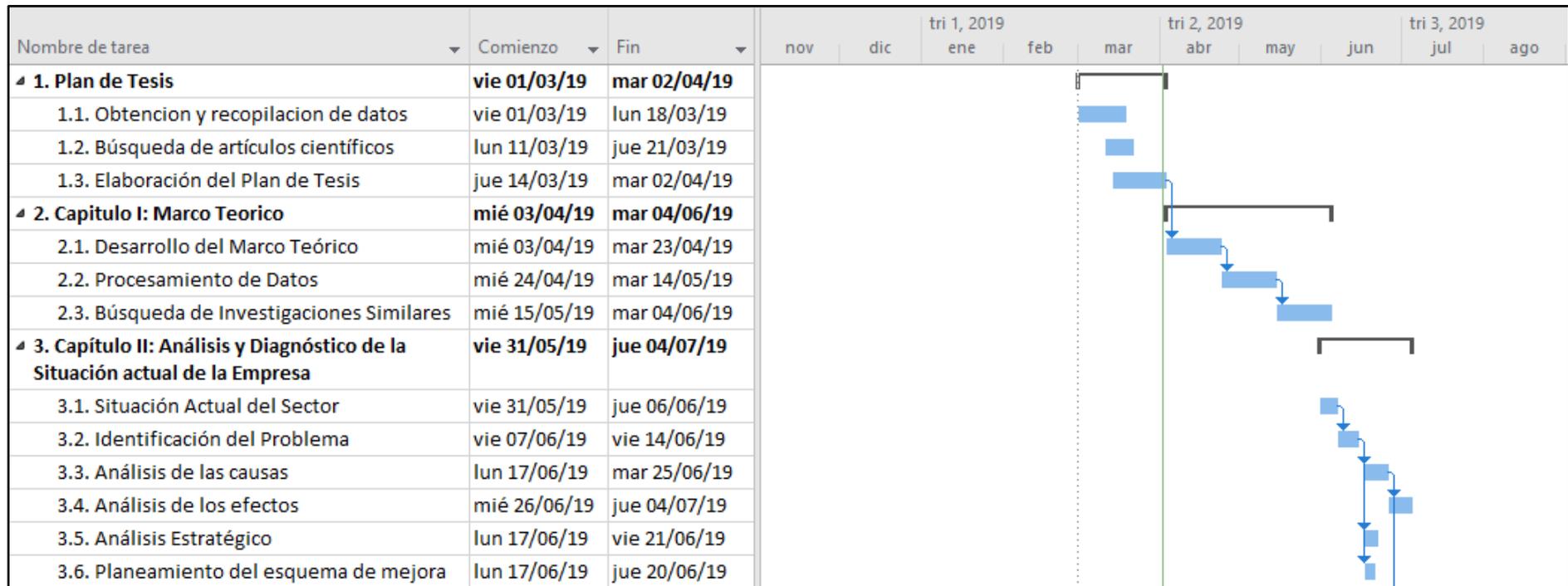
#### **4.7. Conclusiones – Capítulo IV**

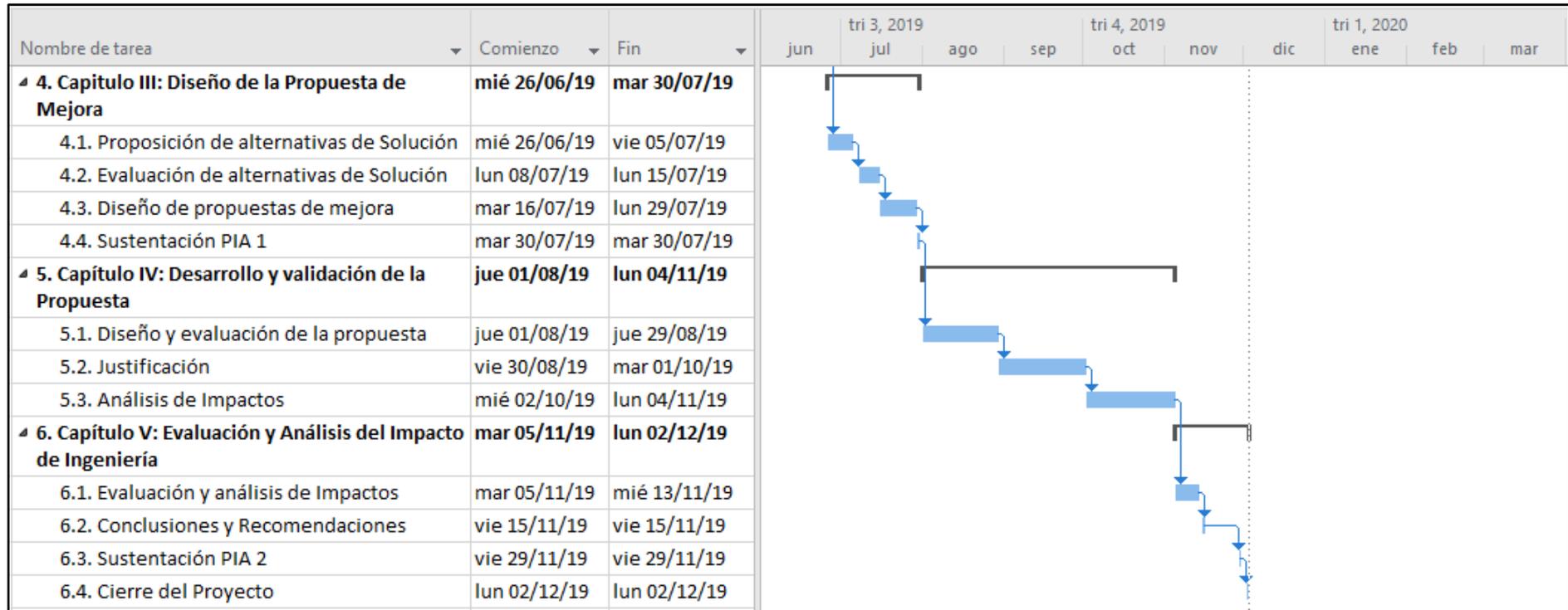
En el presente capítulo se desarrolló mediante dos métodos la validación de las mejoras propuestas y posteriormente implementadas en los capítulos 2 y 3 de la investigación, respectivamente. Por un lado, se desarrolló un piloto para la estandarización de los métodos de trabajo para la solución de los procesos de llenado, pesado y distribución de material para la mezcla y el proceso de secado de postes y accesorios. Además, también se realizó un plan piloto para la gestión de mantenimiento, junto con el mantenimiento autónomo, de esta manera se corroboró el cumplimiento y seguimiento de las actividades que se debían realizar para que las paradas en las máquinas o averías en estas se vean disminuidas. Todo ello, según el cronograma establecido de mantenimiento preventivo. Por otro lado, se realizó una simulación a la herramienta de estandarización de los métodos de trabajo, para los procesos mencionados en el párrafo anterior, para medir y validar que las variables como el tiempo de producción o la cantidad de defectos, poseen valores más beneficiosos para la empresa.

### Cronograma tentativo

El cronograma propuesto muestra las actividades realizadas o a realizar a lo largo de los 10 meses que tomará realizar el informe profesional. Empezando desde el mes de marzo del año 2019, donde se definirá el objetivo general y los objetivos específicos e identificación del problema a resolver, hasta el mes de diciembre del año 2019, donde se pronostica terminar y sustentar el proyecto de investigación aplicada.

Figura 110: Cronograma Tentativo del Proyecto





Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como culminación del presente proyecto de investigación en una empresa concretera se presentará las conclusiones finales y las recomendaciones para futuras investigaciones.

### Conclusiones

- El sector de construcción se enfrenta a grandes retos en el ámbito nacional, uno de ellos es la disminución de carteras de proyectos que dependen de la inversión pública y privada. Sin embargo, se estima crecimiento en su desarrollo ya que cada vez se necesitan infraestructuras debido al incremento de población que se presenta a lo largo de los años; es por ello, que las empresas deben optar por un perfil competitivo con el que puedan ofrecer calidad en sus productos y cumplir con las expectativas del cliente.
- Mediante la estandarización en el método de trabajo y la implementación del súper plastificante SIKA para acelerar el tiempo de secado de los productos, se obtuvo una reducción del 35% en el tiempo de ciclo. Lo cual ayudará a incrementar la cantidad de producción de los postes y accesorios.
- Se puede evidenciar la reducción de un **1.81% en sobrecostos operativos, lo cual impacta en \$ 30,199.**
- Se puede evidenciar la **reducción de un 9.50% en el indicador de penalidades, lo cual impacta en \$ 153,995.**
- Se evidencia **un incremento de 21% en la eficiencia global de las máquinas.** Adicional a ello, las maquinas redujeron sus paradas de 155 a 65 paradas en el año.
- Mediante el Plan Agregado de Producción la empresa deberá optar por una producción constante, **estableciendo con ello, una cantidad fija de 39 operarios.** Con lo mencionado se reducirá la rotación del personal beneficiando

una reducción en la cantidad de productos defectuosos.

