



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PLAN DE MEJORA EMPLEANDO  
HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL,  
PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN  
CANTERA DE AGREGADOS EN RETAMAS,  
PARCOY 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Jhimy Anibal Paz Aranda

**Asesor:**

Dr. Miguel Enrique Alcalá Adrianzén

<https://orcid.org/0000-0002-5478-5910>

Trujillo - Perú

2024

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ing. Cesar Enrique Santos Gonzales</b>	<b>41458690</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	<b>Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez</b>	<b>18066188</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	<b>Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña</b>	<b>17806063</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

## INFORME DE SIMILITUD

 **turnitin** Página 2 of 134 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid::1:3020510426

### 11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

#### Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

---

#### Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

---

#### Marcas de integridad

**N.º de alertas de integridad para revisión**

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mis padres (Samuel y Perpetua), mis hermanos (Armando, Roberto, Janeth & Abigail), a mi abuela Eva por ser los responsables de mi formación personal y profesional, por sus consejos, sacrificios, por la educación y por el amor les entrego este proyecto que refleja el fruto de nuestro trabajo como familia.

(Siempre unidos)

## AGRADECIMIENTO

Agradezco con mucho esmero a la Universidad Privada Del Norte, a la facultad de ingeniería y a sus profesores, por brindarme sus enseñanzas que actualmente están rindiendo frutos y me han convertido en un profesional competente.

Agradezco a mis amigos por apoyarme a seguir con mi formación personal y académica.

Agradezco al Ing. Gustavo Cueva Vázquez por permitirme realizar este proyecto en su cantera, de igual manera a su personal que me brindo y facilito la información y herramientas para concretar este trabajo de investigación.

Agradezco a mi familia por apoyarme con este nuevo paso en mi vida profesional, por brindarme el tiempo y las herramientas necesaria para lograrlo.

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	13
1.2. ANTECEDENTES .....	14
1.3. BASES TEÓRICAS .....	16
1.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	18
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	23
1.5. OBJETIVOS .....	23
1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
1.7. HIPÓTESIS .....	23
1.8. JUSTIFICACIÓN .....	23
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b> .....	<b>25</b>
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	25
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	26
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	26
2.4. PROCEDIMIENTOS .....	27
2.5. SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA .....	36
2.5.2. Selección de herramientas de solución .....	40
2.5.3. Plan de mejora .....	50
2.5.3.1. Diseño de implementación del Mantenimiento productivo total .....	50
2.5.3.2. Diseño de implementación del 5'S .....	64
2.5.3.3. Diseño de implementación del Just in time .....	71
2.5.3.4. Diseño de implementación del plan de capacitación de SSOMA .....	81
2.6. SIMULACIÓN .....	90
2.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	91
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b> .....	<b>95</b>
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	95
3.2. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN .....	97
3.3. CÁLCULO DE INDICADORES MEJORADOS .....	111
3.4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	112
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>113</b>
1.5. DISCUSIÓN .....	113
1.6. CONCLUSIONES .....	115
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>116</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>119</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Diseño de contracción de hipótesis. ....	25
<b>Tabla 2</b> Matriz de indicadores. ....	35
<b>Tabla 3</b> Monetización de causa raíz 1. ....	36
<b>Tabla 4</b> Monetización de causa raíz 2. ....	37
<b>Tabla 5</b> Monetización de problema 3. ....	38
<b>Tabla 6</b> Monetización del problema 4. ....	39
<b>Tabla 7</b> Problemas y herramientas de ingeniería industrial.....	40
<b>Tabla 8</b> Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR1 .....	41
<b>Tabla 9</b> Costo de la herramienta TPM. ....	42
<b>Tabla 10</b> Costo de herramienta Kamban. ....	42
<b>Tabla 11</b> Costo de herramienta, Plan de capacitación de mantenimiento. ....	42
<b>Tabla 12</b> Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR2. ....	43
<b>Tabla 13</b> Costo de Takt time.....	43
<b>Tabla 14</b> Costo de herramienta AMEF (Análisis de modos y efecto de fallas). ....	43
<b>Tabla 15</b> Costo de herramienta Metodología 5´S. ....	44
<b>Tabla 16</b> Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR3. ....	44
<b>Tabla 17</b> Costo de la herramienta Lean Thinking. ....	45
<b>Tabla 18</b> Costo de la herramienta VSM (Value Stream Mapping). ....	45
<b>Tabla 19</b> Costo de herramienta Just in time. ....	45
<b>Tabla 20</b> Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR4. ....	46
<b>Tabla 21</b> Costo de Metodología 5M. ....	47
<b>Tabla 22</b> Costo de metodología (El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo) .....	47
<b>Tabla 23</b> Costo de capacitación ssoma. ....	47
<b>Tabla 24</b> Restricciones realistas para las alternativas.....	49
<b>Tabla 25</b> Descripción de Máquinas y equipos de la cantera.....	51
<b>Tabla 26</b> Asignación de actividades de limpieza al personal. ....	68
<b>Tabla 27</b> Indicadores de estandarización en 5´S.....	69
<b>Tabla 28</b> Ficha de estandarización (Limpieza).....	69
<b>Tabla 29</b> Registro de charla de mejora continua. ....	70
<b>Tabla 30</b> Maquinaria disponible en la cantera. ....	72
<b>Tabla 31</b> Ventajas y desventajas de un sistema de producción continuo. ....	72
<b>Tabla 32</b> Calificación Westinghouse para Hormigón.....	73
<b>Tabla 33</b> Suplementos por descanso para hormigón. ....	73
<b>Tabla 34</b> Calculo del sistema Westinghouse para el hormigon.....	74
<b>Tabla 35</b> Calificación Westinghouse para la arena gruesa. ....	75
<b>Tabla 36</b> Suplementos por descanso para arena gruesa.....	75
<b>Tabla 37</b> Calculo del sistema Westinghouse para la arena gruesa. ....	75
<b>Tabla 38</b> Calificación Westinghouse para la gravilla. ....	76
<b>Tabla 39</b> Suplementos por descanso para gravilla.....	77
<b>Tabla 40</b> Calculo del sistema Westinghouse para la Gravilla. ....	77
<b>Tabla 41</b> Calificación westinghouse para la piedra grande. ....	78
<b>Tabla 42</b> Suplementos por descanso para piedra grande. ....	79
<b>Tabla 43</b> Calculo del sistema Westinghouse para la piedra grande. ....	79

<b>Tabla 44</b> Porcentajer de calificación Westinghouse para las charlas SSOMA. ....	83
<b>Tabla 45</b> Calculo del sistema Westinghouse para charlas SSOMA. ....	84
<b>Tabla 46</b> Programación semanal de temario de charlas de seguridad, salud y medio ambiente. ....	84
<b>Tabla 47</b> Sustentación de la selección del modelo de simulación. ....	90
<b>Tabla 48</b> Calculo de inversión anual del plan de mejora. ....	91
<b>Tabla 49</b> Calculo de egresos. ....	92
<b>Tabla 50</b> Calculo de ingresos. ....	92
<b>Tabla 51</b> Flujo de caja. ....	93
<b>Tabla 52</b> Tiempo de recuperación de inversión. ....	93
<b>Tabla 53</b> Identificación de Problema y Causas raíces ....	95
<b>Tabla 54</b> Resumen de herramientas agrupadas en alternativas. ....	96
<b>Tabla 55</b> Comparación de resultados de TPM, 5´S y Just in time con situación actual de la empresa. ....	106
<b>Tabla 56</b> Comparación de resultados de TPM con situación actual de la empresa. ....	109
<b>Tabla 57</b> Comparación de indicadores actuales y mejorados. ....	111
<b>Tabla 58</b> Resultados de la evaluación económica. ....	112

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Ubicación de la cantera de agregados. (Google Maps).....	27
<b>Figura 2</b> Diagrama de operaciones del hormigón (15m3).....	29
<b>Figura 3</b> Diagrama de operaciones de arena gruesa y gravilla (30m3).....	30
<b>Figura 4</b> Diagrama de operaciones de piedra de 8"-12" (10m3).....	31
<b>Figura 5</b> FODA de la Cantera el Encanto.....	32
<b>Figura 6</b> Diagrama de Ishikawa de la Cantera el Encanto. ....	33
<b>Figura 7</b> Flujograma de desarrollo del mantenimiento productivo total. ....	50
<b>Figura 8</b> Check lits de mantenimiento autónomo retroexcavadora. ....	53
<b>Figura 9</b> Check list de mantenimiento autónomo de volquete. ....	54
<b>Figura 10</b> Check list de mantenimiento autónomo de chancadora.....	55
<b>Figura 11</b> Check list de mantenimiento autónomo de Faja transportadora.....	56
<b>Figura 12</b> Ficha de historial para mantenimiento de maquinaria.....	58
<b>Figura 13</b> Parámetros de mantenimiento planeado para cada maquinaria. ....	59
<b>Figura 14</b> Ficha de indicador de producción. ....	60
<b>Figura 15</b> Ficha de indicador de tasa de disponibilidad. ....	61
<b>Figura 16</b> Ficha de indicador tiempo medio entre fallas. ....	61
<b>Figura 17</b> Plan para mejorar la cultura de seguridad, salud y medio ambiente.....	63
<b>Figura 18</b> Flujograma de desarrollo de metodología 5´S.....	64
<b>Figura 19</b> Clasificación de personal en cada área de la cantera. ....	65
<b>Figura 20</b> Clasificación de colores en cada área. ....	66
<b>Figura 21</b> Codificación de los elementos en cada área.....	67
<b>Figura 22</b> Flujograma de implementación de Just in time. ....	71
<b>Figura 23</b> Cursograma analítico de producción de hormigón. ....	74
<b>Figura 24</b> Cursograma analítico de producción de arena gruesa.....	76
<b>Figura 25</b> Cursograma analítico de producción de gravilla. ....	78
<b>Figura 26</b> Cursograma analítico de producción de piedra (8"-12").....	80
<b>Figura 27</b> Flujograma de implementación del plan de capacitación SSOMA. ....	81
<b>Figura 28</b> Cuando realizar capacitaciones inductivas. ....	82
<b>Figura 29</b> Formato de IPERC continuo.....	86
<b>Figura 30</b> Tabla de probabilidad y severidad. ....	87
<b>Figura 31</b> Matriz de riesgo. ....	88
<b>Figura 32</b> Formato ATS para sector minero.....	89
<b>Figura 33</b> Diseño de simulación de la producción de hormigón en Software ProModel..	98
<b>Figura 34</b> Modelado de producción de hormigón en software ProModel.....	99
<b>Figura 35</b> Resultado de simulación de producción de hormigón en Software ProModel..	99
<b>Figura 36</b> Diseño de simulación de la producción de la arena gruesa en Software ProModel.....	100
<b>Figura 37</b> Modelado de producción de la arena gruesa en software ProModel. ....	101
<b>Figura 38</b> Resultado de simulación de producción de la arena gruesa en Software ProModel. ....	102
<b>Figura 39</b> Diseño de simulación de la producción de gravilla en Software ProModel. ...	102
<b>Figura 40</b> Modelado de producción de gravilla en software ProModel. ....	103
<b>Figura 41</b> Resultado de simulación de producción de gravilla en Software ProModel. ..	104

<b>Figura 42</b> Diseño de simulación de la producción de piedra grande en Software ProModel. ....	104
<b>Figura 43</b> Modelado de producción de piedra grande en software ProModel. ....	105
<b>Figura 44</b> Resultado de simulación de producción de piedra grande en Software ProModel. ....	105
<b>Figura 45</b> Dashboard de SSOMA del mes de agosto. ....	107
<b>Figura 46</b> Dashboard de SSOMA del mes de septiembre. ....	107
<b>Figura 47</b> Dashboard de SSOMA del mes de octubre. ....	108
<b>Figura 48</b> Dashboard de SSOMA del mes de noviembre. ....	108
<b>Figura 49</b> Dashboard de SSOMA del mes de diciembre. ....	109

## Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1</b> Cálculo de tiempo normal.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Ecuación 2</b> Cálculo de tiempo estandar.....	<b>22</b>

## RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en una cantera no metálica, su actividad principal es la extracción de agregados para su transformación a productos como el hormigón, arena gruesa, gravilla y piedra grande.

Se marco como objetivo principal la reducción de sobrecostos en un 30% iniciando con análisis actual de la empresa, identificando problemas de mantenimiento, tiempos improductivos, gestión de materia prima y seguridad, dichos problemas son las principales causas raíz que generan los sobrecostos en la empresa. Ante estos problemas se seleccionó 4 herramientas de ingeniería industrial que cumplan con restricciones realistas y se apliquen en 6 meses. Las herramientas que se seleccionaron fueron el mantenimiento productivo total, la metodología 5s al igual que la herramienta Just in time y el plan de capacitación SSOMA. Para demostrar que el plan es rentable y cumple con las especificaciones de la empresa se realizaron simulaciones apoyándonos del software ProModel y la herramienta Dashboard para pronosticar resultados. Los resultados fueron positivos obteniendo más 45% en beneficio y la evaluación económica nos dio los resultados de TIR de 82% un VAN de S/ 457,887.95 y un B/C de S/ 5.46 esto comprueban la viabilidad y rentabilidad tras el primer año de implementación.

**PALABRAS CLAVES:** Sobrecostos, Ingeniería industrial, Simulación, Evaluación económica

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En las canteras que se dedica a la producción de agregados, se complica buscar la manera de renovar e implementar nuevas metodologías que permitan que esta crezca y de desarrolle, como lo especifica Reyes Z. (2017). Sin embargo, las herramientas que trae la ingeniería industrial pueden lograr que este tipo de empresas productoras aumenten su rentabilidad y eficiencia al momento de llevar a cabo su proceso productivo.

AS Caldas (2019) señala que los principales problemas a los que se enfrenta una cantera de agregados es la seguridad y mantenimiento de su maquinaria, debido a que tienen una notable falta de asesoramiento; lo que por consiguiente afecta a la producción de la planta. Ante esto AS Caldas profundiza en que es indispensable que cada planta pueda tener un plan de mantenimiento especializado en cada tipo de maquinaria.

IC Yopez indica que la estandarización de los procesos en este tipo de productoras y que las metodologías que tienen el fin de optimizar y regular la producción son la mejor opción para la reducción de costos.

La cantera de agregados donde se trabajó el planteamiento de este plan del presente proyecto se ubica en retamas el distrito de Parcoy tiene más de 15 años trabajando con la producción de agregados produciendo (Arena gruesa, Gravilla, Hormigón y Piedra de 8"-12"). Los problemas que generan mayor pérdida a la cantera fueron la pérdida de producción por máquinas paralizadas, los sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores, disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima, por último, los sobrecostos por el alto índice de accidentes laborales. Todo este conjunto de problemas ocasiona que la empresa mensualmente tenga gastos operativos muy elevados, R Gormas y

HC Lopez (2022) afirman la implementación de técnicas renovadoras para solucionar problemas en este tipo de negocios, en el caso de este proyecto sería; un plan que reduzca o elimine estos sobrecostos utilizando herramientas de Lean manufacturing, capacitaciones y análisis de procesos para una mejora continua.