- Se concluye una reducción de 6.46% de productos defectuosos; debido a la estandarización del trabajo, la reducción en la rotación de personal y la propuesta de mejora en la distribución de planta; gracias a la herramienta SLP que se utilizó para el análisis.
- Con ayuda de la presente investigación e implementando las diversas herramientas propuestas la reducción de ingresos paso de \$ 340,764 a \$ 60,163. Por lo tanto, este proyecto redujo un total de \$ 280,601.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda seguir brindando capacitaciones a los operarios con el fin de potenciar sus conocimientos acerca del nuevo sistema propuesto. Además, se recomienda al área administrativa un análisis constante de los indicadores de producción, con el fin de identificar posibles escenarios de mejorar.
- Se recomienda para futuras investigaciones, averiguar sobre maquinarias automatizadas que ayuden a agilizar el ritmo de producción y brindar mayor competitividad; y, además, analizar los beneficios que generarían en la rentabilidad de las empresas que pertenecen al sector de construcción.
- La metodología Lean Manufacturing debe ser materia de estudio en el desarrollo del sector de construcción en próximas investigaciones; ya que actualmente no existe muchos estudios de la metodología aplicadas en dicho sector.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agus Darmawan, Hartanto Wong & Anders Thorstenson. (2018) Integration of promotion and production decisions in sales and operations planning. Taylor & Francis. Indonesia
- Alaitz Kortabarria, Unai Apaolaza, Aitor Lizarralde & Itxaso Amorrortu (2018). Aplicabilidad del concepto lean a la gestión de pequeñas empresas manufactureras en Serbia. Vol. 117. Pág. 536 - 820
- Alhuraish, Ibrahim; Robledo, Christian; Kobi, Abdessamad. (2017) A comparative exploration of Lean Manufacturing and Six Sigma in terms of their critical success factors. Web of Science. EEUU
- Ali-Asghar Dadashnejad & Changiz Valmohammadi. (2017) Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. Taylor & Francis. Reino Unido
- Aline Patrícia Mano, Maury Melo, Sergio Eduardo Gouvea, Fernando Deschamps, Edson Pinheiro. (2013) The influence of lean construction on the strategy of civil construction companies: a systematic review of literatura. Pro quest. Panamá
- Aly Megahed , Marc Goetschalckx (2017). Planificación táctica de la cadena de suministro bajo incertidumbre con una aplicación en la industria de aerogeneradores. Vol. 100. Pág. 287 – 300.
- Andrés Felipe Molano Zapat & Carlos Materón Acevedo. (2018). Reducción del tiempo de ciclo para el aumento de la productividad en el proceso de elaboración de concentrado para gallinas ponedoras. Recuperado de:  
[https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/5545/1/Reduccion\\_Tiempo\\_Ciclo\\_Molano\\_2017.pdf](https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/5545/1/Reduccion_Tiempo_Ciclo_Molano_2017.pdf)

- Asociación Económica de ABG. (2014). “Sector Construcción”, pp 01-04.  
Recuperado de: <http://abg.org.gt/pdfs/Marzo-2014/SECTOR%20%20CONSTRUCCI%C3%93N%20MARZO%202014.pdf>
- Bacallao J, Corzo Mónica y Rodríguez Grettel. (2012). La gestión de inventarios como proceso clave en la logística. Centro de Investigación y Desarrollo del Comercio Interior.” Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/gestion-de-inventario/>
- Banco Mundial. (2019). Crecimiento del PBI (% anual). Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2017&locations=PE&start=2000&view=chart>
- BCRP. (2019). Estadísticas del PBI. Periodo 2019. Recuperado de: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01770AM/html>
- Brian McGarrie.(2016) Case study: production planning and control-selection, Improvement and Implementation. Emerald Insight. Reino Unido
- Daniel P. Bumblauskas, Paul D. Bumblauskas, Kishor Sapkota, Prashant Misra, and Madiha Ahsan. (2014) Is demand chain management the new supply chain management? Will the demand channel trump the supply channel? (abridged for POMS proceedings) Web of Science. Estados Unidos
- Daniel Serna. (2016). Conceptos e importancia de la distribución de planta. Recuperado de: [https://www.academia.edu/9505910/CONCEPTOS\\_E\\_IMPORTANCIA\\_DE\\_LA\\_DISTRIBUCION\\_DE\\_PLANTA](https://www.academia.edu/9505910/CONCEPTOS_E_IMPORTANCIA_DE_LA_DISTRIBUCION_DE_PLANTA)

- Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi. (2017) Value Stream mapping approach and analytical network process to identify and prioritize production system's Mudass. Taylor & Francis. EEUU
- Dušan Malindžák<sup>1</sup> & Aboubaker Altiaieb Mousstfa. (2014) Aplicación del principio de SCM entre los objetos de una empresa desde el punto de la planificación de la producción de capacidad. Springer. Eslovaquia
- Donya Behnam, Ashkan Ayough & S. Hadi Mirghaderi (2017). El enfoque del mapeo del flujo de valor y el proceso analítico de la red para identificar y priorizar Mudass del sistema de producción. Recuperado de :  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405000.2017.1322737>
- Eduardo de J. Vidaud Quintana (2015). Método mecánico para la compactación del concreto. La vibración. Recuperado de:  
<http://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/febrero2015/ingenieria.pdf>
- El peruano. (2012). Normas legales Ambientales. Recuperado de:  
<https://portal.mpfm.gob.pe/fema/files/Pub/2012111418201213529352128423799.pdf>
- Engr. Marizen B. Contreras. (2018) Lean Manufacturing for Tsukiden Electronics Philippines, Inc.: a Six Sigma Approach. Pro quest.
- EOI. (2013). Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Recuperado de:  
[https://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI\\_Lean\\_Manufacturing\\_2013.pdf](https://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_Lean_Manufacturing_2013.pdf)
- Fabinco S.A. (2014). Normas de Fabricación. Especificaciones Técnicas. Recuperado de: [http://www.fabinco.pe/EE\\_TT\\_Postes\\_LABT.pdf](http://www.fabinco.pe/EE_TT_Postes_LABT.pdf)
- Fernández. (2017). SLP para Distribución en Planta 2017. Recuperado de:

<http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/SLP%20para%20Distribucion%20en%20Planta%20%202017.pdf>

FIIC. (2019). Federación Interamericana De la Industria de la Construcción. Recuperado de: <http://www.fiic.la/>

Gerardo A. Rivera. (2014). Dosificación de Mezcla del concreto. Recuperado de: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2008%20-%20Dosificacion%20de%20mezclas%20de%20concreto.pdf>

Gestión. (2018). Sondeo Reuters: Economía peruana habría crecido 5% en noviembre por impulso de pesca y construcción. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/economia-peruana-habria-crecido-5-noviembre-gracias-pesca-construccion-nndc-255497>

Gidahatari. (2013). Ley N° 28611 - Ley General del Medio Ambiente en Perú. Recuperado de: <http://gidahatari.com/ih-es/ley-general-del-medio-ambiente-ley-n-28611>

Gloria Miño CascanteI, Lic. Elena Saumell FonsecaII, Antonio Toledo BorregoII, Dr.C. Amilcar Roldan RuenesII, Dr.C. Roberto René Moreno García. (2015). Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente. Requerimiento de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v35n2/rtq07215.pdf>

G Lugo Briceño. (2014). Planeación agregada: el concepto y las estrategias. Recuperado de: [https://www.academia.edu/29106493/PLANEACI%C3%93N\\_agregada\\_el\\_concepto\\_y\\_las\\_estrategias](https://www.academia.edu/29106493/PLANEACI%C3%93N_agregada_el_concepto_y_las_estrategias)

Hamilton Pozo, Orlando Roque da Silva & Takeshy Tachizawa. (2017) The influence of performance objectives on the implementation of lean

manufacturing practices: An analysis based on strategic groups. Web of Science. Inglaterra

Harish C. Bahl & Neelam Bahl (2013) A model for simultaneous decisions on master production scheduling, lot sizing, and capacity requirements planning Taylor & Francis. Europa

Hernández, Felipe. (2015). Productividad y Valor de la Empresa.

Recuperado de:

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lcp/zamacona\\_s\\_r/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/zamacona_s_r/capitulo4.pdf)

INEI. (2018). Comportamiento de la Economía Peruana en el Cuarto Trimestre de 2018. Recuperado de:

[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbit\\_2019-i\\_final.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/pbit_2019-i_final.pdf)

INEI. (2018). Consumo privado e inversión explican el crecimiento del PBI en 2,3% durante el tercer trimestre del presente año. Recuperado de:

<https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/consumo-privado-e-inversion-explican-el-crecimiento-del-pbi-en-23-durante-el-tercer-trimestre-del-presente-ano-11088/>

INEI. (2018). El consumo y la inversión impulsó crecimiento del Producto Bruto Interno en 3,2%. Recuperado de: <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/el-consumo-y-la-inversion-impulso-crecimiento-del-producto-bruto-interno-en-32-10746/>

INEI. (2018). Empleo en el sector Construcción creció 2,2% en Lima Metropolitana en el trimestre diciembre 2017 y enero-febrero 2018. Recuperado de: <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/empleo-en-el-sector-construccion-crecio-22-en-lima-metropolitana-en-el-trimestre-diciembre-2017-y-enero-febrero-2018-10641/>

INEI. (2018). Indicadores de Empleo e Ingreso por departamento. Recuperado de:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1537/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1537/libro.pdf)

INEI. (2018). Informe económico 2017. Recuperado de:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1511/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1511/libro.pdf)

INEI. (2019). Producto Bruto Interno por Departamentos. Recuperado de:  
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>

INEI. (2017). Situación del Mercado Laboral en Lima Metropolitana. Recuperado de: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03\\_mercado-laboral-dic2017-ene-feb2018.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03_mercado-laboral-dic2017-ene-feb2018.pdf)

Jamal Ahmed Hama Kareem, Pirshing Salih Mohamad Al Askari & Farooq Hussain Muhammad. (2017) Critical issues in lean manufacturing programs: A case study in Kurdish iron & steel factories. Taylor & Francis. Europa

Jay D. Schwartz, Manuel R. Arahall, Member, IEEE, Daniel E. Rivera, Senior Member, IEEE, and Kirk D. Smith. (2009) Control-Relevant Demand Forecasting for Tactical Decision-Making in Semiconductor Manufacturing Supply Chain Management Web of Science. Estados Unidos

Jesús Alexander Paz Gálvez. (2017). Implementación de un plan maestro de producción para mejorar la rentabilidad en Pluscosmético. Recuperado de:  
[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/7046/Paz\\_gj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/7046/Paz_gj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Jesús David Osorio. (2013). Concreto Conceptos Básicos. Recuperado de:

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/diseno-de-mezclas-de-concreto>

Jorge Paredes Roldán. (2001). Planificación y control de la producción.

Recuperado de:

[http://209.177.156.169/libreria\\_cm/archivos/pdf\\_959.pdf](http://209.177.156.169/libreria_cm/archivos/pdf_959.pdf)

José Ramón Vilana Arto. (2011). Fundamentos del Lean Manufacturing.

Dirección de Operaciones. Recuperado de:

[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf)

Juan Bravo Carrasco. (2014). Productividad basada en Gestión por procesos. Recuperado de:

<http://www.evolucion.cl/resumenes/Resumen%20Libro%20Productividad%20JBC.pdf>

Juan Paz Jáuregui. (2014). Diseño de un sistema de encofrados metálicos para la fundición de los pilares de un puente empleando software CAD/CAE. Facultad de ingeniería. Recuperado de:

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2201/IME\\_182.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2201/IME_182.pdf?sequence=1)

Justo a tiempo. JIT. (2009). Objetivos del Just in Time. JIT. Recuperado de:

[http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT\\_concepte\\_carac.pdf](http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf)

Ju Myung Song, Weiwei Chen & Lei Lei. (2017) Supply Chain flexibility and operation optimization under demand uncertainty: a case in disaster relief.

Pro quest Asia

Katarzyna Antosz and Dorota Stadnicka. (2017) Lean Philosophy Implementation in SME's-Study Results. Taylor & Francis.

Polonia

Kriptón. (2017). Los 8 Pilares del TPM. Recuperado de:

<https://blog.kriptonoil.com/los-ocho-pilares-del-tpm/>

Lean Manufacturing. (2015). Estandarización de trabajos: Qué es, cómo se implementa y sus beneficios. Recuperado de:  
<https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios>

Lean Manufacturing 10. (2019) .Takt time Vs Tiempo de ciclo. Definición y ejemplos. Recuperado de:  
<https://leanmanufacturing10.com/takt-time-tiempo-ciclo-definicion-ejemplos>

Lucidez. (2015). ¿Burbuja? La realidad de la Construcción en el Perú. Recuperado de: <http://lucidez.pe/economia/burbuja-la-realidad-de-la-construccion-en-el-peru/>

Martha Sofía Carrillo Landazábal, Carmen Giarma Alvis Ruiz & Harold Enrique Cohen Padilla. (2018). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. Recuperado de:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6786515>

Manufactura Inteligente. (2015). Kaizen Implementación – Como implementar Kaizen. Recuperado de:  
[http://www.manufacturainteligente.com/kaizen\\_implementation/](http://www.manufacturainteligente.com/kaizen_implementation/)

Manuel Felipe Londoño Arboleda. (2014). Planeación de la capacidad de producción para la nueva fábrica de muebles de la empresa Iván Botero Gómez S.A. Recuperado de:  
<http://bdigital.unal.edu.co/47114/1/9729922.2014.pdf>

Martin Pech, Drahoš Vaněček. (2018) Methods of Lean Production to Improve Quality in Manufacturing. Springer. Europa

Md. Shamsuzzoha. (2018) Material planning and control: a case study. Web of Science. India

Milos Vorkapic, Filip Radovanovic, Dragan Cockalo, Dejan Dordevic (2017). Mejora de la planificación de la producción a través de MRP. Recuperado de:  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2016.1177235?journalCode=tprs20>

MINAM. (2000). Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos. Recuperado de: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2819.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2819.pdf)

MINAM. (2008). LEY N° 23407: Ley General de Industrias. Recuperado de:  
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/24F0C14AE46D3889052582F6006C98F3/\\$FILE/2.LEY\\_N%C2%BA\\_23407\\_Ley\\_General\\_de\\_Industrias.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/24F0C14AE46D3889052582F6006C98F3/$FILE/2.LEY_N%C2%BA_23407_Ley_General_de_Industrias.pdf)

MINAM. (2013). Ley General del Ambiente. Recuperado de:  
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

MINAM. (2016). Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado de:  
[http://www.munlima.gob.pe/images/descargas/Seguridad-Salud-en-el-Trabajo/Decreto%20Supremo%20005\\_2012\\_TR%20%20Reglamento%20de%20la%20Ley%2029783%20%20Ley%20de%20Seguridad%20y%20Salud%20en%20el%20Trabajo.pdf](http://www.munlima.gob.pe/images/descargas/Seguridad-Salud-en-el-Trabajo/Decreto%20Supremo%20005_2012_TR%20%20Reglamento%20de%20la%20Ley%2029783%20%20Ley%20de%20Seguridad%20y%20Salud%20en%20el%20Trabajo.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (2003). Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural. Recuperado de:  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd025-2003-EM-DGE.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2014 - 2018 Variación porcentual mensual. Recuperado de:

[http://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica/62\\_PBI-CONSTRUCCION.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica/62_PBI-CONSTRUCCION.pdf)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Panorama económico nacional y el sector construcción.

Recuperado:<http://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica.aspx>

Mohammad Fattahi , Kannan Govindan , Esmaeil Keyvanshokoo.

(2017) A multi-stage stochastic program for supply chain network redesign problem with price-dependent uncertain demands

Najmeh Madadi & Kuan Yew Wong. (2014) A Multiobjective Fuzzy Aggregate Production Planning Model Considering Real Capacity and Quality of Products Pro quest. Egipto

Nikunja Mohan Modak , Peter Kelle (2018) Managing a dual-channel supply chain under price and delivery-time dependent stochastic demand. Web of Science. Europa

Oluwatosin Babalola, Eziyi O. Ibem & Isidore C. Ezema. (2018)

Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. Emerald Insight. Nigeria

ONU. (2018). “División de Población”. Recuperado de:

<https://www.un.org/development/desa/es/about/desa-divisions/population.html>

Onur Kaya, Fatih Bagci & Metin Turkey. (2014) Planning of capacity, production and inventory decisions in a generic reverse supply chain under uncertain demand and returns Taylor & Francis. Turquía

- Peter Nielsen, Izabela Nielsen, Kenn Steger-Jensen. (2010) Analyzing and evaluating product demand interdependencies. Springer. Europa  
Web of Science. Europa
- Raghunath Anandakrishna and R.V. Jayathirtha. (2014) Six sigma implementation by Indian manufacturing smes - an empirical study. Pro quest. India
- Rodríguez, M. Eliana. (2010). Planificación, programación y control de la producción. Recuperado de:  
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaYSociedad/a5n2/art6.pdf>
- Roberto Carro Paz & Daniel Gonzales Gómez. (2016). Productividad y Competitividad. Recuperado de:  
[http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf)
- Romain Miclo, Matthieu Luras, Franck Fontanili, Jacques Lamothe & Steven A. Melnyk (2018) Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. Taylor & Francis. Reino Unido
- Sáez Vacas, O. (2013). Gestión de la Calidad Total: TQM comparación de BPR y critica de ambas. Recuperado de:  
<https://dit.upm.es/~fsaez/intl/capitulos/7%20-TQM.pdf>
- Sampath Rajagopalan & Jayashankar M. Swaminathan. (2012) A Coordinated Production Planning Model with Capacity Expansion and Inventory Management Taylor & Francis. Estados Unidos
- Samuel Laura Huanca. (2006). Diseño de Mezclas de Concreto. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/267216538\\_Disenos\\_de\\_Mezclas\\_de\\_Concreto](https://www.researchgate.net/publication/267216538_Disenos_de_Mezclas_de_Concreto)
- Santiago García Garrido. (2014). TPM - Total Productive Maintenance.

Recuperado de:

<http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>

Scott A. Moses & Wassama Sangplung. (2017) Resource planning for just-in-time make-to-order environments: A scalable methodology using tabu search. Taylor & Francis. Estados Unidos

Serkan Arslanalp, Fabian Bornhorst y Sanjeev Gupta. (2011). Finanzas y Desarrollo. Recuperado:  
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2011/03/pdf/Arslanalp.pdf>

S. Mahendran , A. Senthil Kumar. (2018) Implementing lean manufacturing principle in an automobile valve manufacturing industry with simulation analysis - a case study. Pro quest. India

Sistema de Compra y Contratación Pública. (2015). Planificación de Compras. Recuperado de:  
<https://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1KWRTFQ2Y-2BL3KJ6-10VR/GuiaPlanificacionCompras.pdf>

Souraj Salah, Abdur Rahim y Juan A. Carretero. (2015) The integration of Six Sigma and lean management. Taylor & Francis. Canada

Telesup. (2017). Balanceo de Línea y Control de Producción. Recuperado de:  
<https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-produccion/>

Tomáš Poláček, Martina Žáková. (2018) Decision in Implementation of Production Capacity Planning Determinated by Usage of Sensitive Analysis. Pro quest. Europa

Tommaso Rossi, Rossella Pozzi, Margherita Pero & Roberto Cigolini (2016) Improving production planning through finitecapacity MRP Taylor & Francis. Italia

- Vicente Vargas, Richard Metters. (2011) A master production scheduling procedure for stochastic demand and rolling planning horizons Web of Science. Paisajes Bajos
- V. Saravanana, S. Nallusamy & Abraham George. (2017) Efficiency Enhancement in a Medium Scale Gearbox Manufacturing Company through Different Lean Tools - A Case Study. Web of Science. India
- Wenfei Li, Yankui Liua, Yanju Chen (2018) Modeling a two-stage supply contract problem in a hybrid uncertain environment. Emerald Insight. China
- Willy F. Zalatar and Anna Bella D. Siriban-Manalang. (2018) Development of a Composite Lean Index to Measure Lean Implementation in Philippine Manufacturing Companies. Pro quest. Philippines
- Wilson de Castro Hilsdorf, Carlos Alberto Colonna Romano. (2012) Supplier Relationship Management: relationship between adopted practices and performance in the auto parts supply chain. Pro quest Brasil

## ANEXOS

**Anexo1:** Especificaciones Técnicas en la producción de postes de concreto armado.

Descripción		Long Total  L1 (m)	Carga de Trabajo  F (kgs)	Diámetro en mm.				Puesta a tierra  A (m)	Empotramiento		Altura de Señaliz  S (m)
				Exteriores		Interiores			Inst. Base concreto  L2 (m)	Inspección y Prueba  (m)	
				Cima Ø pe (mm)	Base Ø be (mm)	Cima Ø pi* (mm)	Base Ø bl (mm)				
Postes C.A.C.	7/200/120/225	7	200	120	255	40	125	0.40	0.70	1.2	3
Postes C.A.C.	7/300/150/255	7	300	150	255	40	125	0.40	0.70	1.2	3
Postes C.A.C.	8/200/120/240	8	200	120	240	40	140	0.50	0.80	1.3	3
Postes C.A.C.	8/300/120/240	8	300	120	240	40	140	0.50	0.80	1.3	3
Postes C.A.C.	8/300/150/270	8	300	150	270	40	140	0.50	0.80	1.3	3
Postes C.A.C.	9/200/120/255	9	200	120	255	40	155	0.60	0.90	1.4	3
Postes C.A.C.	9/300/120/255	9	300	120	255	40	155	0.60	0.90	1.4	3
Postes C.A.C.	9/300/150/285	9	300	150	285	40	155	0.60	0.90	1.4	3
Postes C.A.C.	11/200/150/315	1	200	150	315	40	185	0.80	1.10	1.6	3
Postes C.A.C.	11/400/180/345	1	400	180	345	40	185	0.80	1.10	1.6	3
Postes C.A.C.	13/300/180/375	13	300	180	375	40	215	1.00	1.30	1.8	3
Postes C.A.C.	13/400/180/375	13	300	180	375	40	215	1.00	1.30	1.8	4
Postes C.A.C.	15/400/210/435	15	400	210	435	40	245	1.20	1.50	2	4
Postes C.A.C.	18/400/255/525	18	400	255	525	40	245	1.50	1.80	2.3	5
Postes C.A.C.	25/700/2/270/525	25	700	270	570	40	245	1.70	2.10	2.5	5