## **1.2. Antecedentes**

Abanto y Guzman (2022) en su proyecto de investigación se plantearon como objetivo principal diseñar y proponer un sistema para reducir desperdicios de material de una cantera no metálica, aplicando la técnica Lean Manufacturing integrando 5s, estandarización y rediseño de layout, al igual que mediante un “mantenimiento preventivo” asegurar el funcionamiento adecuado de la maquinaria. Tras diseñar el plan se realizó una evaluación dando resultados favorables, con el mantenimiento preventivo y las 5s se logró reducir los desperdicios de 135.1 tn/año hasta 55.6 tn/año siendo el ahorro un equivalente monetario de S/ 18,262 al año. En cuanto a la estandarización de métodos se logró un B/C = 2.4 siendo un valor positivo para la inversión que se propone, de igual manera el rediseño de layout otorga un resultado de B/C de 4.6 siendo igualmente positivo para su planteamiento a futuro. Los autores también recomiendan formar un círculo de calidad para fomentar la mejora continua.

Henry Castro (2021) en su proyecto busca evaluar la eficiencia de las plantas de producción de una cantera mediante el indicador OEE (Overall Equipment effectiveness), también se plantea como objetivo central incrementar la eficiencia productiva de la cantera, utilizando herramientas Lean SMED y TPM para poder solucionar las deficiencias que tiene la cantera. Los principales problemas el autor identificó fue los atoros de la máquina chancadora, ausencia de mantenimiento correctivo y deficiente abastecimiento de hormigón.

Después de simular el plan de mejora se logró un 65% de mejora en la eficiencia de la cantera siendo este un resultado aceptable.

Gonzales al et, (2016) para la implementación futura de las herramientas TPM y SMED formará un grupo llamado equipo lean, que se encargará de aplicar correctamente el plan diseñado para combatir con los problemas que cuenta la empresa. El TPM se aplicará con el fin de dar solución a los paros de la maquinaria mientras que la herramienta SMED solucionara las horas perdidas por causas restantes, ya sea problemas logísticos o por mano de obra, la simulación arroja los siguientes resultados; el tiempo de inspección de planta se reduce un 17% los atoros de la chancadora bajan un 95% los mantenimientos correctivos un 80%, la falta de hormigón se reduce a un 70% y la limpieza de colas de fajas un 82%. En cuanto a resultados económicos realizados de maneja trimestral arrojan un VAN de S/610,241.22 y un TIR de 59% afirmando que el proyecto además de ser eficiente en cuanto a la resolución de los problemas también es rentable.

R. Ruiz Y V. López (2017) en su tesis plantean una propuesta tecnológica en la implementación de un sistema de mantenimiento a los equipos, señalando que el factor negativo de la empresa es un inadecuado sistema de mantenimiento aplicado a la maquinaria. Entonces el objetivo a lograr es identificar y seleccionar tipos de mantenimiento a nivel de cada máquina, buscando una mejora continua. Tras la implementación del sistema alterno de mantenimiento se buscó principalmente mejorar la disponibilidad, productividad y estado técnico de toda la maquinaria de la cantera, lo cual reducirá costos a largo plazo, en el periodo que se evaluó el plan, la facturación del costo de mantenimiento es de un 42,24% equivalente a \$ 21,511.26 , es permisible por la situación económica de la empresa, en cuanto a la evaluación económica del proyecto, los autores nos indican que es rentable debido a que el TIR en un 44% es mayor a la tasa de interés.

C. Yepez (2022) en su trabajo de investigación pretende desarrollar un seguimiento del proceso de producción, analizando las áreas operativas, los rendimientos, y evaluando resultados para desarrollar acciones de mejora mediante la estandarización. Como objetivo general la autora se plantea llevar a cabo un análisis y una estandarización en el proceso de producción de agregados en la cantera Santa Rita S.A. La estandarización se logró utilizando el estudio de tiempos y movimientos, ya sea en las actividades de la maquinaria al igual que en las actividades donde interviene la mano de obra. La autora indica que es importante que la empresa siga implementando registros de producción para que cada vez definan con más exactitud su producción mínima. Se indica también que para poder lograr una meta de 60m<sup>3</sup>/h es necesario tener un plan de mantenimiento mantener una mejora continua.

### **1.3. Bases Teóricas**

#### **- Mantenimiento productivo total**

La aplicación del TPM en las industrias se registró por primera vez en 1971, esta es una filosofía japonesa que se orienta en la maximización de indicadores de eficiencia y productividad lo que ayuda a la reducción de pérdidas asociadas a fallas en la maquinaria, tiempos de inactividad y defectos de producción, P Willmott y D McCarthy (2001). Esta filosofía se centra en la participación de todos los empleados, desde operadores hasta directivos. Esta herramienta cuenta con 8 pilares los cuales son; mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejoras enfocadas, mantenimiento de calidad, formación, gestión de ciclo de vida de equipos, seguridad, salud y medio ambiente. Los cuales deben aplicarse de la manera adecuada y sincronizada para su correcta aplicación en ámbitos industriales Mohanty, Rath y Jena (2022). El TPM busca formar una cultura organizacional orientada en la excelencia

operativa a través de la mejora continua y la maximización del rendimiento de los equipos de producción.

- **Metodología 5'S**

Tiene un origen japonés, esta filosofía tiene muchos autores que complementan su explicación, su creación se atribuye a las industrias japonesas, principalmente a la empresa TOYOTA, la cual lleva muchos años aplicándola en sus procesos de manufactura. J. Dorbessan (2006) define a las 5'S como una herramienta que desarrolla una nueva forma de realizar las tareas, mediante una mejor organización, también se expresa que las 5'S provienen de palabras las cuales, en la transcripción fonética de los ideogramas japoneses al alfabeto latino, comienzan con "S" (Seiri – Separar, Seiton – Ordenar, Seiso – Limpiar, Seiketsu – Estandarizar y Seiketsuke – Autodisciplina)

- **Just in time**

Esta metodología se traduce al español como justo a tiempo. L. Padilla (2010) conceptualiza a esta herramienta como una técnica que tiene el fin de evitar problemas de desequilibrio de existencias, exceso de equipos y operarios, esta herramienta implementa sistemas flexibles que en la línea de manufactura se produzcan piezas o productos necesarios en el tiempo necesario, es decir; se deben tener la materia prima necesaria para fabricar el producto necesario.

- **Seguridad, salud y medio ambiente**

SSOMA se define como una amalgama de componentes dinámicos cuyo propósito fundamental es establecer una política y cultura de seguridad, así como metas definidas en materia de seguridad y salud laboral. Esta herramienta se apoya en técnicas y materiales con el fin de reducir los accidentes o impacto

ambiental de las operaciones de las empresas, una gestión adecuada de SSOMA no solo contribuye al bienestar de los trabajadores y al cumplimiento de regulaciones legales sino también a la mejora de productividad, fortalece la reputación de la responsabilidad social de la empresa y reduce los costos asociados a accidentes, enfermedades laborales.

#### **1.4. Definición de términos**

##### **- Diagrama de operaciones**

LM Manene (2011) define a los diagramas de operaciones como representaciones graficas de la secuencialidad de las rutinas simples en una línea de producción, está facilita la comprensión de los trabajos que se llevan a cabo, ayudando a la estandarización de estos. También señala que en la actualidad las industrias y empresas usan este instrumento para; realizar cualquier método o sistema que tenga un desarrollo frecuente.

##### **- Análisis de trabajo seguro**

Esta herramienta es una medida proactiva que las empresas utilizan para la evaluación riesgos de seguridad, generalmente se utilizan en fábricas industriales, en obras de construcción civil, minería, etc. Rozenfeld, Sacks, Ronsenfeld y Baum, (2010). Esta herramienta tiene que ser elaborada de la mano de un especialista en seguridad, para ello M Oropesa y L Cremades (2012) resalta la importancia de un liderazgo en gestión de seguridad industrial, que este pendiente al cumplimiento de lo expuesto en las herramientas o técnicas de seguridad implementadas en el trabajo.

##### **- Iperc**

Es la abreviación de la Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control, ML Lliuya (2019) define al IPERC como una herramienta utilizada en un proceso sistemático para identificar peligros, evaluar riesgos e implementar controles adecuados que reduzcan los riesgos a niveles establecidos acorde a las normas legales de cada industria. Según el artículo 40 del DS 024-2016- EM los trabajadores deben “Conocer los peligros y riesgos existentes en el lugar de trabajo que puedan afectar su salud o seguridad a través de IPERC de línea y el IPERC continuo; así como de la información proporcionada por el supervisor”.

WS Aguilar (2022) señala la importancia fundamental para garantizar la seguridad y salud del personal abordando proactivamente los riesgos laborales, promoviendo la cultura de la seguridad contribuyendo activamente en la minimización de accidentes y lesiones. Esto se logra aplicando herramientas de seguridad como el IPERC

- **Cursograma analítico de operaciones**

Es una herramienta utilizada por la ingeniería industrial en la gestión de procesos para representar de manera gráfica las actividades y los flujos de información dentro de un proceso de manufactura, el cursograma se representa las actividades mediante símbolos y se establecen relaciones entre ellas mediante flechas, esto ayuda a identificar cuellos de botella para mejorar la área en cuestión y ante esto desarrollar estrategias para optimizar estos procesos, sin perder la calidad de fabricación del producto. J Caballero y D Aponte (2024)

- **Software ProModel**

Es un software de simulación utilizado para simular sistemas complejos en una variedad industrial, ya sea en manufactura, logística, etc. Permite crear modelos virtuales de procesos, sistemas y operaciones para luego analizar el funcionamiento en diferentes escenarios. Esto puede ayudar a la optimización de procesos, mejorar eficientemente las operaciones reduciendo costos tomando decisiones informadas. E Dunna, H Reyes y L Barrón (2006)

- **Dashboard**

Los dashboard son herramientas que sirven para agrupar, centralizar, simular y proporcionar una visualización dinámica de información importante de datos, esto ayuda a la toma de decisiones y es clave en el proceso de análisis de datos C Viera, J Borrego y C Viera (2021). Los dashboard pueden ser personalizados según la necesidad, A Vasquéz (2018).

- **Sistema Westinghouse**

Niebel (2009) define al sistema Westinghouse como una herramienta desarrollada en la empresa Westinghouse Electric Corporation, históricamente apporto contribuciones significativas a la industria y a la ingeniería de procesos. Este sistema ayuda con la estandarización de métodos, mejora continua optimizando la producción y reduciendo costos. Para estandarizar los tiempos de cada proceso, el cálculo de Westinghouse tiene fases las cuales son:

**A. Cálculo de desempeño**

Estos se miden a través de valores predeterminados. Habilidad, esfuerzo, condición y consistencia son los factores por los cuales se mide el rendimiento del operario en cada proceso donde este intervenga.

En el factor de habilidad los grados son: Deficiente (F1=-0.16), (F2=-0.22), Aceptable (E1=-0.05), (E2=-0.10), Regular (D=0), Bueno (C1=0.06), (C2=0.03), Excelente (B1=0.11), (B2=0.08), Extrema (A1= 0.15), (A2=0.13).

El factor esfuerzo cuenta con los grados de: Deficiente (F1=-0.12), (F2=-0.17), aceptable (E1=-0.04), (E2=-0.08), Regular (D=0), Bueno (C1=0.05), (C2=0.02), Excelente (B1=0.10), (B2=0.08), Extrema (A1= 0.13), (A2=0.12).

En el factor de condiciones los grados son: Deficiente (F=-0.07), Aceptable (E=-0.03), Regular (D=0), Bueno (C=0.02), Excelente (B=0.04), Ideal (A= 0.06).

El Factor de consistencia tiene los grados de: Deficiente (F=-0.04), Aceptable (E=-0.02), Regular (D=0), Bueno (C=0.01), Excelente (B=0.03), Perfecta (A= 0.04).

## **B. Toma de tiempos**

Miño y Moyano (2019) sugieren que la toma de tiempos para desarrollar el sistema Westinghouse, consiste en cronometrar el tiempo en el que se realiza cada a actividad del proceso de fabricación.

## **C. Cálculo del tiempo normal**

Niebel (2009) para encontrar el tiempo normal, debemos encontrar primero el tiempo observado el cual es la sumatoria del tiempo de las muestras entre la cantidad de muestras.

$$Tn = To \times F.V. \quad (01)$$

Donde:

To= tiempo observado

F. V= Factor de valorización

El factor de valorización se encuentra realizando la sumatoria que se encontró realizando el cálculo de desempeño, las condiciones de este pueden variar según el personal y las condiciones de la empresa.

#### **D. Suplementos**

Los suplementos son un elemento clave para encontrar los tiempos estándares, según la organización internacional del trabajo designa que la holgura debe ser representada en el cálculo del sistema Westinghouse, ante esto designa valores para cada suplemento, estos valores se pueden visualizar en el anexo 4, según las condiciones del trabajo se colocan los suplementos correspondientes con su respectivo valor.

#### **E. Cálculo del tiempo estándar**

Carvajal (2014) identifica como tiempo estándar al tiempo requerido para que un operario plenamente calificado, trabajando a un ritmo normal lleve a cabo una operación.

Para calcular el tiempo estándar con Westinghouse se utiliza la siguiente formula:

$$Te = \frac{Tn}{(1-VS)} \quad (02)$$

Donde:

Tn= Tiempo normal

VS = Valor del suplemento calculado

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto del plan de mejora empleando herramientas de ingeniería industrial en los costos operativos de la cantera de agregados de Retamas, Parcoy 2023?

#### **1.5. Objetivos**

Determinar el impacto del plan de mejora empleando herramientas de ingeniería industrial en los costos operativos de la cantera de agregados de Retamas, Parcoy 2023.

#### **1.6. Objetivos específicos**

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de la cantera de agregados.
- Realizar una selección de herramientas de ingeniería industrial para el plan de mejora.
- Diseñar el plan de mejora para reducir los costos en la producción.
- Realizar la simulación del plan de mejora.
- Evaluar el impacto económico del plan de mejora propuesto en la Cantera el Encanto.

#### **1.7. Hipótesis**

El Plan de mejora empleando herramientas de ingeniería industrial reduce en un 30% los costos operativos de una cantera de agregados en Retamas, Parcoy 2023.

#### **1.8. Justificación**

Este tipo de empresas no tuvieron en cuenta los altos costos que conlleva su proceso productivo, pero realizar un análisis detallado de las pérdidas que tienen mensualmente la pérdida se convierte en un problema muy grave para la situación económica de la empresa. El presente proyecto nace de la necesidad de afrontar los problemas operativos que tiene la

empresa, con el fin de disminuir o eliminar los sobre costos. El plan para ejecutar contara con herramientas de ingeniería que solucionara los impactos negativos de cada problemática que afronta la Cantera el Encanto, cada herramienta debe cumplir con las restricciones y condiciones que nos impone la empresa, dichas restricciones deben estar contempladas en tiempo, inversión, alcance y recurso humano.

El presente proyecto tiene utilidad del tipo metodológica, ya que es posible que la metodología y planificación pueda ser implementada en futuras investigaciones que utilizan las mismas metodologías, es importante recalcar que la investigación es factible ya que la empresa cumple con los recursos que cada herramienta exige para que pueda realizarse.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación es denominado como Pre – test y Post – test sin grupo testigo, en donde se plasma un punto inicial de referencia para analizar el comportamiento de la variable dependiente antes de implementar los cambios. El tipo de investigación se orienta a la ser Pre – experimental. Otzen y Manterola (2015), resaltan que un diseño preexperimental por lo general esta aplicado a las ciencias sociales, educación y medicina, sin embargo, también indican que se puede aplicar en proyectos de investigación. La Pre – experimentación se denomina así porque se tiene un control mínimo ante un diseño experimental real, es decir este tipo de diseño se utiliza como un primer acercamiento al problema de investigación. Con el objetivo principal de reducir sobrecostos en la producción de la Cantera de agregados se consideró la investigación realizada por Rodríguez, Caín (2019) donde su objetivo fue la reducción de sobrecostos utilizando herramientas lean manufacturing ya que este logro la reducción del sobrecosto en un 36.35%

El diseño de investigación se representa de la siguiente manera.

**Tabla 1**

*Diseño de contracción de hipótesis.*

$G_m$	$O_1$	X	$O_2$
Muestra	Pre - Test	Propuesta	Post Test

Donde:

Gm: Muestra

X: Variable independiente, herramienta de ingeniería para la reducción de sobrecostos en la cantera de agregados.

O1: Pre test, Costos de producción actuales, antes de aplicar las herramientas de ingeniería.

O2: Post test, Costos de producción después de aplicar las herramientas de ingeniería.

## **2.2. Población y muestra**

### **Población**

Cantera de agregados en Retamas – Parcoy

### **Muestra**

Procesos productivos de la cantera de agregados en Retamas – Parcoy.

## **2.3. Técnicas e instrumentos**

### **Técnicas**

- Visita in situ
- Observación directa
- Tomas fotograficas
- Toma de tiempos
- Modelado de procesos

### **Intrumentos**

- Google academico
- Repositorio UPN
- Software Promodel
- S. Westinghouse

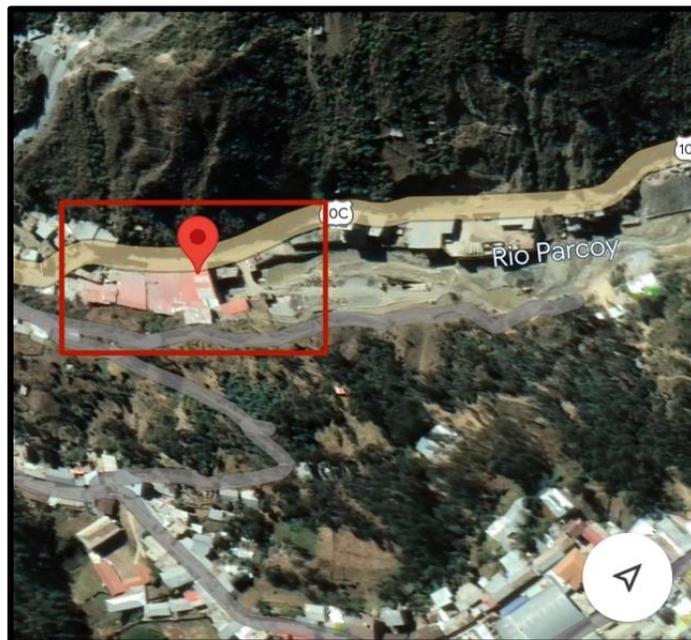
## 2.4. Procedimientos

### 2.4.1. Generalidades de la empresa

La empresa Cantera el Encanto lleva más de 15 años trabajando en la zona del distrito de Parcoy, esta se dedica a la explotación de agregados utilizados principalmente en la construcción, la empresa ha sido principal abastecedor de material de construcción para las principales obras de la zona, ya sean obras mineras u obras civiles. Lo que significa que sus productos cuentan con una buena calidad, cuyos productos son (Hormigón, arena gruesa, gravilla, piedra).

#### Figura 1

*Ubicación de la cantera de agregados. (Google Maps).*



**Fuente:** Imagen capturada de Google maps ( $8^{\circ} 01'31.4''$  S  $77^{\circ}28'22.9''$  W)

#### Misión

Somos una empresa privada que busca una mejora continua al igual que satisfacer la demanda de agregados para construcción civil de la gran parte del distrito

de Parcoy-Pataz, contamos con personal trabajador y maquinaria altamente confiable para garantizar un producto de buena calidad. Tenemos la misión de ser líderes en la comercialización y producción de agregados, respetando y valorando el medio ambiente y siempre optando por métodos más limpios y seguros. Para así tener un prestigio perenne y tener clientes de alta importancia comercial.

### **Visión**

Ser una empresa líder en la comercialización de agregado a nivel del ande liberteño. Todo esto implementando valor agregado a nuestros productos a la vez que siempre pensar en el medio ambiente para seguir manteniendo nuestro crecimiento sostenible.

#### **2.4.2. Diagnóstico de la empresa**

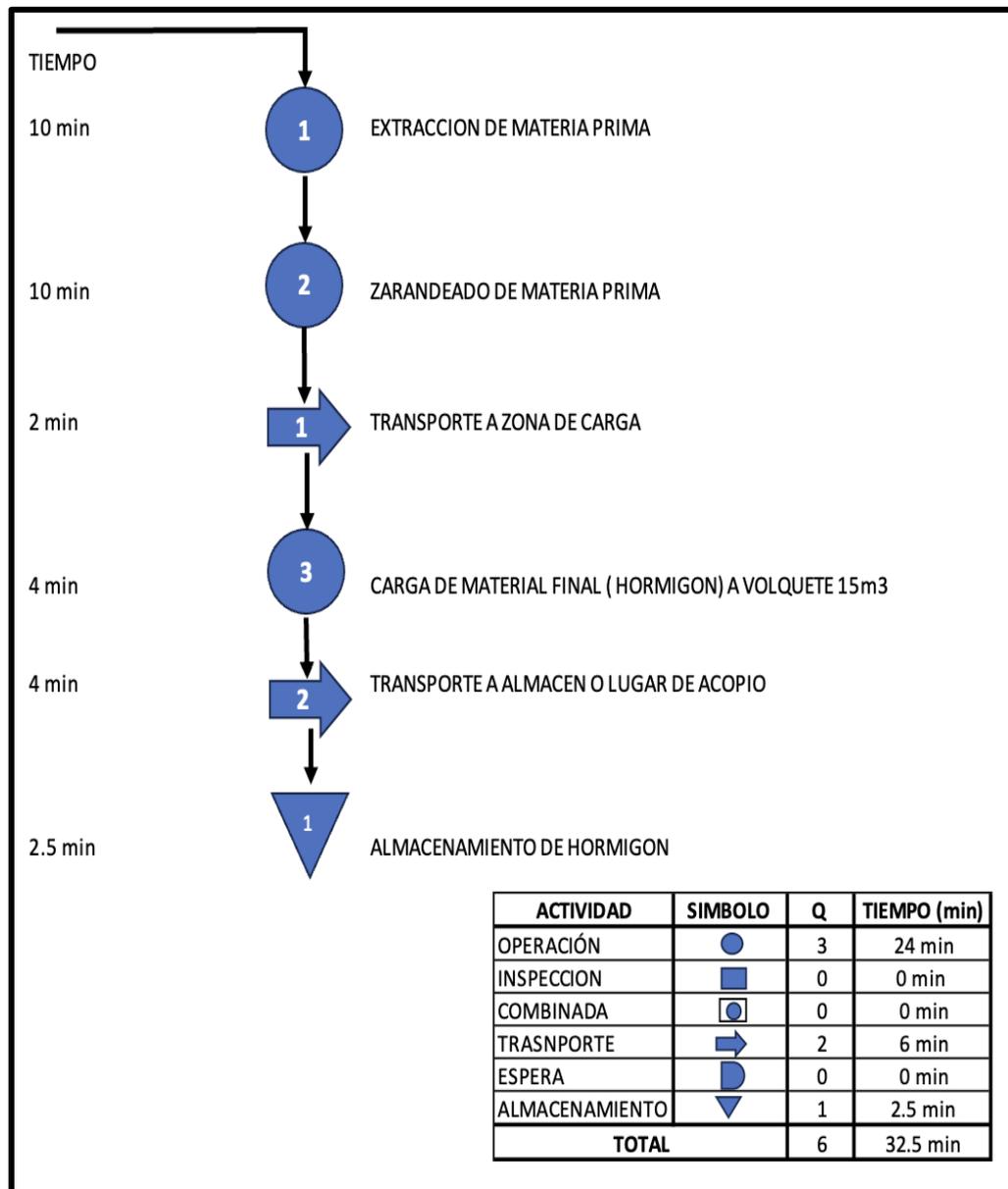
Para la identificación de los problemas que la empresa posee, se utilizaron las herramientas del diagrama de Ishikawa y el diagrama de operaciones. Para encontrar las causas raíz y el problema principal que tiene la empresa (altos costos operativos en la cantera de agregados).

#### **Diagrama de operaciones**

Para esta herramienta de análisis fue importante la visita in situ al igual que estudiar los procesos que se necesitan para llegar al producto final, la empresa cuenta con los siguientes productos (hormigón, gravilla, arena gruesa y piedra de 8-12”) lo que quiere decir que cada uno de sus productos cuenta con un diferente método de producción. Todo esto se refleja en las siguientes figuras.

**Figura 2**

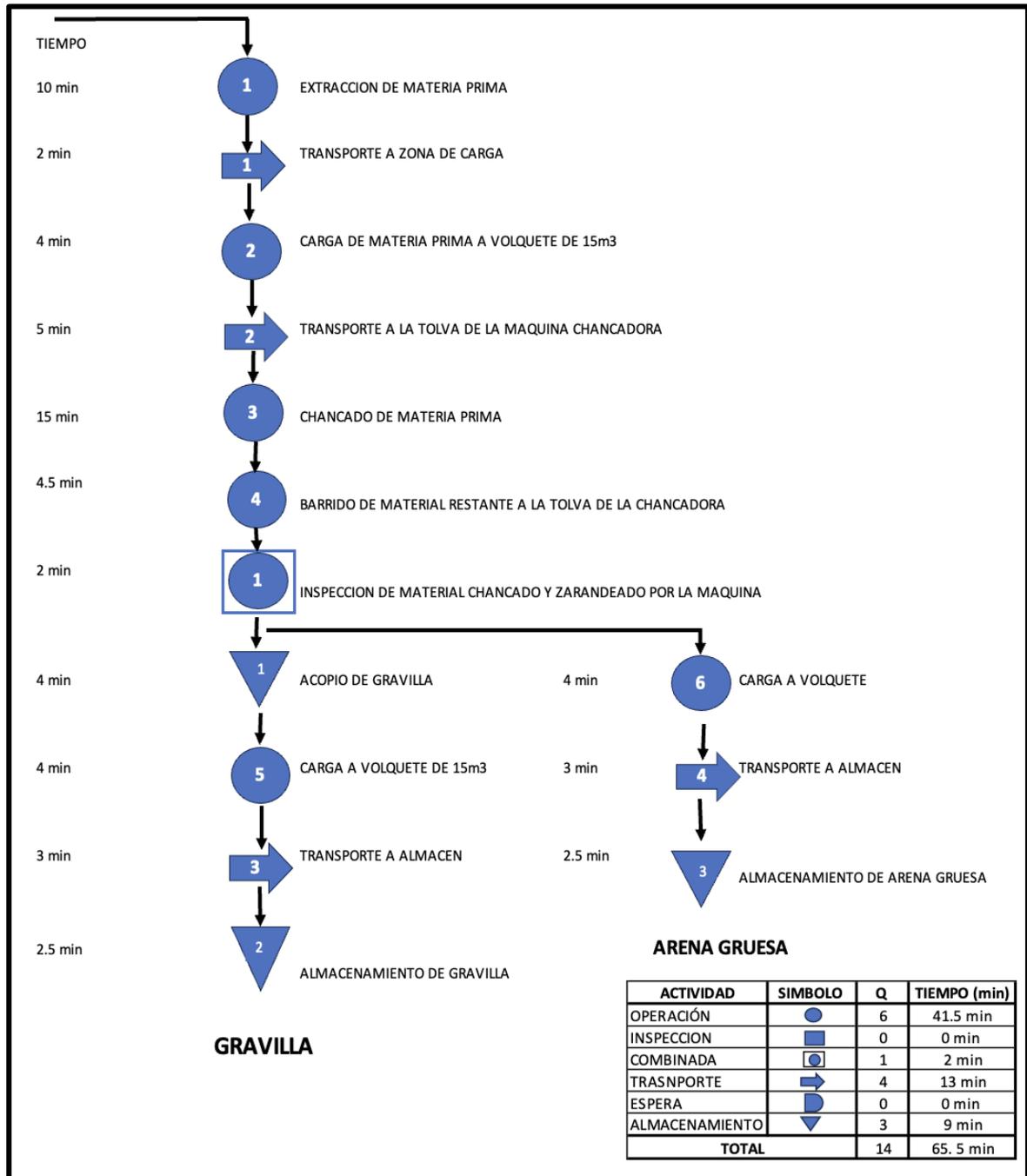
*Diagrama de operaciones del hormigón (15m<sup>3</sup>).*



**Nota:** En la figura se observa el proceso que conlleva la producción de hormigón, el proceso tarda alrededor de 32.5 minutos para producir 15 cubos de material.