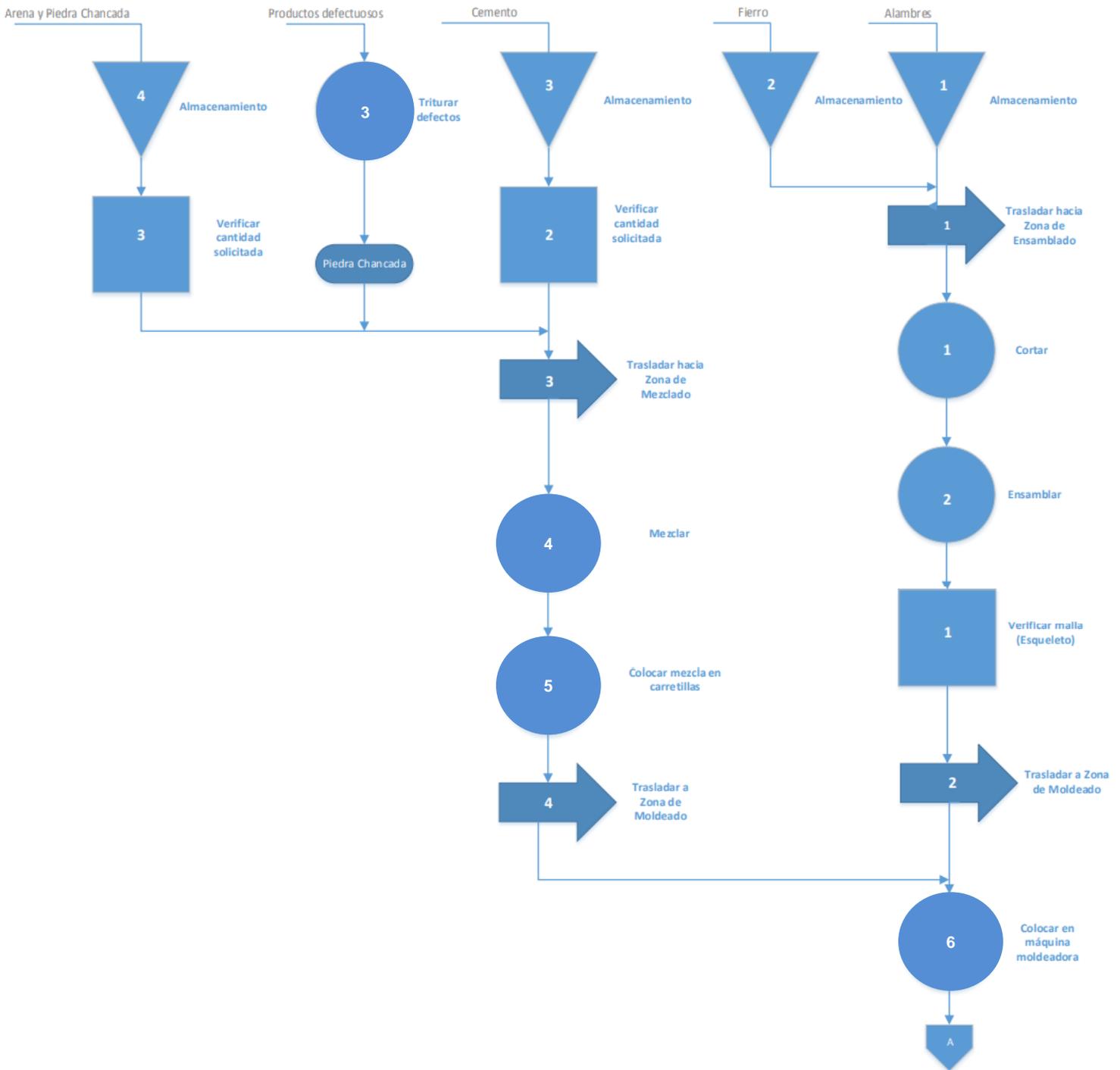
Fuente: Elaboración Propia

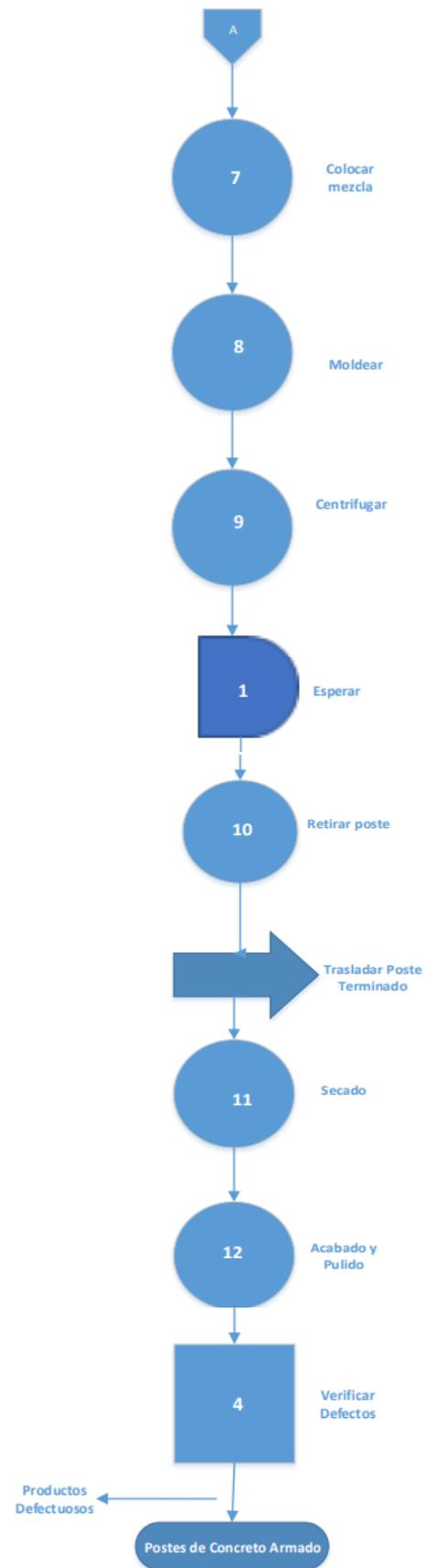
**Anexo 2:** Características del producto patrón

No.	Características	Unidad	Valor Requerido
1	Fabricante	-	-
2	Tipo	-	Centrifugado
3	Norma de Fabricación	-	INDECOPI NTP339.027
4	Longitud de Poste	mm	8
5	Diámetro de la cima	mm	-
6	Diámetro de la base	mm	-
7	Carga de Trabajo a 0.15 m de la cima	daN	200 a 300
8	Coefficiente de seguridad	-	2
9	Masa por unidad	Kg	-

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 3:** DAP para la elaboración de Postes de Concreto Armado