**Figura 3**

*Diagrama de operaciones de arena gruesa y gravilla (30m<sup>3</sup>)*

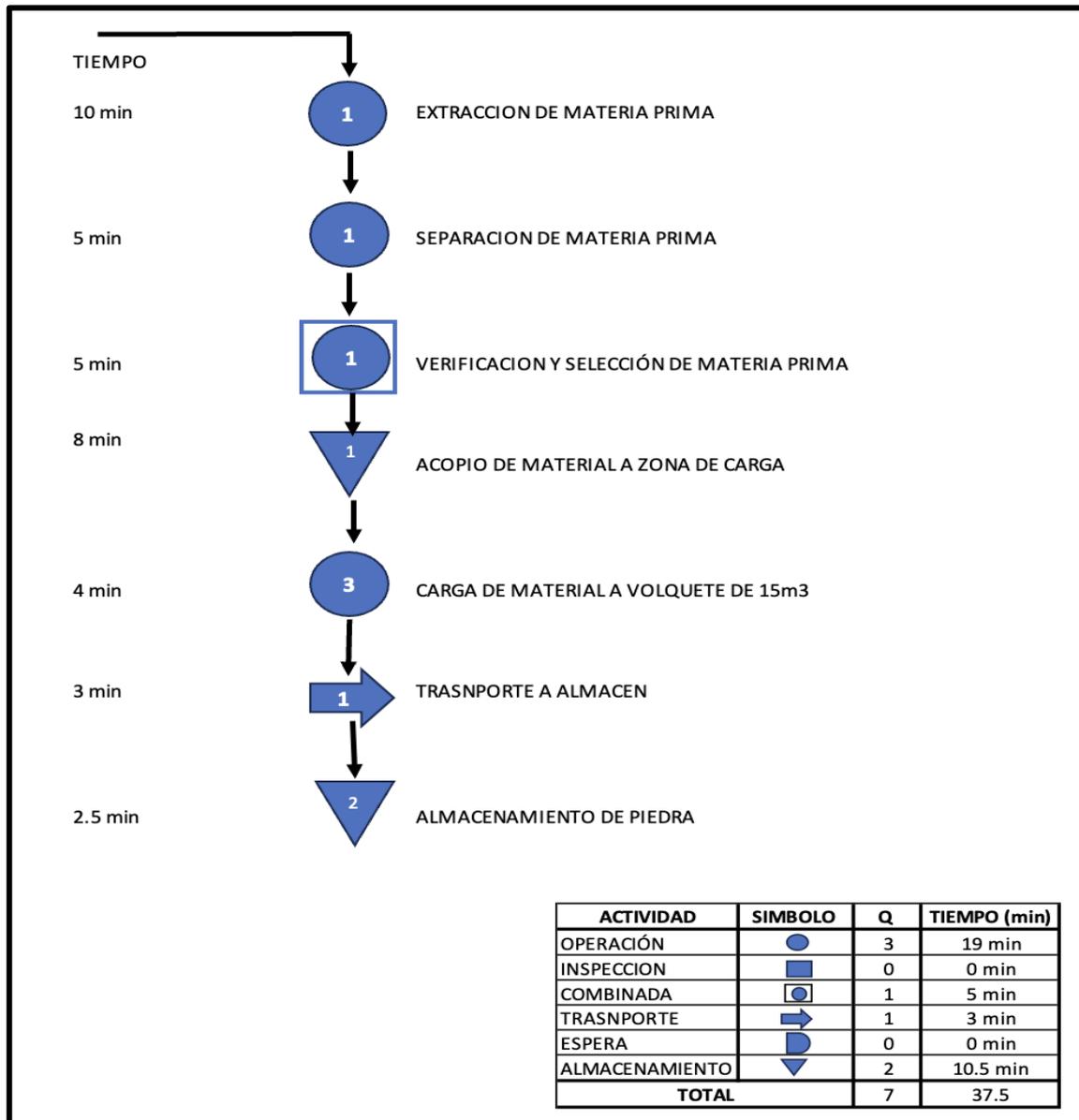


**Nota:** En la figura podemos observar el proceso de producción de la gravilla y arena gruesa su proceso es bastante parecido, sin embargo, después de la inspección la arena gruesa pasa

a ser cargada al volquete mientras que la gravilla aun es acopiada por las fajas en una zona de carga. El proceso en general de estos 2 productos tarda un promedio de 65.5 minutos.

**Figura 4**

*Diagrama de operaciones de piedra de 8"-12" (10m3).*



**Nota:** en este proceso se involucra más la mano de obra debido a que para la selección y separación de la roca por tamaños es necesario que lo hagan los trabajadores, debido a esto

el proceso para producir 10m<sup>3</sup> del material es bastante, sin embargo, esto puede variar según el factor climático y a la materia prima.

### FODA

El FODA al ser una herramienta de análisis nos ayudara a reconocer el lado positivo y negativo de la empresa, para elaborar el siguiente recuadro fue necesario aplicar cuestionarios a los trabajadores, los cuales ayudaron al llenado del FODA.

**Figura 5**

*FODA de la Cantera el Encanto.*

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abundancia de materia prima</li> <li>- Maquinaria capaz, para la extracción y producción de agregados.</li> <li>- Certificación</li> <li>- Mano de obra comprometida con el trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento de la demanda de nuestros productos.</li> <li>- Oras públicas y privadas en la zona.</li> <li>- Contratos con mineras y empresas constructoras.</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquinaria sin adecuado mantenimiento</li> <li>- competencia informal</li> <li>- alto índice de accidentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desastres naturales</li> <li>- Delincuencia</li> <li>- Coyuntura política</li> <li>- Disminución de la calidad de materia prima</li> <li>- Accidentes inesperados</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia basada en la información de la cantera de agregados.

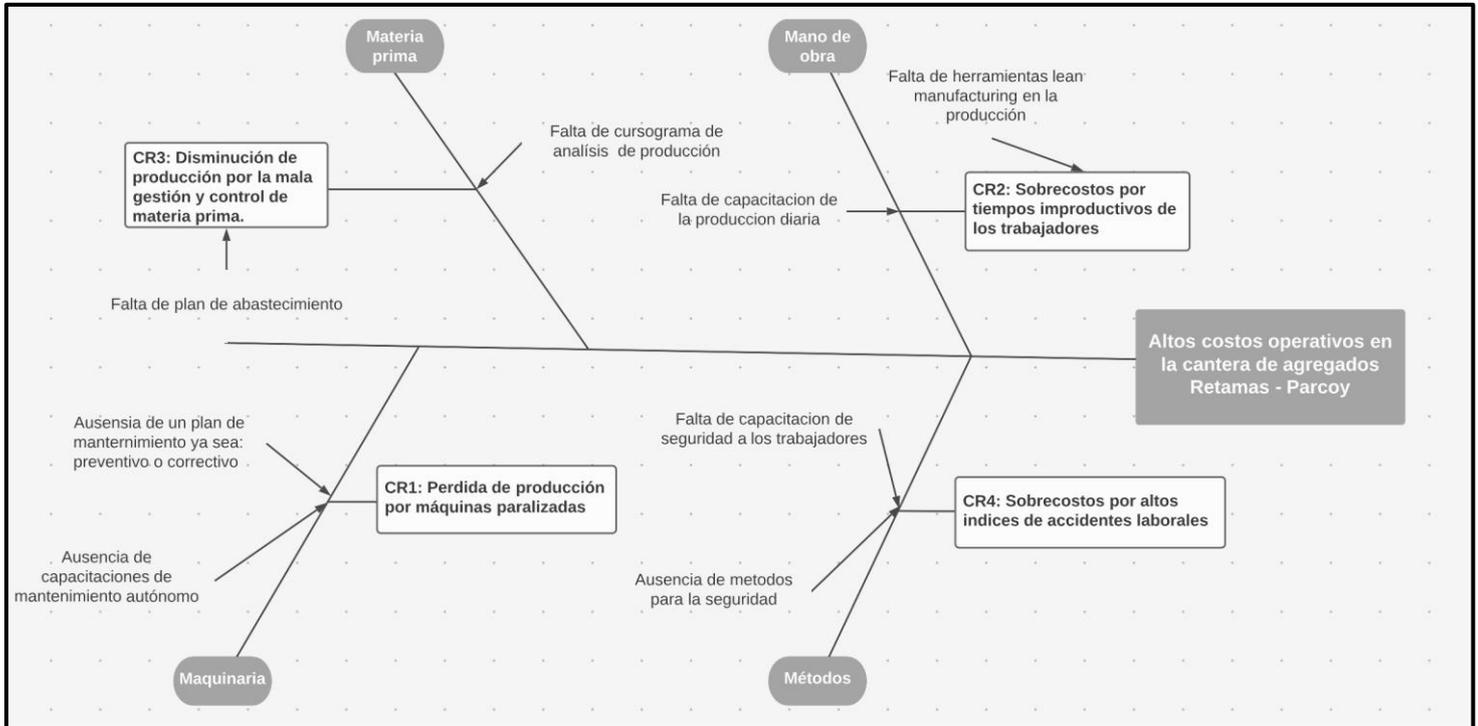
### Diagrama de Ishikawa

Esta técnica nos ayudó a identificar los problemas que afectan a la empresa principalmente a la parte económica, que son los sobrecostos operativos por malas prácticas, ya sea mano de obra, métodos, maquinaria o materia prima, gracias a esta

herramienta se puede priorizar los problemas que verdaderamente tienen que ser prioridad para dar solución.

**Figura 6**

*Diagrama de Ishikawa de la Cantera el Encanto.*



**Fuente:** Elaboración propia basada en la información de la cantera de agregados Retamas – Parcoy.

### 2.2.3. Formulación y cálculo de indicadores

En el cálculo de indicadores del proyecto se van a calcular 4 indicadores, correspondientes a las causas raíz.

CR1: El indicador a calcular es el porcentaje de horas en máquinas paradas, y se calcula dividiendo el total de horas de máquina paralizada que se cuantifica en montos monetarios; como el material dejado de producir por fallo de máquina, esto se divide entre el total de material de producción diaria.

CR2: El indicador que se presenta es el porcentaje de horas improductivas y se divide entre la cantidad de horas laborales que es 8 horas al día, para este cálculo se realiza un promedio en las horas improductivas; el promedio se toma de los 10 días de muestra.

CR3: El indicador es el porcentaje de desperdicio de material, se calcula dividiendo el desperdicio total (promediando los 10 días de muestra), entre el material administrado, tengamos en consideración que la cantidad de material administrado está en un promedio de 290 m<sup>3</sup> a 300m<sup>3</sup> de materia prima al día.

CR4: El indicador es el porcentaje de horas muertas por incidentes, este se calcula dividiendo las horas muertas por fallos en la seguridad entre el total de horas de la jornada laboral. Tener en cuenta que para el cálculo se promedia la muestra de 10 días de los incidentes ocurridos.

**Tabla 2**

*Matriz de indicadores.*

N° CR	Descripción	Indicador	Herramientas	Formula	Valor actual	Perdida Mensual	Perdida meta	Beneficio
CR1	Perdida de producción por maquinaria paralizada	% de maquinas paralizadas	TPM	$\frac{\text{Material dejado de producir por fallo de máquina}}{\text{Material estandar de producción}} \times 100$	14%	S/ 40,351.20	S/ 23,064.40	S/ 17,298.30
CR2	Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores	% de horas improductivas	5'S	$\frac{\text{Horas improductivas}}{\text{Total horas de jornada laboral}} \times 100$	28%	S/ 23,220.00	S/ 14,927.14	S/ 8,292.86
CR3	Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima	% De desperdicio de material	Just in Time	$\frac{\text{Desperdicio de material}}{\text{Total de material administrado}} \times 100$	6%	S/ 35,088.00	S/ 17,544.00	S/ 17,544.00
CR4	Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales	% De horas muertas por incidentes	Plan SSOMA	$\frac{\text{Horas muertas por fallo de seguridad}}{\text{Total horas de jornada laboral}} \times 100$	24%	S/ 20,124.00	S/ 12,577.50	S/ 7,546.50

## 2.5. Solución de la propuesta

### 2.5.1. Descripción de causas raíces y monetización.

#### CR1: Pérdida de producción por maquinaria paralizada

Para elaborar el costeo de este problema es enfocar la cantidad de material que se deja de producir diariamente debido a la paralización de la maquinaria ocasionada por maquinaria descompuesta. Como valor promedio por cubo de material terminado, tenemos S/ 68.80, esto es multiplicado por el material que se dejó de producir a causa del problema ya mencionado, se debe tener en cuenta que la meta que actualmente maneja la empresa de agregados es de 270 metros cúbicos, según esto se logra encontrar el valor perdido en los 10 días en los cuales se realizaron los análisis.

**Tabla 3**

*Monetización de causa raíz 1.*

Día	Cantidad de material	Material dejado de producir	Valor de material promedio	Valor perdido
1	251	19	S/ 68.80	S/ 1,307.20
2	250	20	S/ 68.80	S/ 1,376.00
3	249	21	S/ 68.80	S/ 1,444.80
4	249	21	S/ 68.80	S/ 1,444.80
5	250	20	S/ 68.80	S/ 1,376.00
6	252	18	S/ 68.80	S/ 1,238.40
7	251	19	S/ 68.80	S/ 1,307.20
8	254	16	S/ 68.80	S/ 1,100.80
9	251.5	18.5	S/ 68.80	S/ 1,272.80
10	247	23	S/ 68.80	S/ 1,582.40
		Total		S/ 13,450.40
		Pérdida mensual		S/ 40,351.20

**Fuente:** Información recolectada de la cantera de agregados Retamas - Parcoy.

El costeo se realiza recolectando información de 10 días de visita a la planta, para ello es importante decir que el estándar de producción diaria es de 270 metros cúbicos de material. Para calcular el monto perdido en estos días se realiza haciendo el conteo final de producción y así obtenemos el material que se dejó de producir según el estándar diario, y esta cantidad pasara a ser multiplicada por el valor del metro cubico de material promedio que es de s/. 68.80, así obtendremos el valor que se pierde diariamente y por último para encontrar el monto mensual se multiplica el total por 3. Encontrando así que el monto proyectado a perder en un mes es de S/. 24,768.00

**CR2: Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores.**

Para el costeo de este problema fue necesario calcular el material producido por hora y las horas que el personal tiene momentos de ocio.

**Tabla 4**

*Monetización de causa raíz 2.*

Día	Horas improductivas	Material dejado de producir	Valor perdido
1	2	10	S/ 688.00
2	1	5	S/ 344.00
3	3	15	S/ 1,032.00
4	2.5	12.5	S/ 860.00
5	2	10	S/ 688.00
6	3	15	S/ 1,032.00
7	2	10	S/ 688.00
8	1.5	7.5	S/ 516.00
9	2.5	12.5	S/ 860.00
10	3	15	S/ 1,032.00
	Total		S/ 7,740.00
	Perdida mensual		S/ 23,220.00

**Fuente:** Información recolectada de la cantera de agregados Retamas - Parcoy.

Para esto hay que tener en cuenta que la producción de mano de obra es de 5 metros cúbicos entonces se multiplica por las horas de ocio que tienen los trabajadores diariamente, mediante esto se procede a multiplicar el material dejado de producir por el valor promedio del material. Obteniendo así el valor que pierde la empresa en los 10 días que duro el estudio y al multiplicarlo por 3 se encuentra la perdida mensual.

**CR3: Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima.**

Para el costeo de este problema es necesario analizar el desperdicio que se genera de cada producto (hormigón, arena gruesa, gravilla y piedra). Según la cantidad de desperdicio que se encontro, se pasa a multiplicar por el valor promedio que es de S/68.80 por metro cubico desperdiciado.

**Tabla 5**

*Monetización de problema 3.*

Día	D. hormigón	D. arena gruesa	D. gravilla	D. piedra	Valor perdido
1	7	4	4	1	S/ 1,100.80
2	4	3	5	1	S/ 894.40
3	6	4	6	2	S/ 1,238.40
4	3	5	5	1	S/ 963.20
5	7	2	6	2	S/ 1,169.60
6	6	4	4	2	S/ 1,100.80
7	7	3	5	1	S/ 1,100.80
8	8	4	6	1	S/ 1,307.20
9	7	5	4	1	S/ 1,169.60
10	10	6	6	2	S/ 1,651.20
Sub Total (muestra)					S/ 11,696.00
Perdida mensual					S/ 35,088.00

**Fuente:** Información recolectada de la cantera de agregados Retamas - Parcoy.

Para encontrar el monto de valor perdido se analiza la cantidad de desperdicio que genera la producción y este desperdicio se suma diariamente, para ser multiplicado por el valor de material promedio. Para encontrar el valor diario, se suma la cantidad de desperdicio y se multiplica por S/ 68.80 el cual es el valor promedio del producto. Al final se realiza una sumatoria de los montos diarios durante 10 días y al final lo multiplicamos por 3 para obtener el monto mensual y este problema se obtuvo un monto perdido de S/. 35,088.00.

#### **CR4: Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales.**

Para costear este problema se calcula el número de accidentes que se tuvo en el día durante 10 días, al igual que el tiempo que se tardó en retomar la producción y el material que se dejó de producir.

**Tabla 6**

*Monetización del problema 4.*

Día	Número de incidentes/accidentes	Horas muertas	Material dejado de producir	Valor perdido
1	1	3.5	17.5	S/ 1,204.00
2	2	4	20	S/ 1,376.00
3	1	2.5	12.5	S/ 860.00
4	3	5	25	S/ 1,720.00
5	2	1.5	7.5	S/ 516.00
6	1	1	5	S/ 344.00
7	0	0	0	S/ -
8	0	0	0	S/ -
9	2	1.5	7.5	S/ 516.00
10	1	0.5	2.5	S/ 172.00
Total				S/ 6,708.00
Pérdida mensual				S/ 20,124.00

**Fuente:** Información recolectada de la cantera de agregados Retamas - Parcoy.

Para hallar la pérdida mensual que genera el tener accidentes laborales, se realiza una visita a planta durante 10 días, donde se cuenta el número de accidentes y las horas muertas que se general al solucionar estos accidentes, teniendo en cuenta que cada hora perdida se deja de producir 5 metros cúbicos de material y el cubo de material tiene un costo promedio de S/68.80. El material dejado de producir diariamente es multiplicado por el valor promedio del material. Lo que mensualmente nos da un valor de S/. 20,124.00.

### 2.5.2. Selección de herramientas de solución

Después de analizar las causas raíz de los problemas con los que cuenta la empresa, es importante presentar propuestas de solución para poder reducir los costos productivos de la cantera de agregados, las propuestas de solución se agruparán por alternativas y estas a la vez estarán integradas por herramientas y métodos de ingeniería industrial.

**Tabla 7**

*Problemas y herramientas de ingeniería industrial.*

<b>Problema</b>	<b>Herramienta</b>
Perdida de producción por maquinaria paralizada	TPM KAMBAM CAPACITACIÓN DE MANTENIMIENTO
Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores	5s AMEF Takt time
Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima	Lean Thinking VSM Just in time
Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales	5M Pareto Plan de capacitación SSOMA

**Fuente:** Información recolectada de la cantera de agregados Retamas - Parcoy.

### a) Identificación y descripción de restricciones realistas.

Para que se pueda escoger las herramientas adecuadas para la empresa, es importante tomar en cuenta las restricciones realistas, las cuales son puestas por la empresa en cuestión, esto significa que cada herramienta tiene que pasar un filtro de selección cuyos criterios son (costo, tiempo, recurso humano e inversión en equipos)

#### CR1: Perdida de producción por maquinaria paralizada

**Tabla 8**

*Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR1.*

<b>Restricciones Reales</b>	<b>Herramienta A</b>	<b>Herramienta B</b>	<b>Herramienta C</b>
Perdida de producción por maquinaria paralizada	Mantenimiento productivo total	KAMBAM	Plan de capacitaciones de mantenimiento
<b>Costo:</b> Presupuesto para la implementación de las herramientas no debe sobrepasar los 6000 soles.	S/. 4,900.00	S/. 5,250.00	S/. 4,700.00
<b>Tiempo:</b> la Empresa no imparte una herramienta con más de 2.5 meses de ejecución.	2 meses	2.5 meses	3 meses
<b>Recursos Humanos:</b> La empresa evalúa a sus trabajadores la aceptación o el rechazo de la aplicación de las herramientas.	75%	15%	10%
<b>Equipo:</b> La empresa brinda un presupuesto máximo de 5000 soles para equipos.	S/. 2,500.00	S/. 3,700.00	S/. 2,900.00

**Nota:** se puede identificar que la herramienta que más se adapta a las restricciones realistas es el TPM.

Ahora se procede a calcular los costos que cada herramienta tiene con respecto a la causa raíz 1. Esto nos ayudara a identificar cual herramienta cumple con las restricciones de Costo y Equipo.

**Tabla 9**

*Costo de la herramienta TPM.*

Herramienta	TPM
Asesor	S/ 1,500.00
Laptop	S/ 2,500.00
Herramientas	S/ 800.00
Materiales	S/ 100.00
Total	S/ 4,900.00

**Tabla 10**

*Costo de herramienta Kamban.*

Herramienta	Kamban
Asesor	S/ 1,500.00
Laptop	S/ 2,500.00
Tablet	S/ 1,200.00
Materiales	S/ 50.00
Total	S/ 5,250.00

**Tabla 11**

*Costo de herramienta, Plan de capacitación de mantenimiento.*

Herramienta	Plan de capacitación
Asesor	S/ 1,500.00
Laptop	S/ 2,500.00
Proyector	S/ 400.00
Materiales	S/ 300.00
Total	S/ 4,700.00

## CR2: Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores.

**Tabla 12**

*Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR2.*

Restricciones Reales	Herramienta A	Herramienta B	Herramienta C
Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores	Takt time	AMEF	Metodología 5'S
<b>Costo:</b> Presupuesto para la implementación de las herramientas no debe sobrepasar los 5000 soles.	S/. 5,200.00	S/. 5,200.00	S/. 5,000,00
<b>Tiempo:</b> la Empresa no imparte una herramienta con más de 2.5 meses de ejecución.	3 meses	2.5 meses	2 meses
<b>Recursos Humanos:</b> La empresa evalúa a sus trabajadores la aceptación o el rechazo de la aplicación de las herramientas.	25%	20%	65%
<b>Equipo:</b> La empresa brinda un presupuesto máximo de 5000 soles para equipos.	S/. 3,700.00	S/. 2,500.00	S/. 3,700.00

**Tabla 13**

*Costo de Takt time.*

Herramienta	Takt time
Asesor	S/ 1,500.00
Laptop	S/ 2,500.00
Tablet	S/ 1,200.00
Total	S/ 5,200.00

**Tabla 14**

*Costo de herramienta AMEF (Análisis de modos y efecto de fallas).*

Herramienta	AMEF
Asesor	S/ 1,500.00
Laptop	S/ 2,500.00
Personal	S/ 1,200.00
Total	S/ 5,200.00

**Tabla 15**

*Costo de herramienta Metodología 5'S.*

Herramienta	Metodología 5'S	
Asesor	S/	1,300.00
Laptop	S/	2,500.00
Tablet	S/	1,200.00
Total	S/	5,000.00

**CR3: Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima.**

**Tabla 16**

*Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR3.*

Restricciones Reales	Herramienta A	Herramienta B	Herramienta C
Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima	<b>Lean Thinking</b>	<b>VSM</b>	<b>Just in time</b>
<b>Costo:</b> Presupuesto para la implementación de las herramientas no debe sobrepasar los 5000 soles.	S/. 5,250.00	S/.5,300.00	S/. 4,100.00
<b>Tiempo:</b> la Empresa no imparte una herramienta con más de 2.5 meses de ejecución.	2 meses	2.5 meses	2 meses
<b>Recursos Humanos:</b> La empresa evalúa a sus trabajadores la aceptación o el rechazo de la aplicación de las herramientas.	17%	21%	62%
<b>Equipo:</b> La empresa brinda un presupuesto máximo de 5000 soles para equipos.	S/. 2,500.00	S/.3,700.00	S/.2,500.00

**Nota:** En la tabla se puede observar que de las 3 herramientas es más conveniente aplicar un just in time para este problema, ya que cumple con el presupuesto en compra de equipos y presupuesto de implementación por herramienta, al igual que cumple con el tiempo y en cuanto a recurso humano tiene mayor aceptación

**Tabla 17**

*Costo de la herramienta Lean Thinking.*

Herramienta	Lean thinking	
Asesor	S/	1,500.00
Laptop	S/	2,500.00
Personal	S/	1,200.00
Materiales	S/	50.00
Total	S/	5,250.00

**Tabla 18**

*Costo de la herramienta VSM (Value Stream Mapping).*

Herramienta	VSM	
Asesor	S/	1,500.00
Laptop	S/	2,500.00
Tablet	S/	1,200.00
Materiales	S/	100.00
Total	S/	5,300.00

**Tabla 19**

*Costo de herramienta Just in time.*

Herramienta	Just in time	
Asesor	S/	1,500.00
Laptop	S/	2,500.00
Materiales	S/	100.00
Total	S/	4,100.00

#### **CR4: Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales.**

Para frenar el problema de accidentes laborales es conveniente aplicar herramientas de seguridad, ante esto se proponen 3 herramientas que son posiblemente factibles para frenar CR4, sin embargo es importante respetar las restricciones que tiene la empresa

ayudándonos a seleccionar la herramienta que mejor se adapte a estas limitaciones y que cumpla con los objetivos del proyecto.

**Tabla 20**

*Restricciones realistas para las herramientas de solución para CR4.*

<b>Restricciones Reales</b>	<b>Herramienta A</b>	<b>Herramienta B</b>	<b>Herramienta C</b>
Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales.	Metodología 5M	Metodología SG-SST	Plan de capacitación SSOMA
<b>Costo:</b> Presupuesto para la implementación de las herramientas no debe sobrepasar los 5000 soles.	S/.4,300.00	S/.5,300.00	S/. 5,000.00
<b>Tiempo:</b> la Empresa no imparte una herramienta con más de 2.5 meses de ejecución.	2 meses	3 meses	5 meses
<b>Recursos Humanos:</b> La empresa evalúa a sus trabajadores la aceptación o el rechazo de la aplicación de las herramientas.	12%	8%	80 %
<b>Equipo:</b> La empresa brinda un presupuesto máximo de 5000 soles para equipos.	S/.2,500.00	S/3,700.00	S/. 2,900.00

**Nota:** En la tabla se identifica que la mejor herramienta o método para afrontar el problema de los accidentes laborales es un Plan de capacitación SSOMA, sobre todo es la que mejor se adapta a las restricciones de la empresa.

**Tabla 21**
*Costo de Metodología 5M.*

Herramienta	Metodología 5M	
Asesor	S/	1,500.00
Laptop	S/	2,500.00
Materiales	S/	300.00
Total	S/	4,300.00

**Tabla 22**
*Costo de metodología (El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo)*

Herramienta	Metodología SG-SST	
Asesor	S/	1,500.00
Laptop	S/	2,500.00
Tablet	S/	1,200.00
Materiales	S/	100.00
Total	S/	5,300.00

**Tabla 23**
*Costo de capacitación ssoma.*

Herramienta	Plan de capacitación ssoma	
Prevencionista	S/	2,000.00
Laptop	S/	2,500.00
proyector	S/	400.00
Materiales	S/	100.00
Total	S/	5,000.00

**b) Selección de la mejor alternativa**

Para poder escoger las herramientas las cuales aplicaremos para en el desarrollo del proyecto es necesario agruparlas por (Alternativas) cada alternativa será agrupada según la compatibilidad de estas. Se debe tener en cuenta que la empresa nos impuso la restricción del tiempo, el cual no debe exceder a los 6 meses, al igual que la inversión, esta no debe superar los S/. 25,000.00, en cuanto al recurso humano, más del 60% del

personal debe estar de acuerdo en que se aplique la herramienta y en cuanto a los equipos, la empresa tiene un límite de S/.15,000.00 para invertir.

### **Agrupación de herramientas.**

Es evidente que no todas las herramientas propuestas serán aplicadas debido a que la inversión se verá aumentada, al igual que sería innecesario y poco eficiente.

### **Alternativa 1**

Para iniciar las herramientas que se agruparan para esta alternativa serán (Mantenimiento productivo total, Metodología 5'S, Just in time y Plan de capacitación SSOMA), realizando una sumatoria de la inversión total esta nos da un costo total de S/.19,000.00 en cuanto al tiempo toda la alternativa está contemplada en realizarse en 5.5 meses, mientras que en el parámetro de recurso humano, el personal aprueba esta alternativa con una media de 70.5%, por último el total de inversión en equipos es de S/.11,600.00 contemplando, Laptops, una Tablet y un proyector.

### **Alternativa 2**

Para la alternativa 2 se toma en cuenta agrupar las herramientas (Kamban, Takt time, VSM y Metodología SG-SST), se calculó el costo total y nos resulta un monto de S/. 19,900.00, de acuerdo con el tiempo este se podrá aplicar en 8 meses, la media de aprobación en el recurso humano de esta alternativa es de 17.25% en cuanto a los equipos, estos suman un valor de S/. 13,600.00 en 4 laptops y 3 tablets.

### **Alternativa 3**

La alternativa 3 se compone de las herramientas (Plan de capacitación de Mantenimiento, AMEF, Lean Thinking y Metodología 5M) la sumatoria del costo total de esta alternativa es de S/. 19,450.00 esta tardara en aplicarse en 7,5 meses, mientras que, en el parámetro de recurso humano, esta con 12.25% de aprobación y para

finalizar los costos en equipos es de S/. 10,400.00 monto que corresponde a 4 laptops y un proyector.

Una vez agrupadas las herramientas es importante analizar cuál de estas es la mejor alternativa, además de que cumplan las restricciones. Es importante entender que alternativa será definida como grupo de herramientas que son posibles candidatas para resolver los costos de manufactura en la empresa de agregados.