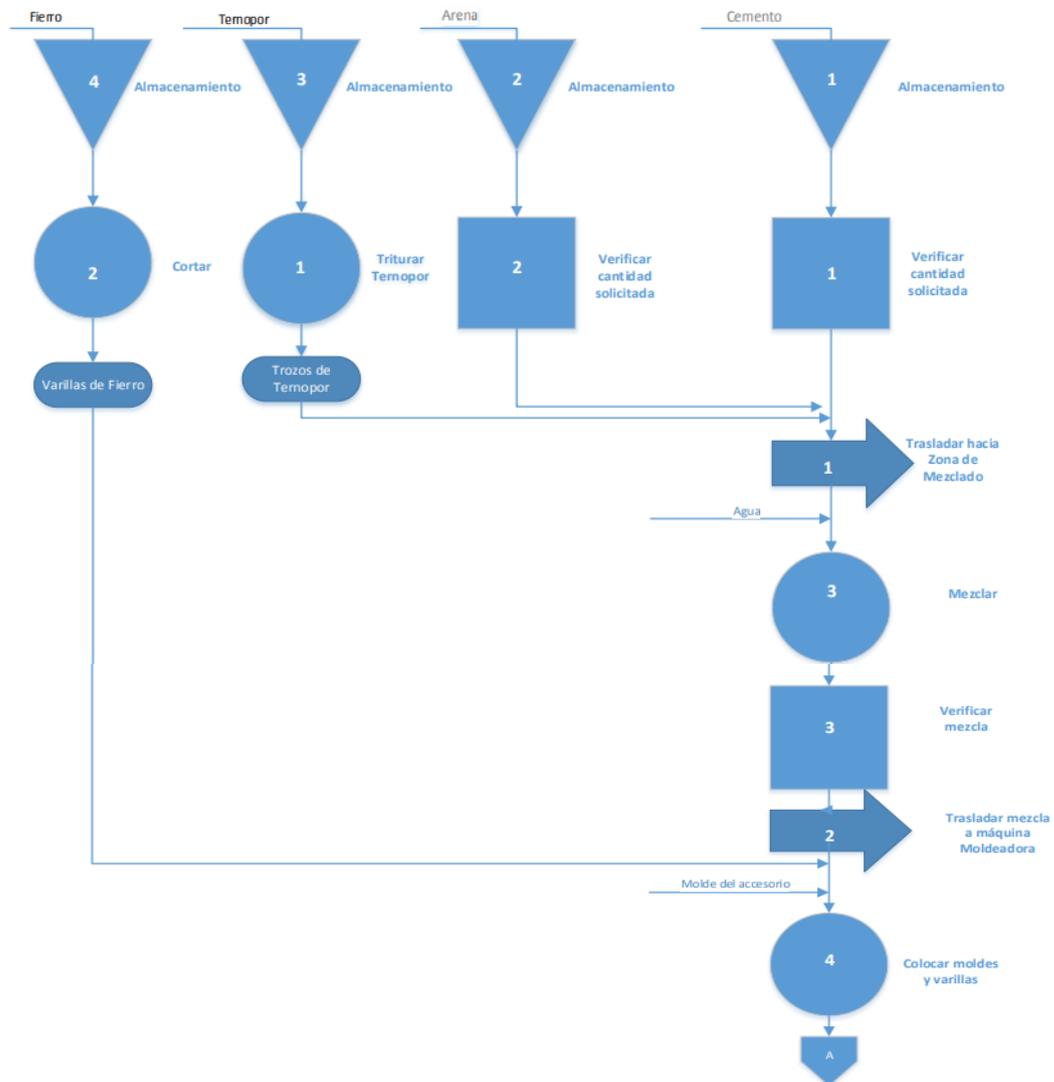




RESUMEN	
ACTIVIDAD	CANTIDAD
	12
	1
	4
	5
	4

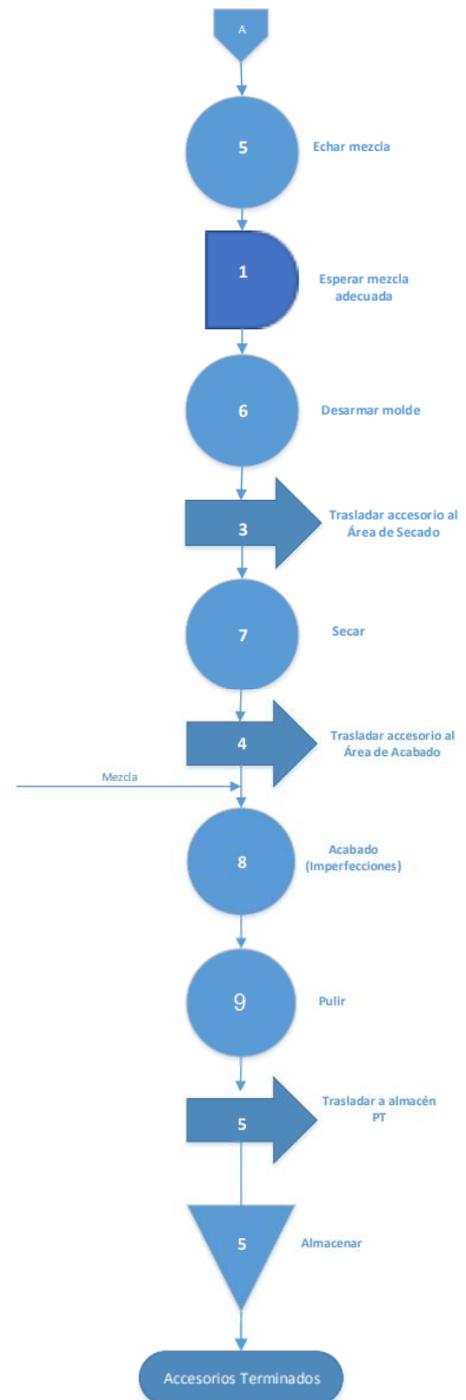
Fuente: Elaboración Propia

#### Anexo 4: DAP para la elaboración de Accesorios de Concreto Armado



RESUMEN	
ACTIVIDAD	CANTIDAD
	9
	1
	3
	5
	5

Fuente: Elaboración Propia



**Anexo 5:** Lluvia de ideas para la identificación del problema central de la empresa.

N°	IDEAS
1	Falta de planificación y control de la producción
2	Deficiente Gestión y control de la producción
3	Alto índice de penalidades
4	Inadecuado sistema de Abastecimiento
5	Elevados costos operativos
6	Paradas en las máquinas.
7	Productos Defectuosos
8	Inadecuado método de proceso de secado
9	Ausencia de estandarización de procedimientos
10	Excesivo tiempo de producción de pedidos
11	Operarios contratados al destajo
12	Ausencia de control de inventarios.
13	Rechazo de Pedidos
14	Pérdida de Clientes
15	Materia Prima ubicada en el área de trabajo.
16	Carencia de un almacén adecuado de Productos Terminados
17	Carencia de Mantenimiento Preventivo.
18	Incumplimiento de requerimientos de los clientes
19	Demora en el proceso de secado de postes y accesorios de concreto
20	Emisión tardía de las órdenes de compra de materia prima
21	Poca Efectividad en la Gestión de Calidad.
22	Carencia en el método de trabajo.
23	Falta de Supervisión en las actividades.
24	No se realiza gestión de la demanda.
25	No se establece stock de seguridad de MP ni de Productos terminados.
26	Costo de Oportunidad Perdido
27	Falta de Capacidad de Producción

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 6:** Fichas Técnicas de los problemas generales que serán evaluados en la matriz Vester.

DETALLE	FICHA TECNICA	DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P1</b>	Código	<b>P2</b>
Enunciado del problema	<b>Elevados Costos Operativos</b>	Enunciado del problema	<b>Deficiente Gestión y control de la producción</b>
Descripción	Los elevados costos operativos se generan por la excesiva utilización de los recursos operativos los cuales son Materia Prima, Horas Hombre y Horas Máquina, Lo cual tiene como consecuencia la reducción de ingresos.	Descripción	Una deficiente gestión y control de la producción implica, falta de planificación de producción, inadecuada gestión de demanda, inadecuados métodos de trabajo y productos fuera de los estándares de calidad.
Tendencia	Tiende a incrementar	Tendencia	Tiende a variar
Fuente de datos	Datos de Poste Sullana S.A.C.	Fuente de datos	Data Histórica de incumplimiento de pedidos en la empresa Postes Sullana S.A.C.

DETALLE	FICHA TECNICA	DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P3</b>	Código	<b>P4</b>
Enunciado del problema	<b>Alto índice de penalidades</b>	Enunciado del problema	<b>Inadecuado sistema de Abastecimiento</b>
Descripción	Penalidades generadas incumplimiento (5% al día del valor total del pedido). Reduce los ingresos de la organización.	Descripción	La demora en la llegada es generada por la emisión tardía de las órdenes de compra y causa tardanzas en la producción de postes
Tendencia	Tiende a variar	Tendencia	Tiende a aumentar
Fuente de datos	Calculado con la data histórica de los incumplimientos de pedidos de la empresa	Fuente de datos	Reporte histórico de desabastecimiento de materia prima

DETALLE	FICHA TECNICA	DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P5</b>	Código	<b>P6</b>
Enunciado del problema	<b>Paradas en las máquinas</b>	Enunciado del problema	<b>Productos Defectuosos</b>
Descripción	Las paradas de las máquinas ocasionan que se pare la producción y se pierda el poste que se está fabricando en ese	Descripción	La no conformidad de los postes y los accesorios genera que se generen incumplimientos de pedidos y que se utilicen

	momento.		una mayor cantidad de recursos operativos
Tendencia	Tiende a mantenerse	Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Reportes históricos de parada de Maquinaria en Postes Sullana S.A.C.	Fuente de datos	Datos históricos de las no conformidades de postes y accesorios no conformes

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P7</b>
Enunciado del problema	<b>Inadecuado método de proceso de secado</b>
Descripción	El inadecuado método proceso secado causa un prolongado tiempo de ciclo ya que los postes secan al aire libre y se tardan de 6 a 9 horas dependiendo el tamaño del poste
Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Datos de la empresa Postes Sullana S.A.C.

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P8</b>
Enunciado del problema	<b>Ausencia de estandarización de procedimientos</b>
Descripción	Las actividades de cada proceso no están definidas, por lo tanto, entre los operarios y sus actividades existen demoras en la producción de los pedidos
Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Toma de tiempos realizada por los estudiantes de PIA1

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P9</b>
Enunciado del problema	<b>Excesivo tiempo de producción de pedidos</b>
Descripción	El excesivo tiempo de producción de pedidos ocasiona que exista retrasos en los pedidos y por ende reducción de ingresos
Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Datos de Postes Sullana S.A.C.

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P10</b>
Enunciado del problema	<b>Operarios contratados al destajo</b>
Descripción	La contratación de los operarios que se contratan al destajo genera sobrecostos operativos al no haberse planificado los recursos. Adicionalmente la productividad general de producción de postes disminuye
Tendencia	Varia por picos de demanda
Fuente de datos	Juicio de Expertos

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P11</b>
Enunciado del problema	<b>Costo de Oportunidad Perdido</b>

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P12</b>
Enunciado del problema	<b>Falta de Capacidad de Producción</b>

Descripción	El costo de oportunidad perdido es generado por las ventas que se hubieran podido concretar en caso no haya ocurrido demoras en le producción de los pedidos
Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Datos de Postes de Sullana S.A.C.

Descripción	Existe falta de capacidad de producción lo cual ocasiona que utilicen una mayor cantidad de recursos para el cumplimiento de pedidos
Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Datos de Postes Sullana S.A.C.

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P13</b>
Enunciado del problema	<b>Carencia de un almacén adecuado de Productos Terminados</b>
Descripción	Los PT son trasladados donde se encuentre un espacio disponible para su almacenamiento, y existe el riesgo de que los productos sufran danos físicos
Tendencia	Tiende a Mantenerse
Fuente de datos	Observación en la empresa realizada por alumnos de PIA1

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P14</b>
Enunciado del problema	<b>Rechazo de Pedidos</b>
Descripción	Los rechazos de pedidos son ocasionados por que la capacidad actual de la empresa está a tope y genera costos de oportunidad
Tendencia	Tiende a mantenerse
Fuente de datos	Reportes históricos de rechazo de pedidos en Postes Sullana S.A.C.

DETALLE	FICHA TECNICA
Código	<b>P15</b>
Enunciado del problema	<b>Pérdida de Clientes</b>
Descripción	La pérdida de clientes es generada por el incumplimiento de pedidos por parte de la empresa, y que los clientes en algunos casos prefieren optar por comprar a la competencia
Tendencia	Tiende a variar
Fuente de datos	Juicio de expertos

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 7: Matriz de Vester.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	Influencia (X)
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P2	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	15
P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	7
P5	1	2	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	2	1	12
P6	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	12
P7	1	2	1	0	0	1	0	3	3	0	0	1	0	1	0	13
P8	1	3	1	1	0	2	3	0	2	0	0	0	0	1	0	14
P9	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
P10	1	2	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	9
P11	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
P12	3	3	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0	14
P13	0	2	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
P14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
P15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4
Dependencia (Y)	13	23	15	3	0	12	3	5	11	0	8	4	2	12	10	111

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 8: Escala de calificación de Likert para la realización de la matriz de Vester.

CALIFICACION ESCALA DE LIKERT	
No tiene influencia	0
Tiene leve influencia	1
Tiene mediana influencia	2
Tiene fuerte influencia	3

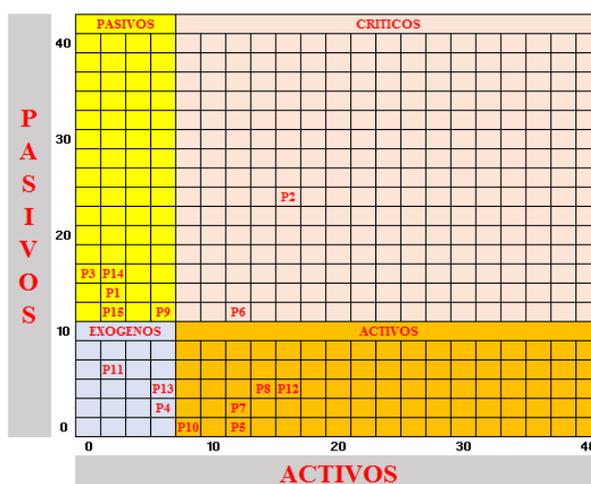
Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 9: Descripción de los tipos de problemas de cada uno de los cuadrantes Vester.

<b>Cuadrante 1 PASIVOS</b>	Problemas pasivos o efectos del problema central
<b>Cuadrante 2 CRÍTICOS</b>	Problemas críticos que son candidatos para el problema central
<b>Cuadrante 3 EXÓGENOS</b>	Problemas exógenos al problema en cuestión
<b>Cuadrante 4 ACTIVOS</b>	Problemas activos o causas del problema central

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 10: Localización de los problemas en los cuadrantes de Vester.

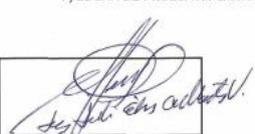
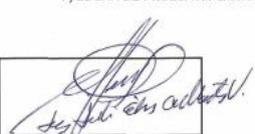
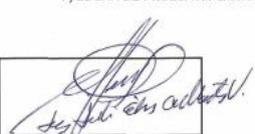


### Anexo 11: Cálculo del Impacto económico del problema principal de la organización.

<b>Deficiente Gestión y Control de la producción</b>	
Producción no Conforme	\$154,613
Costos de Salario del personal al destajo	\$94,153
Desperdicios de Materia Prima	\$77,282
Mantenimiento correctivo a la Maquinaria	\$33,600
Inadecuado Sistema de Abastecimiento	\$33,555
Excesivos números de Setup	\$2,638
<b>TOTAL</b>	<b>\$395,381</b>
<b>% en base a la Facturación Total</b>	<b>24.41%</b>

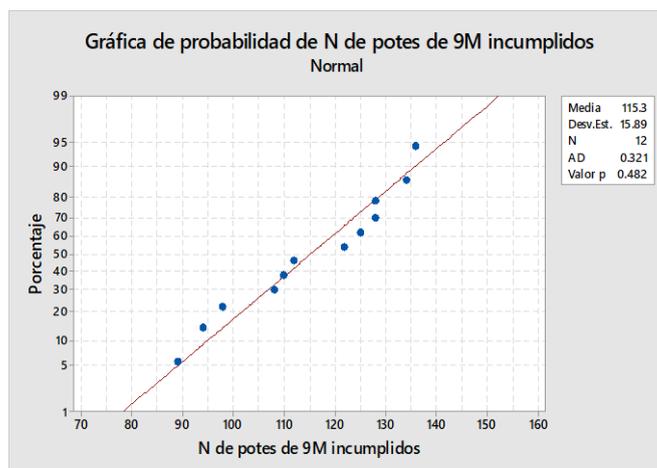
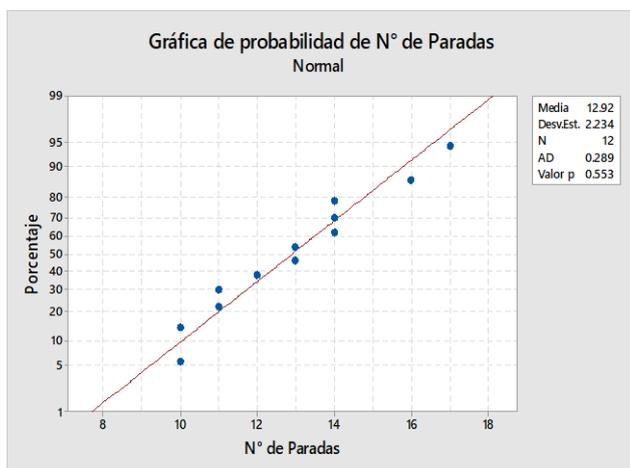
Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 12: Protocolo de pruebas de resistencia de postes.

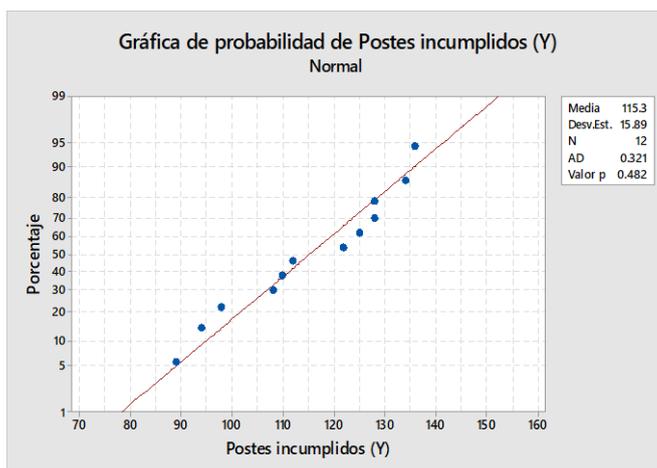
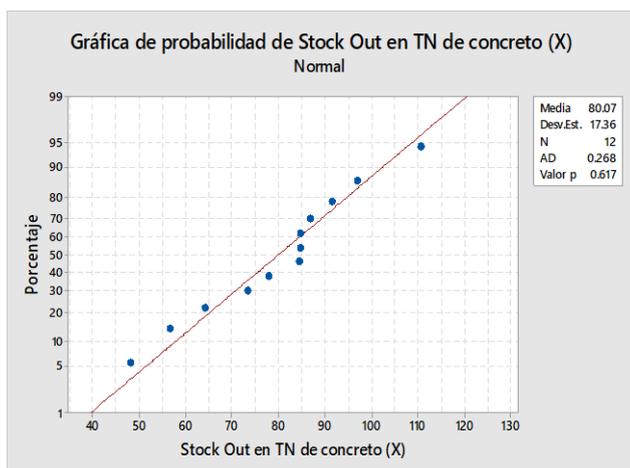
<b>INDUSTRIA DE POSTES SULLANA S.A.C.</b>																																																				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS DE POSTES</b>																																																				
MARCA: I.P.S.		POSTE DE C.A.C. TIPO: 8/200/120/240				C: DEFORMACION ELASTICA O FLECHA(C/CARGA)																																														
ORDEN DE COMPRA:		LONGITUD: 8 M				D: DEFORMACION PERMANENTE SIN CARGA																																														
LOTE: 500 UNDS.		CARGA DE TRABAJO: 200 KG				FECHA DE FABRICACION: 15/03/10																																														
MUESTRAS: 08		COEFICIENTE DE SEGURIDAD: 02				FECHA DE PRUEBAS: 16/04/10																																														
<b>E S T R A S</b>	<b>PRUEBAS DE CARGA DE TRABAJO</b>								<b>PRUEBA CARGA DE ROTURA</b>								<b>FALLA</b>																																			
	PORCENTAJE DE CARGA NOMINAL DE ROTURA								PORCENTAJE DE CARGA NOMINAL DE ROTURA								KG/daN																																			
	(KG/daN) (*)								(KG/daN) (*)																																											
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%																																						
40	80	120	160	200	240		280		320		360		400																																							
FLECHAS EN MM								FLECHAS EN MM																																												
	C	C	C	C	C / D	C	C	C	C	C	C	C	C	C																																						
1	70mm	153mm	217mm	295mm	368/2	448mm		537mm		630mm		681mm		752mm	500KG																																					
2	83mm	150mm	224mm	289mm	360/2	433mm		502mm		590mm		663mm		750mm	550KG																																					
3	73mm	133mm	210mm	278mm	355/5	438mm		517mm		602mm		658mm		733mm	530KG																																					
4	66mm	135mm	202mm	279mm	357/4	432mm		507mm		590mm		697mm		787mm	540KG																																					
5	80mm	142mm	210mm	267mm	335/2	414mm		485mm		564mm		632mm		730mm	530KG																																					
6	80mm	153mm	227mm	305mm	390/2	488mm		550mm		645mm		740mm		874mm	530KG																																					
7																																																				
<b>CLIENTE: PROCONSER</b>																																																				
<b>OBRA: INSTALACION DE LINEAS Y REDES PRIMARIAS, REDES SECUNDARIAS Y ACOMETIDAS DOMICILIARIAS P/CASERIOS:</b>																																																				
PTE. AMARILLO, CERRO CASCAJAL, AGUA STA. NICHIPU, CERRO STA. ROSA Y YAUSAQUE DISTRITO DE OLMOS. LAMBAYAQUE																																																				
LAMBAYEQUE																																																				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">CUMPLE</td> <td style="text-align: center;">CON OBSERVACIONES</td> <td style="text-align: center;">NO CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>DIMENSIONES:</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>FABRICACION</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SEGUN NORMAS</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ACABADO</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <table border="0"> <tr> <td colspan="2">A) MONTAJE DE PRUEBA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EMPOTRAMIENTO PARA LOS POSTES EN GENERAL: 10% LONGITUD DEL POSTE + 0.50 M. = 1.30 M</td> </tr> <tr> <td colspan="2">B) FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO: &lt;6% DE LONGITUD UTIL DEL POSTE ( 402 MM )</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CUMPLE <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">NO CUMPLE <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">C) DEFORMACION PERMANENTE: &lt;5% FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO ( 20.1 MM )</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D) RESULTADO: ACEPTADO <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">RECHAZADO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">E) OBSERVACIONES:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F) LUGAR DE PRUEBAS: PLANTA I.P. SULLANA, 16 DE ABRIL DEL 2010</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>																<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">CUMPLE</td> <td style="text-align: center;">CON OBSERVACIONES</td> <td style="text-align: center;">NO CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>DIMENSIONES:</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>FABRICACION</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SEGUN NORMAS</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ACABADO</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	CUMPLE	CON OBSERVACIONES	NO CUMPLE	DIMENSIONES:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FABRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SEGUN NORMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ACABADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table border="0"> <tr> <td colspan="2">A) MONTAJE DE PRUEBA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EMPOTRAMIENTO PARA LOS POSTES EN GENERAL: 10% LONGITUD DEL POSTE + 0.50 M. = 1.30 M</td> </tr> <tr> <td colspan="2">B) FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO: &lt;6% DE LONGITUD UTIL DEL POSTE ( 402 MM )</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CUMPLE <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">NO CUMPLE <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">C) DEFORMACION PERMANENTE: &lt;5% FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO ( 20.1 MM )</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D) RESULTADO: ACEPTADO <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">RECHAZADO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">E) OBSERVACIONES:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F) LUGAR DE PRUEBAS: PLANTA I.P. SULLANA, 16 DE ABRIL DEL 2010</td> </tr> </table>	A) MONTAJE DE PRUEBA		EMPOTRAMIENTO PARA LOS POSTES EN GENERAL: 10% LONGITUD DEL POSTE + 0.50 M. = 1.30 M		B) FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO: <6% DE LONGITUD UTIL DEL POSTE ( 402 MM )		CUMPLE <input type="checkbox"/>	NO CUMPLE <input type="checkbox"/>	C) DEFORMACION PERMANENTE: <5% FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO ( 20.1 MM )		D) RESULTADO: ACEPTADO <input type="checkbox"/>	RECHAZADO <input type="checkbox"/>	E) OBSERVACIONES:		F) LUGAR DE PRUEBAS: PLANTA I.P. SULLANA, 16 DE ABRIL DEL 2010	
<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">CUMPLE</td> <td style="text-align: center;">CON OBSERVACIONES</td> <td style="text-align: center;">NO CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>DIMENSIONES:</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>FABRICACION</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SEGUN NORMAS</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ACABADO</td> <td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	CUMPLE	CON OBSERVACIONES	NO CUMPLE	DIMENSIONES:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FABRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SEGUN NORMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ACABADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table border="0"> <tr> <td colspan="2">A) MONTAJE DE PRUEBA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EMPOTRAMIENTO PARA LOS POSTES EN GENERAL: 10% LONGITUD DEL POSTE + 0.50 M. = 1.30 M</td> </tr> <tr> <td colspan="2">B) FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO: &lt;6% DE LONGITUD UTIL DEL POSTE ( 402 MM )</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CUMPLE <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">NO CUMPLE <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">C) DEFORMACION PERMANENTE: &lt;5% FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO ( 20.1 MM )</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D) RESULTADO: ACEPTADO <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">RECHAZADO <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">E) OBSERVACIONES:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">F) LUGAR DE PRUEBAS: PLANTA I.P. SULLANA, 16 DE ABRIL DEL 2010</td> </tr> </table>	A) MONTAJE DE PRUEBA		EMPOTRAMIENTO PARA LOS POSTES EN GENERAL: 10% LONGITUD DEL POSTE + 0.50 M. = 1.30 M		B) FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO: <6% DE LONGITUD UTIL DEL POSTE ( 402 MM )		CUMPLE <input type="checkbox"/>	NO CUMPLE <input type="checkbox"/>	C) DEFORMACION PERMANENTE: <5% FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO ( 20.1 MM )		D) RESULTADO: ACEPTADO <input type="checkbox"/>	RECHAZADO <input type="checkbox"/>	E) OBSERVACIONES:		F) LUGAR DE PRUEBAS: PLANTA I.P. SULLANA, 16 DE ABRIL DEL 2010																	
CUMPLE	CON OBSERVACIONES	NO CUMPLE																																																		
DIMENSIONES:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																	
FABRICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																	
SEGUN NORMAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																	
ACABADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																	
A) MONTAJE DE PRUEBA																																																				
EMPOTRAMIENTO PARA LOS POSTES EN GENERAL: 10% LONGITUD DEL POSTE + 0.50 M. = 1.30 M																																																				
B) FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO: <6% DE LONGITUD UTIL DEL POSTE ( 402 MM )																																																				
CUMPLE <input type="checkbox"/>	NO CUMPLE <input type="checkbox"/>																																																			
C) DEFORMACION PERMANENTE: <5% FLECHA MAXIMA A LA CARGA DE TRABAJO ( 20.1 MM )																																																				
D) RESULTADO: ACEPTADO <input type="checkbox"/>	RECHAZADO <input type="checkbox"/>																																																			
E) OBSERVACIONES:																																																				
F) LUGAR DE PRUEBAS: PLANTA I.P. SULLANA, 16 DE ABRIL DEL 2010																																																				
(*) 1 Kg = 1 daN																																																				
NORMA DE FABRICACION Y PRUEBAS: NTP 339.027:2002																																																				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center;">   <b>Oscar A. Ormachea Jimenez</b>  APODERADO </td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> </table>																	 <b>Oscar A. Ormachea Jimenez</b> APODERADO																																			
	 <b>Oscar A. Ormachea Jimenez</b> APODERADO																																																			