**Tabla 24**

*Restricciones realistas para las alternativas.*

<b>Restricciones reales</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<b>Altos costos en el área de producción</b>	TPM, Metodología 5'S, just in time y plan de capacitación SSOMA.	Kamban, takt time, VSM, Metodología SG-SST	Capacitación de mantenimiento, AMEF, Lean Thinking, Metodología 5M
<b>Costo:</b> Presupuesto para la implementación de las herramientas no debe sobrepasar los 22,000.00 soles	S/. 19,000.00	S/. 19,900.00	S/. 19,450.00
<b>Tiempo:</b> la empresa dispone de 6 meses para la aplicación de las herramientas de mejora.	5.5 meses	8 meses	7.5 meses
<b>Recurso humano:</b> porcentaje de aprobación del personal de la empresa	70.5%	17.25%	12.25%
<b>Equipo:</b> La empresa brinda un presupuesto máximo de 15,000.00 soles para equipos.	S/. 11,600.00	S/. 13,600.00	S/. 10,400.00

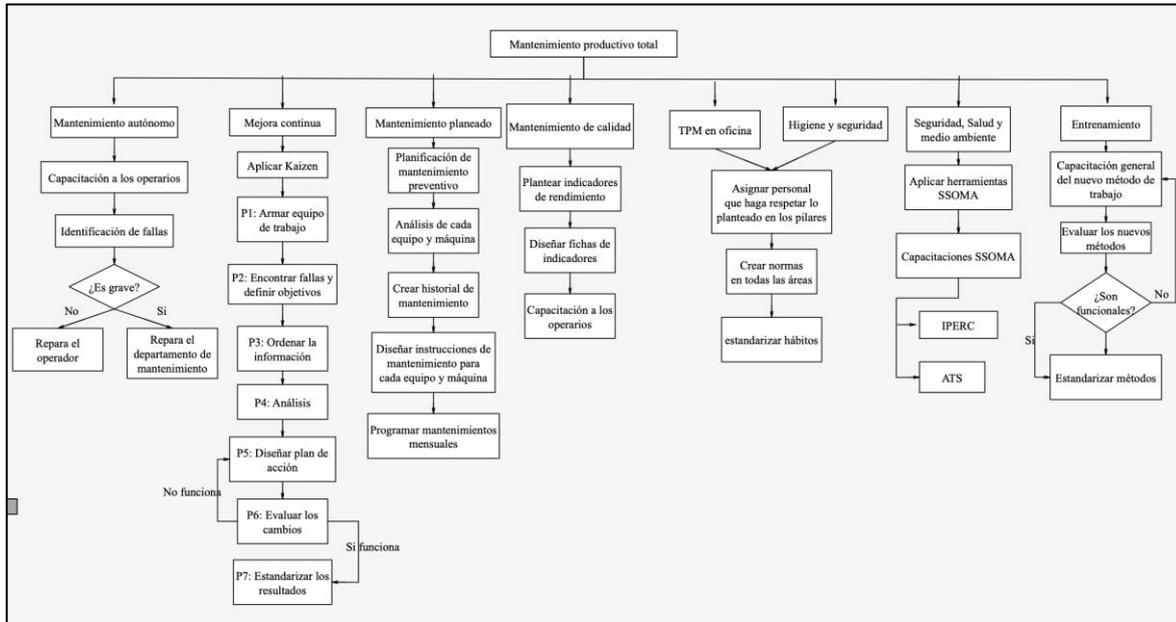
Como se puede observar la mejor alternativa es la alternativa más adecuada para ser aplicada en el proyecto, ya que cumple con los 4 parámetros que nos impone la empresa, cumple con el costo, tiempo, recurso humano e inversión de equipos.

### 2.5.3. Plan de mejora

#### 2.5.3.1. Diseño de implementación del Mantenimiento productivo total

**Figura 7**

*Flujograma de desarrollo del mantenimiento productivo total.*



**Pilar 1:** Como indica el flujograma de TPM el primer paso a desarrollar es la aplicación de un mantenimiento autónomo, este se inicia dando a conocer a los trabajadores, la maquinaria existente en la empresa. En esta cantera de agregados para la construcción, se trabaja únicamente con retroexcavadora, volquete, chancadora de tipo mandíbula y fajas transportadoras, es importante también, que los trabajadores presentes y los nuevos, tengan pleno conocimiento de las funciones y capacidades que tiene cada máquina, obviamente los operarios encargados del manejo de cada una de estas maquinarias tienen que ser especializados o tener un grado de conocimientos y experiencia para que puedan operar estas máquinas, otro factor esencial también está ligado a que el operario que maneja la maquinaria debe ser una persona capaz y responsable, que pueda llevar a la maquinaria a su rendimiento más óptimo.

**Tabla 25**
*Descripción de Máquinas y equipos de la cantera.*

Año de fabricación	Máquina o equipo	Características	Cantidad	Función
2009	Retroexcavadora	Modelo: Cat 416F2 capacidad de carga: 0.76m <sup>3</sup> -0.3m <sup>3</sup>	2	Extracción Carga Acopio de material
2014	Volquete	Modelo: Volvo fmx capacidad de carga: 15m <sup>3</sup>	1	Transporte de material
2005	Chancadora	Modelo: Chancadora de quijada 15"x24" SH capacidad de chancado: 42-52 Tn x Hr	1	Triturado de material
2008	Fajas transportadoras	Tamaño: 4-5 metros capacidad de transporte: 18Tn/Hr	2	Transporte de chancadora a zona de carga

**Fuente:** Información obtenida de la cantera de agregados Retamas-Parcoy-La libertad

#### - Capacitación a los operarios

Cada Maquina y equipo cuenta con sus operadores los cuales son los encargados de manipular estas herramientas por ello es importante que se les realice una capacitación para

que ellos estén a cargo del cuidado de su maquinaria. La capacitación consiste en llevar a cabo los siguientes temas.

- Manual de operaciones de funcionamiento de maquinarias y equipos.
- Importancia de diferenciar y conocer la función de (Aceite hidráulico, Aceite de motor, refrigerante)
- Importancia de conocer la función de los filtros
- Concientización del mantenimiento autónomo en la empresa
- Aprendo a llenar el check list de mantenimiento autónomo antes de iniciar labores.
- Rendimiento y capacidades de las maquinas.

Después de realizarse las capacitaciones correspondientes de cada maquina cada operario esta apto para hacer el llenado de su check list de mantenimiento autónomo, cabe aclarar que cada maquina cuenta con diferente check list, ya que son completamente diferentes y cumplen diferente función en el área de producción.

Para iniciar tenemos el check list de la retroexcavadora que cuenta con dos apartados los cuales consisten la descripción y los elementos necesarios que tiene que llevar el equipo, el primer apartado describe los puntos que se tienen que revisar en la maquina antes que se inicien las labores, cada punto cuenta con 3 indicadores los cuales son OK (que indica que todo está en orden), NR (necesita revisión), NT (no tiene o no está apto). En el siguiente apartado se indican los elementos con los que obligatoriamente tiene que contar la máquina. Finalmente se colocan observaciones donde el operario es libre de agregar alguna falla mayor, que tiene que ser derivado al departamento de mantenimiento (Mecánico), cuyos

especialistas deben dar la solución de manera inmediata para evitar pérdidas por paralizar la producción.

### Figura 8

*Check lits de mantenimiento autónomo retroexcavadora.*

<b>MANTENIMIENTO AUTONOMO LISTA DE VERIFICACION (RETROEXCABADORA)</b>			
Nombre de operador:		Fecha:	
Modelo de máquina:		Equipo chequeado:	
Empresa:			
<b>Indicadores</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>OK</b>	<b>NR</b>	<b>NT</b>
Revisión de anomalías			
Revisión de fugas (Aceite - Refrigerante - Combustible)			
Observación de llantas (Presión de llanta - Pernos - Aros)			
Revisión de filtros (Aire - Combustible - Aire acondicionado)			
Inspección de niveles (Aceite de motor - sistema hidráulico - Refrigerante)			
Limpieza de (Parabrisas - Ventanales - Espejos - Cabina)			
Inspección de uñas delanteras y traseras			
Engrase de las articulaciones			
<b>ELEMENTOS NECESARIOS EN EL EQUIPO</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>
Extintor 6 Kg			
Botiquín de primeros auxilios			
Circulina			
Gata Hidráulica			
Llave de tuercas			
Cono de seguridad			
Taco de madera			
Engrasadora			
Caja de herramientas			
<b>Observaciones:</b>			

De igual manera se realiza el check list para el volquete donde se sigue la misma lógica del check list anterior, pero, como diferencia tenemos, aquí se elimina la descripción de la inspección de uñas delanteras y traseras al igual que el engrase de articulaciones.

**Figura 9**

*Check list de mantenimiento autónomo de volquete.*

<b>MANTENIMIENTO AUTONOMO LISTA DE VERIFICACION (VOLQUETE)</b>			
Nombre de operador:		Fecha:	
Modelo de máquina:		Equipo chequeado:	
Empresa:			
<i>Indicadores</i>			
<i>DESCRIPCION</i>	OK	NR	NT
Revisión de anomalías			
Revisión de fugas (Aceite - Refrigerante - Combustible)			
Observación de llantas (Presión de llanta - Pernos - Aros)			
Revisión de filtros (Aire - Combustible - Aire acondicionado)			
Inspección de niveles (Aceite de motor - sistema hidráulico - Refrigerante)			
Limpieza de (Parabrisas - Ventanales - Espejos - Cabina)			
<i>ELEMENTOS NECESARIOS EN EL EQUIPO</i>			
	SI	NO	
Extintor 6 Kg			
Botiquín de primeros auxilios			
Circulina			
Gata Hidráulica			
Llave de tuercas			
Cono de seguridad			
Taco de madera			
Pala y pico			
Llantas de repuesto			
<b>Observaciones:</b>			

Para la chancadora los parámetros descriptivos son distintos debido a que esta es una maquinaria totalmente distinta a las anteriores, por ello se consideró analizar los principales puntos a evaluar al momento de iniciar labores.

**Figura 10**

*Check list de mantenimiento autónomo de chancadora.*

MANTENIMIENTO AUTONOMO LISTA DE VERIFICACION (CHANCADORA)			
Nombre de operador:		Fecha:	
Modelo de máquina:		Equipo chequeado	
Empresa:			
Indicadores			
DESCRIPCION	OK	NR	NT
Revisión de niveles (S. Hidráulico - S. contra eje - S. Lubricación)			
Revisión de filtros			
Revisión de materiales obstruido			
Revisión de posición del eje principal			
Ruidos Anormales			
Revisión de pernos sueltos			
Análisis de temperatura			
Revisión de sistema de aire			
Limpieza y orden en el área de trabajo			
Revisión de nivel de combustible			
ELEMENTOS NECESARIOS EN EL EQUIPO			
	SI	NO	
Extintor 6 Kg			
Botiquín de primeros auxilios			
Kit antiderrame			
Llave de pernos			
Chotana			
Termómetro			
Escoba			
<b>Observaciones:</b>			

Por último, el check list para la faja transportadora se realizan nuevos puntos a evaluar, puesto que este equipo es muy diferente a los 3 anteriores, tiene otras partes y componentes, esta también es la más propensa a averiarse por ello el check list es más minucioso y exacto.

**Figura 11**

*Check list de mantenimiento autónomo de Faja transportadora.*

<b>MANTENIMIENTO AUTONOMO LISTA DE VERIFICACION (FAJA TRANSPORTADORA)</b>			
Nombre de operador:		Fecha:	
Modelo de máquina:		Equipo chequeado	
Empresa:			
<i>Indicadores</i>			
<b>DESCRIPCION</b>	OK	NR	NT
Verificación de alineamiento de faja			
Poleas en buen estado			
Nivel de aceite motriz			
Revisión de motor (Pernos sueltos - Ruidos - Componentes completos)			
Revisión de mandiles de jebe (Que no presenten deterioro)			
Revisión de chute de descarga (Desgaste - Pernos rotos - fisuras)			
Verificación de gata de tensado hidráulico			
Verificación de tolva y encauzador			
Revisión de tambores ( Motriz - Tensión - Reenvió - Inflexión)			
Verificación de posición respecto al punto de acopio			
<b>ELEMENTOS NECESARIOS EN EL EQUIPO</b>		SI	NO
Extintor 6 Kg			
Repuesto de poleas y polines			
Llave de pernos			
Faja de repuesto			
Poleas de repuesto			
Escoba			
<b>Observaciones:</b>			

**Pilar 2:** En el paso dos de Mejora continua como indica el flujograma de TPM va a ser necesario apoyarnos de la herramienta KAIZEN la cual nos ayudara a fomentar la calidad

en el trabajo y producto, mejora continua y evolución en los procesos productivos, KAIZEN contempla 7 puntos importantes para esto es necesario capacitar al personal sobre las funciones y pasos que se van a cumplir en un futuro, entonces la capacitación contempla la explicación de los siguiente:

- Armar un equipo de trabajo: la empresa tiene la disposición de designar un equipo el cual es encargado de velar por el cumplimiento de las mejoras que se proponen a implementar.
- Encontrar fallas y definir objetivos: el equipo que se formó también debe estar pendiente de lo errores que aun puedan cometerse, siendo conscientes del error humano, obviamente estos deben estar dispuestos a orientar y garantizar que el índice de estos errores disminuya.
- Ordenar la información: Mensualmente el equipo debe estar pendiente de los check list, reportes, cronogramas de mantenimiento, para que se pueda idear estrategias preventivas.
- Análisis: La información recolectada debe ser analizada para evaluar los riesgos posibles, fallas de maquinaria, cambio de repuestos de la maquinaria, programar nuevos mantenimientos, etc.
- Diseñar plan de acción: En el diseño de plan de acción el equipo debe garantizar que el paro de la producción sea disminuido considerablemente, por ello es necesario que se sigan adecuadamente los pasos anteriores.
- Evaluar los cambios: Durante el primer periodo trimestral el equipo encargado debe analizar los nuevos cambios y parámetros, verificar si estos han sido los más adecuados para la solución de la causa raíz 1, en el caso contrario de que los

resultados no sean los óptimos, se debe de rediseñar un plan de acción nuevamente.

- Estandarizar los resultados: Al tener resultados óptimos el equipo debe tener en cuenta que la mejor opción para que los cambios buenos se conserven será importante estandarizar estas nuevas prácticas.

**Pilar 3:** Siguiendo el orden del flujograma se tiene que llevar a cabo el Mantenimiento Planeado, esto significa analizar el tipo de máquina con los que la empresa cuenta, crear un historial de mantenimiento de cada máquina, diseñar instrucciones de mantenimiento de la mano de un mecánico especializado para finalmente programar mantenimientos generales en un periodo mensual. Con el fin de evitar paralizaciones en la producción, el pilar 3 es uno de los más importantes al priorizar un mantenimiento programado el cual ayuda también a la conservación de las máquinas y que estas tengan un tiempo de vida más extendido, de igual manera que su devaluación sea menor a través de los años.

Para el historial de mantenimiento se desarrolló una ficha donde se llenarán el tipo de mantenimiento que se hizo a la maquina en cuestión, al igual que algunas observaciones que el técnico especialista sugiera.

**Figura 12**

Ficha de historial para mantenimiento de maquinaria

<b>MANTENIMIENTO DE MAQUINAS Y EQUIPOS (HISTORIAL)</b>	
<i>Máquina</i>	
<i>N° de ficha</i>	
Fecha de mantenimiento	Descripción de mantenimiento
00/00/24	
00/00/24	
00/00/24	
00/00/24	
00/00/24	
00/00/24	

Luego se diseña una lista de los mantenimientos que el mecánico especialista realiza en cada maquinaria, indicando la fecha en que se hizo el mantenimiento y como esto se planea realizar mensualmente, se marca el recuadro con la fecha correspondiente, para que sea de mayor apoyo.

**Figura 13**

*Parámetros de mantenimiento planeado para cada maquinaria.*

<b>Mantenimiento Planeado de Maquinaria</b>		<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>
<b>Nombre de máquina</b>	<b>Actividad</b>						
Retroexcavadora	Cambio de aceite						
Retroexcavadora	Reparación de sistema hidráulico						
Retroexcavadora	Cambio de filtros						
Retroexcavadora	Examinación de motor						
Retroexcavadora	Examinación de computadora						
Retroexcavadora	Limpieza y engrasamiento de articulaciones						
Retroexcavadora	Comprobación de niveles de los fluidos						
Retroexcavadora	Soldadura de uñas						
Retroexcavadora	Cambio o reparación de llantas						
Retroexcavadora	Afilamiento de cuchilla de pala						
Retroexcavadora	Pruebas de motor						
Retroexcavadora	Limpieza de filtros						
Retroexcavadora	Limpieza del radiador						
Retroexcavadora	Verificación de estado de baterías						
Retroexcavadora	Verificación de puntos de apoyo						
Volquete	Cambio de aceite						
Volquete	Cambio de aceite hidráulico de tolva						
Volquete	Cambio de llantas						
Volquete	Verificación de motor (consumo de aceite)						
Volquete	Cambio de filtros						
Volquete	verificación de bandas de ventilador						
Volquete	Cambio de Aceite de dirección						
Volquete	Llenado o cambio de refrigerante						
Volquete	Limpieza de la masa de ruedas (limpieza de tambores, cambio de retenes)						
Volquete	Engrase de retenes						
Volquete	Regulación de frenos						
Volquete	Reemplazar el líquido de frenos						
Volquete	cambio de filtros de combustible						
Volquete	cambio de aceite de caja de cambios y diferencial						
Volquete	Revisión de funcionamiento de luces y bocinas						
Volquete	Revisión de muelles y amortiguadores						
Chancadora	Cambio de muela de trituradora						
Chancadora	Cambio de filtros						
Chancadora	Verificación de vibradores						
Chancadora	Cambio o reparación de resortes						
Chancadora	Reparación de polea						
Chancadora	Revisión de cilindro hidráulico						
Chancadora	Revisión de eje principal						
Chancadora	Revisión de mandíbula fija y móvil						
Faja Transportadora	Limpieza y engrasado de elementos rodantes						
Faja Transportadora	Ajuste y reglaje de banda transportadora						
Faja Transportadora	Sustitución y/o reparación de elementos deteriorados						
Faja Transportadora	Comprobación de fugas hidráulicas						
Faja Transportadora	Verificación de estado de conexiones eléctricas						
Faja Transportadora	Comprobación del sistema de seguridad y protección						

**Pilar 4:** En este paso se realiza un mantenimiento de calidad, donde se plantea indicadores de rendimiento de cada maquinaria, con el fin de medir el volumen de producción, disponibilidad y tiempo medio entre fallas, para que podamos identificar si la maquinaria está trabajando de manera correcta y si los procedimientos hechos en los pilares anteriores tienen resultados positivos. Después se diseñarán fichas de indicadores, en estas fichas identificaremos cuales de las máquinas no están cumpliendo con la calidad necesaria, para posteriormente realizar un mantenimiento generalizado y así se pueda mejorar la calidad del trabajo de la maquinaria.

Como primer indicador de calidad en el trabajo de la máquina tenemos a la producción, cada máquina muestra su calidad al cumplir su meta de producción diaria para ello es necesario que estas, cumplan con su indicador. Obviamente, el indicador no contempla el desempeño y habilidad del operario. Lo que se quiere encontrar es la efectividad de la máquina.

#### Figura 14

*Ficha de indicador de producción.*

<b>CANTERA DE AGREGADOS - RETAMAS - PARCOY- LA LIBERTAD</b>	
<i>Ficha de volumen de producción</i>	
<b>Nombre de indicador</b>	Efectividad global de mantenimiento
<b>Tipo de indicador</b>	Efectividad
<b>Objetivo</b>	Medición del porcentaje global
<i>Disponibilidad y efectividad de forma total de las operaciones de mantenimiento en la producción diaria</i>	
<b>Unidades</b>	-
<b>Meta</b>	-
<b>Responsabilidad</b>	Departamento de mantenimiento
<b>Puntos de lectura</b>	Fichas de trabajo
<b>Formula</b>	$Und \times hr / meta = Efectividad \ maq$

El segundo indicador trata sobre la tasa de disponibilidad que tiene cada máquina, es decir se busca disminuir las máquinas paralizadas y que estas tengan un grado de

disponibilidad mayor y esto se encuentra dividiendo el tiempo de operación entre el tiempo disponible.

### Figura 15

*Ficha de indicador de tasa de disponibilidad.*

<b>CANTERA DE AGREGADOS - RETAMAS - PARCOY- LA LIBERTAD</b>	
<i>Ficha de tasa de disponibilidad</i>	
<b>Nombre de indicador</b>	Disponibilidad neta de máq
<b>Tipo de indicador</b>	Efectividad
<b>Objetivo</b>	Medición de porcentaje de disponibilidad
<i>El tiempo de operación del mantenimiento de la rama VS el tiempo disponible para esta operación</i>	
<b>Tiempo de operación</b>	-
<b>Tiempo disponible</b>	-
<b>Responsabilidad</b>	Departamento de mantenimiento
<b>Puntos de lectura</b>	Fichas de trabajo de la máquina
<b>Formula</b>	$T \text{ de operación} / T. \text{ Disponible} = \text{Disponibilidad}$

El último indicador de calidad es el tiempo medio entre fallas, este indicador busca reducir el tiempo promedio de fallas de la maquinaria, determinando el tiempo desde que la máquina funciona hasta la falla y el tiempo que necesita ser reparado.

### Figura 16

*Ficha de indicador tiempo medio entre fallas.*

<b>CANTERA DE AGREGADOS - RETAMAS - PARCOY- LA LIBERTAD</b>	
<i>Ficha de tiempo medio entre fallas</i>	
<b>Nombre de indicador</b>	Tiempo medio entre fallas
<b>Tipo de indicador</b>	Promedio
<b>Objetivo</b>	Determinar el tiempo de falla de máquina
<i>El promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. Determinar el tiempo promedio desde que algo funciona hasta que falla y necesita ser reparado.</i>	
<b>Tiempo de funcionamiento</b>	-
<b>Número de fallas</b>	-
<b>Responsabilidad</b>	Departamento de mantenimiento
<b>Puntos de lectura</b>	Fichas de trabajo
<b>Formula</b>	$T. \text{ total de funcionamiento} / N^{\circ} \text{ de fallas} = T. \text{ Promedio entre fallas}$

**Pilares 5 y 6:** Estos dos pasos o pilares van de la mano, el TPM en oficina y la Higiene son muy relevantes al momento de aplicar el mantenimiento productivo total, para realizar estos pasos, es importante asignar el personal adecuado para que garantice el cumplimiento de lo planteado en los pilares del TPM, es importante crear normas de higiene y seguridad, cuidado y uso de equipos. Si los resultados son eficientes se procede a estandarizar estos hábitos.

Normas de Seguridad e higiene:

- Mantener limpio y ordenado el área de trabajo.
- Atención en trabajos de planta.
- Estar preparados ante emergencias o accidentes.
- Evitar exceso de confianza en el trabajo.
- Comunicar condiciones inseguras.
- Seguir las instrucciones de seguridad.
- Utilizar herramientas y equipos adecuados para cada operación.
- Participar en las capacitaciones
- Usar los equipos de protección individual durante la jornada laboral.

Normas de uso y cuidado de equipos y maquinarias:

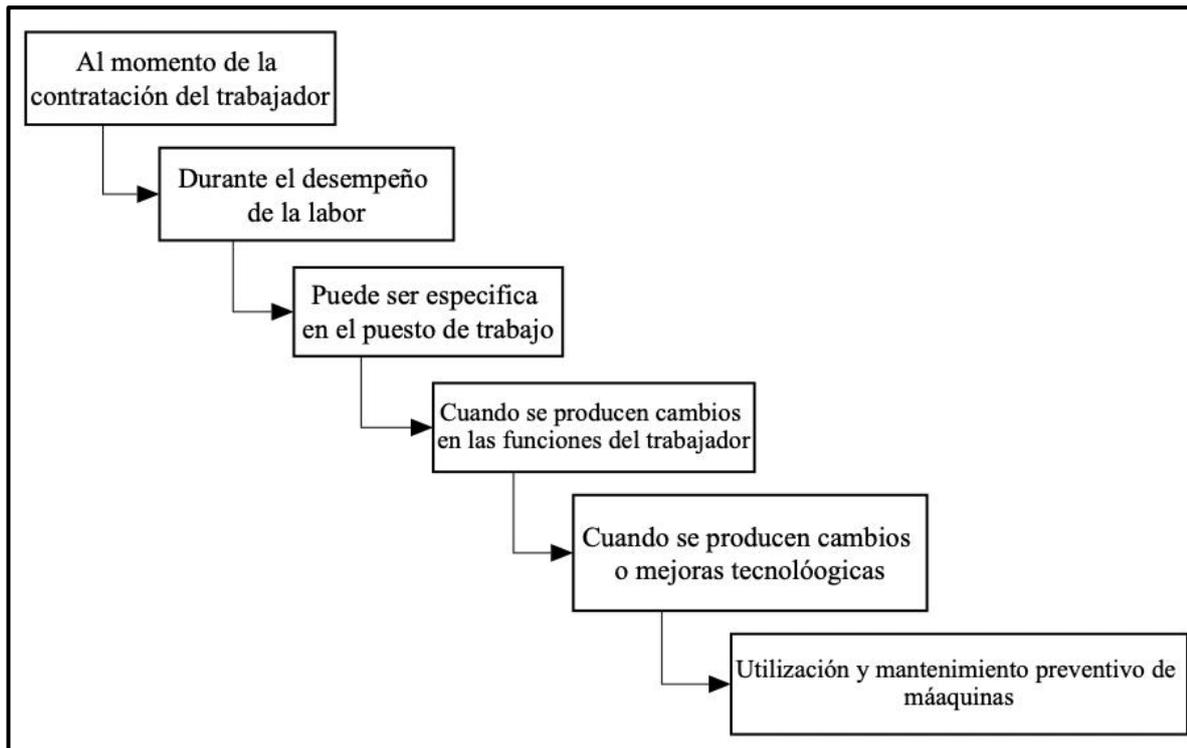
- Llenado de check list antes de iniciar labores.
- Reportar cualquier falla en la maquinaria.
- Seguir las indicaciones sobre el uso de maquinaria.
- No sobre esforzar la maquinaria
- Mantener completo los elementos de la maquinaria.
- Cumplir los indicadores de calidad de la maquinaria.
- Estudiar los parámetros de mantenimiento de las máquinas.

**Pilar 7:** Abarca la seguridad y medio ambiente, este paso o pilar va de la mano con la resolución de la CR4, este pilar se desarrolla mediante la aplicación de capacitaciones y charlas.

Las capacitaciones por ejecutarse son acerca del llenado correcto de las fichas IPERC y ATS, los trabajadores y operadores deben saber cómo completar correctamente estas fichas de análisis, lo que a la vez les ayudara a identificar los riesgos y peligros a los cuales ellos están expuestos en su puesto de trabajo, al igual que les ayudara para tener en cuenta cómo afrontar estas situaciones riesgosas. Entonces se debe considerar lo siguiente al momento de conseguir una cultura de seguridad, salud y medio ambiente en el trabajo.

**Figura 17**

*Plan para mejorar la cultura de seguridad, salud y medio ambiente.*



**Nota:** La figura 17 indica los pasos que se deben seguir para que cada trabajador forme parte de una cultura de seguridad, salud y medio ambiente. Se cuenta con 6 pasos en los cuales el trabajador es entrenado.

**Pilar 8:** El ultimo pilar de entrenamiento busca capacitar y garantizar que lo propuesto en los pilares anteriores se cumpla, esto se realiza mediante capacitaciones constantes sobre los métodos nuevos de trabajo, posterior a esto los nuevos métodos tienen que ser evaluados para verificar si se logró solucionar la CR1 cuando estos resultados sean los óptimos se procede a estandarizar todo lo propuesto.

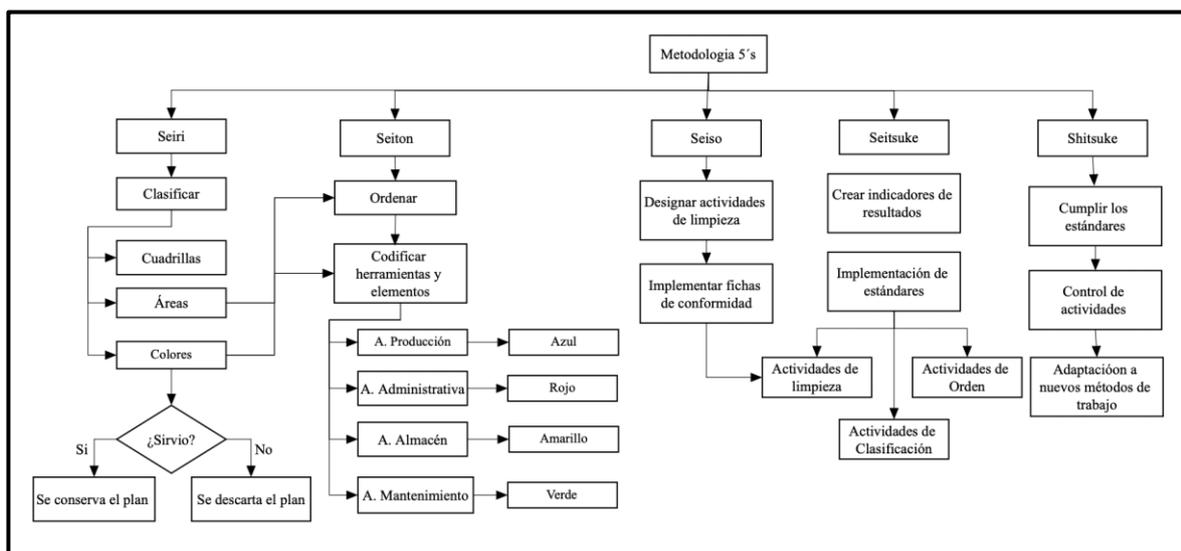
En este paso se propone la realización de 2 temas a capacitar al personal los cuales son

- Descripción de maquinaria y llenado de check list antes de iniciar labores.
- Kaizen y su aplicación en el mantenimiento productivo total.
- Llenado de historial de mantenimiento y fichas de indicadores de calidad.
- Presentación de las nuevas normas de seguridad e higiene, cuidado de maquinaria y pasos para lograr una cultura de seguridad, salud y medio ambiente.

### 2.5.3.2. Diseño de implementación del 5'S

**Figura 18**

*Flujograma de desarrollo de metodología 5'S.*



La metodología 5'S es crucial para la resolución de la CR2, en nuestro caso la vamos a aplicar de manera capaz que esta sea una herramienta eficiente para la ingeniería industrial y lo más importante; que resuelva el problema principal de la empresa. En esta parte del plan vamos a basarnos en los principios de cada S de esta metodología, Seiri (Clasificar), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y shitsuke (seguir mejorando)

### Seiri (Clasificar)

En este paso se van a realizar 2 operaciones, la primera consiste en designar actividades y cuadrillas a los trabajadores para que estos sepan cuál es su función durante la jornada, evitando así tiempo improductivos. La segunda operación consiste en designar colores representativos a cada área de la cantera de agregados, esto ayudara a que los trabajadores conozcan a que área pertenecen ellos y sus equipos o herramientas.