Fuente: Datos de POSTES SULLANA S.A.C.

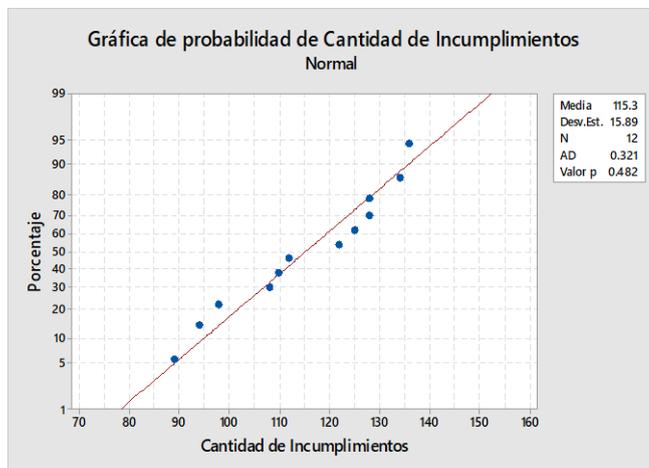
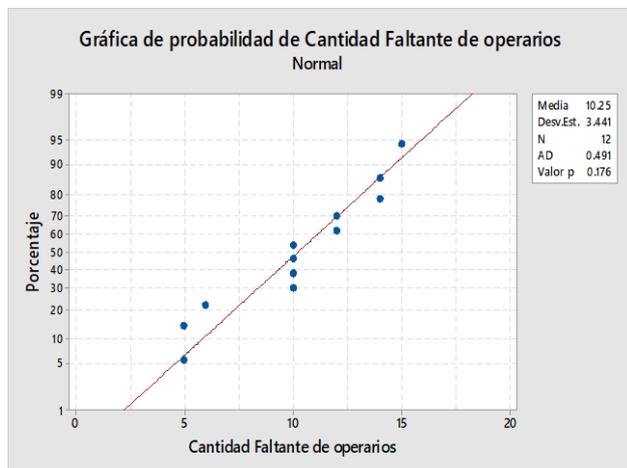
**Anexo 13:** Prueba de normalidad de los datos de la variable N° de paradas / Prueba de normalidad de los datos de la variable Postes de 9 metros incumplidos.



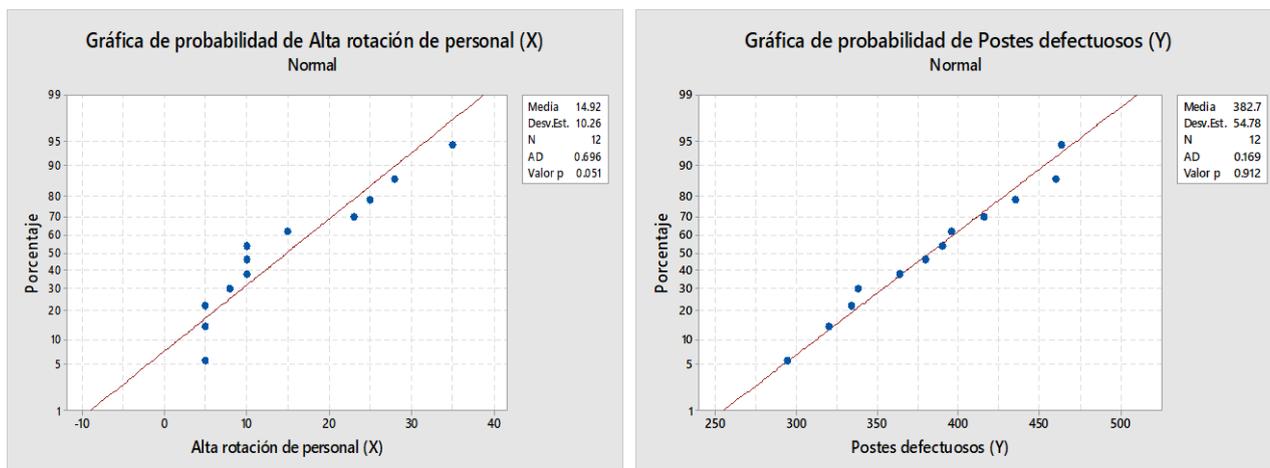
**Anexo 14:** Prueba de normalidad de los datos de la variable Stock Out en TN de concreto / Prueba de normalidad de los datos de la variable Postes incumplidos.



**Anexo 15:** Prueba de normalidad de los datos de la variable Cantidad Faltante de operarios / Prueba de normalidad de los datos de la variable Cantidad de incumplimientos.



**Anexo 16:** Prueba de normalidad de los datos de la variable Alta rotación de personal / Prueba de normalidad de los datos de la variable Postes defectuosos.



**Anexo 17:** Criterios para la elaboración del Diagrama relacional

Letra	Áreas de la empresa Postes Sullana
A	Almacén de Materia Prima
B	Área de Armado de Armazón
C	Área de Mezclado (Postes)
D	Área de Secado (Postes)
E	Área de Moldeado
F	Área de Pulido y Acabado (Postes)
G	Almacén de Postes terminados.
H	Área de Mezclado (Accesorios).
I	Área de Llenado (Ductos de 4 vías).
J	Área de Secado (Ductos de 4 vías).
K	Área de Pulido y Acabado (Ducto de 4 vías).
L	Área de Llenado (Accesorios de Fijación).
M	Área de Secado (Accesorios de Fijación).
N	Área de Llenado (Crucetas).
O	Área de Secado (Crucetas).
P	Área de Pulido y Acabado (Crucetas).
Q	Área de Llenado (Pastorales).
R	Área de Secado y Acabado (Pastorales y Palomilla).
S	Área de Llenado (Palomilla).
T	Almacén de accesorios terminados.
U	Área de Despacho.
V	Área Administrativa.
W	Área de Productos Defectuosos.
X	Depósito de repuestos o chatarra.
Y	Comedor.
Z	Servicios Higiénicos.

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 18:** Cálculo del total de penalidades por incumplimiento de pedidos en el año 2018.

Cliente	Valor Venta	Días de Atraso	Penalidades
ENEL SAA	\$143,748	4	\$28,750
TECSUR SA	\$48,619	6	\$14,586
ENEL SAA	\$48,277	5	\$12,069
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$46,076	5	\$11,519
ENEL SAA	\$43,098	5	\$10,774
ENEL SAA	\$40,578	5	\$10,145
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$35,929	5	\$8,982
ENEL SAA	\$34,544	5	\$8,636
TECSUR SA	\$32,323	5	\$8,081
QUANTA SERVICES PERU S.A.C	\$32,308	5	\$8,077
ENEL SAA	\$27,996	4	\$5,599
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$27,265	4	\$5,453
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$26,975	4	\$5,395
TECSUR SA	\$26,936	4	\$5,387
TECSUR SA	\$26,936	3	\$4,040
ENEL SAA	\$26,936	3	\$4,040
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$26,838	2	\$2,684
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$26,757	2	\$2,676
ENEL SAA	\$21,549	4	\$4,310
QUANTA SERVICES PERU S.A.C	\$21,538	3	\$3,231
ENEL SAA	\$21,255	3	\$3,188
TECSUR SA	\$19,323	3	\$2,898
QUANTA SERVICES PERU S.A.C	\$19,323	2	\$1,932
TECSUR SA	\$19,323	3	\$2,898
TECSUR SA	\$19,323	3	\$2,898
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$19,323	3	\$2,898
ENEL SAA	\$18,118	3	\$2,718
ENEL SAA	\$17,391	2	\$1,739
OIEM SAC	\$16,660	3	\$2,499
OIEM SAC	\$16,162	2	\$1,616
OIEM SAC	\$16,162	2	\$1,616
ENEL SAA	\$14,625	1	\$731
TECNO REDES S.A	\$12,685	2	\$1,268
ENEL SAA	\$12,570	3	\$1,886
TECSUR SA	\$12,208	3	\$1,831
ENEL SAA	\$11,694	2	\$1,169
TECSUR SA	\$11,394	3	\$1,709
ENEL SAA	\$10,774	3	\$1,616
TECNO REDES S.A	\$10,774	2	\$1,078
TOTAL			\$202,625

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 19: Pérdida de Ingresos por rechazo de pedidos**

<b>Pérdida de Ingresos por rechazo de pedidos</b>	<b>\$</b>	<b>96,406.89</b>
Pedidos Rechazados		
ENEL SAA	\$	47,333.95
TECSUR SA	\$	17,749.49
DESARROLLOS TERRESTRES PERU	\$	16,678.36
LUZ DEL SUR SAA	\$	5,369.61
TELSAT S.R.L	\$	1,591.62
ORION INGENIEROS CONTRATISTAS SAC	\$	1,126.73
SCHREDER PERU SA	\$	1,020.73
ELECTRIC PROJECT S.R.L	\$	1,019.16
RL INGENIEROS PERU SAC	\$	1,162.06
TECNO REDES S.A	\$	928.46
OIEM SAC	\$	866.46
SINELCON PERU SAC	\$	820.62
SERVICIOS GENERALES V Y V INGS S.R.	\$	739.63

**Anexo 20: Muestras recolectadas en la toma de datos de la dosificación de materiales**

<b>CANTIDAD DE MATERIALES EN MEZCLA (KG)</b>			
<b>N° muestra</b>	<b>Piedra Chancada</b>	<b>Arena Gruesa</b>	<b>Cemento</b>
1	286.5	258	170.3
2	287.2	261.2	170.8
3	282.8	259.2	169.2
4	285.8	257.2	169.8
5	282.1	260.5	170.4
6	285.5	259.6	169.8
7	280.9	257.8	170.8
8	285.2	258.5	169.8
9	283.4	259.8	169.2
10	280.4	261.06	171.1
11	281.6	259.8	170.4
12	289.5	260.3	169.8
13	283.6	258.2	170.3
14	285.1	259.8	170.3
15	280.8	258.5	169.2
16	283.2	260.8	169.7
17	288.4	259.8	169.3
18	284.9	258.3	169.2
19	284.6	258.8	168.9
20	289.3	260.2	169.5
21	283.4	258.2	168.6
22	282.5	259.1	169.9
23	289.9	258.5	168.4
24	290.1	259.7	168.5
25	288.6	260.1	169.8

**Anexo 21: Matriz Cantidad – Situación Actual (TN)**

	A	B	C	D	E	G	H	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Y	Z
A							8884.97														
B						7121.23															
C				7121.23																	
D					7121.23																
E																					7121.23
G			7121.23																		
H	8884.97	7121.23						1763.74													
K									327.21	206.63				606.52	429.53				193.86		
L												327.21									
M									327.21												
N														206.63							
O																					327.214
P																					206.63
Q																	606.52				
R																		429.53			
S																			606.52		
T																					623.39
U																					606.52
V																		193.86			
Y																					
Z																					

Las cantidades resaltadas en rojo representan las mayores cantidades de materiales que son trasladados entre áreas; ya sea mediante equipos de carga o por los mismos operarios.

### Anexo 22: Matriz Distancia – Situación Actual (m)

	A	B	C	D	E	G	H	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	Y	Z
A							27.35														
B						38.5															
C				14.25																	
D					23																
E																					44.4
G			29.5																		
H	27.35	33.85						79.23													
K									14.98	34.14				50.88	55.98				80.48		
L												25.88									
M									17.04												
N													10.60								
O																					61.83
P																					57.73
Q																	14.2				
R																		12.15			
S																			13.2		
T																					32.33
U																					20.68
V																		12.35			
Y																					37.05
Z																					

Se muestra mediante esta tabla cuales son las distancias recorridas por el operario durante el proceso de elaboración. Como se puede visualizar el gran porcentaje de las distancias supera los 20 m, estos valores indican que existen áreas que no cuentan con mayor proximidad a pesar de que el mismo flujo lo amerita; factor que debe ser considerado para la propuesta de distribución.

Anexo 23: Matriz Cantidad – P1 (TN)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
A								8884.97																			
B			7121.23																								
C				7121.23																							
D					7121.23																						
E									7121.23																		
F		7121.23																									
G																											
H	8884.97					7121.23	1763.744																429.525	193.86	606.52	206.625	327.214
I																											
J									1763.744																		
K										429.525																	
L											339.32																
M												339.32															
N													429.525														
O															267.2												
P											193.86																
Q																	267.2										
R																		193.86									
S																											
T																											
U																											
V																											
W																											
X																											
Y																											
Z																											
AA																											
<b>TOTAL</b>	8884.97	7121.23	7121.23	7121.23	7121.23	7121.23	1763.744	8884.97	8884.974	1763.74	429.525	339.32	339.32	429.525	267.2	193.86	606.52	193.86	327.214	327.214	206.625	206.625	429.525	193.86	606.52	206.625	327.214

Anexo 24: Matriz Distancia – P1 (m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	
A								27.35																				
B			20.25																									
C				28.75																								
D					30.5																							
E									14.3																			
F		43.9																										
G																							40.82	44.95	62.81	57.45	58.5	
H	27.35					17.00	11.25																					
I																												
J									18.05																			
K										18.15																		
L											18.52																	
M												20.25																
N											16.49																	
O																												
P										31.02																		
Q										30.9																		
R																	18.5											
S																19.75												
T										40.27																		
U											40.15																	
V																												
W																												
X																												
Y																												
Z														55.4														
AA																												
TOTAL	27.35	43.9	20.25	28.75	30.5	17	11.25	27.35	32.35	179.01	16.49	20.25	55.4	42.2	18.5	19.75	50.49	38.5	18.99	40.25	19.25	34.25	40.82	44.95	62.81	57.45	58.5	

## Anexo 25: Matriz Cantidad – P2 (TN)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
A								8884.97																
B			7121.23																					
C				7121.23																				
D					7121.23																			
E						7121.23																		
F									7121.23															
G															429.5	606.52	327.21			206.625				193.86
H	8884.97	7121.23					1763.744																	
I																								
J									1763.744															
K										429.525														
L											606.52													
M												429.525												
N													606.52											
O														429.53										
P															606.52									
Q																								
R																								
S																								
T																								
U																								
V																								
W																								
X																								
TOTAL	8885	7121	7121	7121	7121	7121	1764	8885	8885	1764	430	607	430	607	430	607	327	327	327	207	207	194	194	194

## Anexo 26: Matriz Distancia – P2 (m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
A								27.35																	
B			19.7																						
C				27.4																					
D					17.75																				
E						27.15																			
F									20.8																
G															48.85	50.6	52.35			70.6					59.85
H	27.35	31.59						13.6																	
I																									
J									18.05																
K										22.15															
L											26														
M												30.5													
N													35.2												
O														28											
P															26.6										
Q																			22.75						
R																				27.5					
S										70.55															
T																									
U											65.15												7.5		
V												58.52													
W																								24.75	
X																									31.37
TOTAL	27	32	20	27	18	27	14	27	39	242	31	35	28	27	49	51	52	23	28	71	8	25	31	60	

**Anexo 27: Costos de Flujo de caja del Proyecto****Costos de Materia Prima – Postes 9M:**

	Medida	Cant. MP/Barril	Soles/Cant. MP	Costo
Piedra Chancada	KG	<b>174.240</b>	22.50	3920.4
Arena	KG	<b>172.240</b>	22.50	3875.4
Cemento	KG	4.000	24.20	96.8
Fierro	KG	81.000	2.80	226.8
Alambre	KG	2.000	1.43	2.86
Superplastificante 9M	ml	2400	20.10	<b>12.06</b>
<b>Costo Unitario MP</b>			<b>122.24</b>	Soles/poste

**Costos de Materia Prima – Ductos de 4 vías:**

	Medida	Cant. MP/Poste	Soles/Cant. MP	Costo
Piedra Chancada	KG	<b>0.70</b>	22.50	15.75
Arena	KG	<b>0.20</b>	22.50	4.5
Cemento	KG	0.37	24.20	8.954
Fierro	KG	3.100	2.80	8.68
Alambre	KG	0.500	1.43	0.715
Superplastificante	ml	700	20.10	<b>3.52</b>
<b>Costo Unitario MP</b>			<b>12.77</b>	Soles/Accesorios

**Costos de Mano de Obra:**

Costos Personal	Cantidad	Sueldo Mensual	Sueldo Mensual Promedio	S/. /hr
Operarios por turno	<b>39</b>	1082	1491	279.49
Supervisor por turno	<b>2</b>	3200	4408	42.39
				<b>321.88</b>

**CIF:**

	Cap. Instalada	Cap. Utilizada
Potencia Instalado Kw/h	14.9	<b>12.6</b>
Agua m3/h	0.8	<b>0.6</b>

<b>ELECTRICIDAD</b>	2.48	Soles/Kw-hr
<b>AGUA</b>	3.40	Soles/m3

	Soles/hr	Medida
Electricidad	<b>31.30</b>	Soles/hr
Agua	<b>2.18</b>	Soles/hr
	<b>33.48</b>	Soles/hr

**Anexo 28: Imágenes de la planta productora de la empresa Postes Sullana S.A.C.**

Fuente: Elaboración Propia