**Figura 19**

*Clasificación de personal en cada área de la cantera.*

Áreas de trabajo	Sub áreas	Personal
<b>Área de producción</b>	Producción de piedra grande	Trabajadores (5) O. Retroexcavadora (1) O. Volquete (1)
	Producción de hormigón	O. Retroexcavadora (1) O. Volquete (1) Inspector (1) Trabajadores (3)
	Producción de gravilla	O. Retroexcavadora (1) O. Volquete (1) Inspector (1) Trabajadores (2)
	Producción de Arena gruesa	O. Retroexcavadora (1) O. Volquete (1) Inspector (1) Trabajadores (2)
<b>Área administrativa</b>		Administrador Contador Recursos Humanos
<b>Área de almacén</b>		Almacenero
<b>Área de mantenimiento</b>		Técnico Ayudante de técnico

**Nota:** en la figura podemos ver como se clasifico en su área correspondiente a cada trabajador.

En la segunda operación vamos a clasificar por color cada área.

**Figura 20**

*Clasificación de colores en cada área.*

Área	Sub áreas	Color
Área de producción	Producción de piedra grande	Blue
	Producción de hormigón	Light Blue
	Producción de gravilla	Light Blue
	Producción de Arena gruesa	Light Green
Área administrativa		Red
Área de almacén		Yellow
Área de mantenimiento		Green

**Nota:** Esta figura indica que en adelante cada color seleccionado para cada área va a ser primordial al momento de identificar las áreas, lo que quiere decir; que cada herramienta, equipo, pieza, repuesto, documento, etc. Va a estar destinado al área en cuestión, es importante entender que las sub áreas de producción se identifican con el color azul y sus derivaciones.

### Seiton (Orden)

En la tercera S se va a realizar, ordenando las herramientas, equipos y elementos. Para esto cada área se va a agrupar por colores y codificación respetando la gama de colores de SEIRI. La codificación de los elementos ayudará a ordenar de manera correcta, además que el control de todos los recursos sea más exacto, de tal manera que se sabrá la durabilidad de cada elemento, cuando se debe cambiar, cuando se debe dar mantenimiento y cuando se debe requerir más. El objetivo específico de Seiton es que los trabajadores se acostumbren a

llevar un orden en su área, para que después ellos mismos retroalimenten lo que van aprendiendo de igual manera que también en el caso de que existan nuevos cambios en la empresa, estos tengan una adaptabilidad inmediata.

**Figura 21**

*Codificación de los elementos en cada área.*

Área	Elemento	Codificación	Color
Área de producción	Carretilla	P-0001-01	Blue
	Palana	P-0002-01	
	Picota	P-0003-01	
	Chotana	P-0004-01	
	Barreta	P-0005-01	
	Eslingas	P-0006-01	
	Retroexcavadora	P-0007-01	
	Volquete	P-0008-00	
	Chancadora de mandíbula	P-0009-00	
	Fajas	P-0010-00	
	Kit de llaves	P-0011-01	
	Kit de herramientas	P-0012-01	
	Kit de limpieza	P-0013-01	
	Rotomartillo	P-0014-01	
Área administrativa	Escritorio	A-0001-01	Red
	Computadora	A-0002-01	
	Laptop	A-0003-01	
	Tablet	A-0004-00	
	Proyector	A-0005-00	
	Sillas	A-0006-01	
	Ventilador	A-0007-01	
	Archivos	A-0008-01	
	Impresora	A-0009-00	
	Kit de limpieza	A-0010-01	
Área de almacén	Computadora	AL-0001-01	Yellow
	Silla	AL-0002-01	
	Escritorio	AL-0003-00	
	Impresora	AL-0004-00	
	Estantes	AL-0005-01	
	Epp's nuevos	AL-0006-01	
	Kit de herramientas nuevo	AL-0007-01	
	Palana nuevo	AL-0008-01	
	Picota nuevo	AL-0009-01	
	carretilla nuevo	AL-0010-01	
	Combustible	AL-0011-01	
	Cable	AL-0012-01	
	Tomacorrientes	AL-0013-01	
	Kit de limpieza	AL-0014-01	
Área de mantenimiento	Repuestos	M-0001-01	Green
	Aceite de motor	M-0002-01	
	Refrigerante	M-0003-01	
	Grasa	M-0004-01	
	Kit de llaves	M-0005-01	
	Kit de soldadura	M-0006-00	
	Destornillador	M-0007-01	
	Fajas de Repuesto	M-0008-01	
	Parches	M-0009-01	
	Combustible	M-0010-00	
	Voltímetro	M-0011-01	
	Computadora	M-0012-00	
	Impresora	M-0013-00	
	Kit de limpieza	M-0014-01	

**Nota:** Se codifico de manera entendible para el personal, cada elemento de su respectiva área inicia por sus iniciales, después sigue la numeración que se tiene que agregar respecto a la cantidad que existe de dicho elemento, seguido de una numeración donde se coloca el numero asignado para cada trabajador del área.

### Seiso (Limpieza)

En la S de limpieza cada trabajador y operador es asignado a limpiar su zona de trabajo y herramienta de trabajo.

**Tabla 26**

*Asignación de actividades de limpieza al personal.*

Responsable	Área de trabajo	Actividad
Trabajador	Área de Piedra grande	Limpieza de herramientas utilizadas
Operador	Retroexcavadora	Limpieza de cabina y chasis
Operador	Volquete	Limpieza de cabina y chasis
Operador	Chancadora de mandíbula	Limpieza de chancadora
Trabajador	Área de chancado	Limpieza de fajas, plataforma y tolva
Almacenero	Almacén	Limpieza de almacén
Administrativos	Oficinas	Limpieza de la Oficina
Técnico y ayudante	Taller	Limpieza de Taller

**Nota:** Cada área tiene un responsable que garantice el orden y limpieza de sus zonas de trabajo.

### Seiketsu (Estandarizar)

Al llegar a este paso del plan con resultados favorables, necesitamos estandarizar los nuevos métodos de trabajo, ya sea en Orden, Clasificación y limpieza. Entonces se debe buscar que los procedimientos deben seguir su continuidad y permitir que los trabajadores participen en el desarrollo y protección de estos estándares. Para apoyar a este desarrollo es importante la implementación de indicadores de resultados.

**Tabla 27**
*Indicadores de estandarización en 5'S.*

Fase	Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Clasificar	% de productividad				
Orden	% de cumplimiento				
Limpieza	% de tiempo				

Al finalizar el mes, el encargado de la planificación de 5'S debe evaluar los porcentajes de los indicadores que se muestran en la tabla y analizar si estos no han disminuido.

Aparte de la implementación de indicadores también se necesita la creación de fichas de estandarización en lo que es la limpieza, cada trabajador después de concluir su jornada los trabajadores completen los datos de sus actividades realizadas, buscando continuamente el cumplimiento de los estándares.

**Tabla 28**
*Ficha de estandarización (Limpieza).*

Limpieza de:				Área:			
Ítem	Categoría	Tipo de actividad	Acciones Correctivas	Materiales	Tiempo	Fecha	Responsable
1							
2							
3							
4							
5							

Es importante estandarizar los tiempos y métodos de las actividades de limpieza, retroalimenta a los trabajadores día a día, fijando así tiempos y métodos más exactos.

### Shitsuke (Seguir mejorando)

Para una mejora continua, en este paso es necesario implementar charlas y capacitaciones de los métodos que nos brinda las 5'S, al igual que es importante hacer

comprender al personal que estos métodos van a estar en un cambio constante, ya sea por la implementación de nuevas formas de trabajo o nuevas tecnologías.

Temas de charla y capacitación:

- Importancia de conservar los métodos de 5'S.
- Adaptabilidad a nuevos métodos de trabajo
- Adaptabilidad a nuevas tecnologías.

Estas charlas deben darse de manera semana al igual que deben realizarse

evaluaciones y registros a los trabajadores

**Tabla 29**

*Registro de charla de mejora continua.*

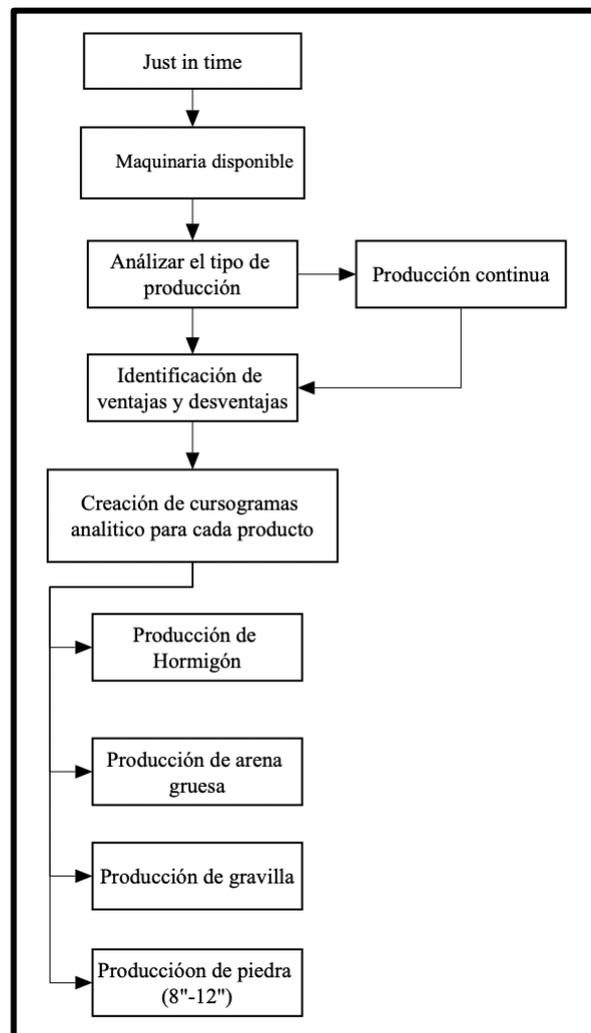
<b>REGISTRO DE CHARLA</b>					
<b>Empresa:</b>					
<b>Registro N°:</b>					
<b>Fecha:</b>					
<b>Tema de charla</b>					
<b>N°</b>	<b>Apellidos y nombres</b>	<b>DNI</b>	<b>Área</b>	<b>Firma</b>	<b>Comentarios</b>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
<b>Responsable del registro</b>					<b>Firma</b>
<b>Nombre:</b>					

### 1.1.1. Diseño de implementación del Just in time

El objetivo principal de Just in time en el plan del proyecto es la eliminación de actividades, procesos que no aporten a una mejora, al igual que ayuda con la reducción de costos de almacén. Para esto, nos apoyaremos del sistema Westinghouse para estandarizar el tiempo en los procesos que lleva a cabo la empresa para la producción de los 4 principales productos.

**Figura 22**

*Flujograma de implementación de Just in time.*



Para iniciar con la implementación JIT debemos tener conocimiento exacto de la maquinaria que la empresa posee,

**Tabla 30**

*Maquinaria disponible en la cantera.*

Maquina o equipo	Cantidad
Retroexcavadora	2
Volquete	1
Chancadora	1
Fajas transportadoras	3

### Sistema de producción actual

La empresa tiene un sistema de trabajo continuo; esto quiere decir que la producción no se detiene, sin embargo, es importante señalar que por la disponibilidad de la maquinaria los productos son trabajados en base a su demanda, este tipo de producción nos otorga ciertas ventajas y desventajas.

**Tabla 31**

*Ventajas y desventajas de un sistema de producción continuo.*

Ventajas	Desventajas
Los clientes siempre pueden contar con la disponibilidad de los productos	Al no existir compra de materiales se genera gasto extra en almacenaje.
Se logran procesos y métodos de trabajo estandarizados	Disminución de la calidad del producto terminado
Se puede tener producto en tiempos de escasas de materia prima	

Conociendo las ventajas y desventajas del sistema de trabajo de la empresa se debe implementar un cálculo de tiempos estándares utilizando el sistema Westinghouse para posteriormente crear un cursograma analítico para cada proceso de producto a fabricar y que este pueda ser estandarizado, mejorando los tiempos y la gestión de materia prima.

Para iniciar con el cálculo del sistema Westinghouse, se desarrolla una toma de tiempos en 10 muestras para cada producto, luego del muestreo se procede a calcular con las fórmulas y procesos que tiene este sistema para encontrar los tiempos estándares de cada

proceso y la actividad en general. La toma de tiempos se toma mediante cronometro en un escenario optimo. Para el cálculo del factor de calificación se tomó en cuenta los parámetros del sistema Westinghouse que se encuentran en el anexo 2, al igual que para encontrar los suplementos u holguras fue necesario el apoyo de las medidas de la Organización Internacional del trabajo, cuyos parámetros se encuentran en el anexo 3. Los parámetros de Westinghouse son diferentes para cada área y producto debido a sus diferencias.

**Tabla 32**

*Calificación Westinghouse para Hormigón.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Total S. westinghouse	0.17	0.16	0.17	0.18	0.13	0.17	0.28

**Nota:** Como se observa en el resumen de la calificación de Westinghouse, cada área obtuvo un valor distinto en cuanto a su calificación, esto ayuda a que se encuentre el tiempo estándar con mayor precisión. El caculo completo se encuentra en el anexo 4

Para iniciar con el cálculo de los tiempos estándares para la producción de hormigón, también se tiene que tomar en cuenta los suplementos, donde cada área posee un valor distinto, debido a las condiciones y tipo de trabajo a realizar.

**Tabla 33**

*Suplementos por descanso para hormigón.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Total Holguras	0.15	0.15	0.13	0.16	0.15	0.11	0.15

**Nota:** en los suplementos variables se consideraron los más aptos para este proceso de producción, el valor fue obtenido del anexo 3, pero el cálculo completo se encuentra en el anexo 5.

Con los valores de calificación Westinghouse y suplementos ahora, se puede calcular los tiempos estándares.

**Tabla 34**

*Calculo del sistema Westinghouse para el hormigón.*

Elementos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Total
T. Observado	7.3	5.8	3.3	1.6	2.6	1.6	0.9	23
F. de calif	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	
T. normal	8.5	6.7	3.8	1.9	2.9	1.8	1.2	27
Suplemento	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	
T. Estandar	10	8	4	2	3	2	1	30

**Nota:** cómo se puede observar se encontraron los tiempos estándares para cada proceso, en la fabricación de hormigón se puede decir que cuenta con 7 actividades, gracias al sistema Westinghouse también conocemos que el tiempo estándar para la fabricación de 15 cubos de hormigón es de 30 minutos.

Después de encontrar los tiempos estándares para los procesos, se elabora un cursograma analítico, teniendo en cuenta los tiempos estándares.

**Figura 23**

*Cursograma analítico de producción de hormigón.*

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario/ Material/ Equipo						
Diagrama N° 1				Resumen						
Producto: Hormigon				Actividad		Cantidad				
Actividad: Extracción de materia prima para la obtención de hormigón				Operación		3				
Lugar : Retamas - Parcoy - Pataz - La libertad				Inspección		1				
Ficha N° :				Espera		0				
Compuesto aprobado por: -				Transporte		1				
Fecha:				Almacenamiento		2				
Total operaciones				Distancia		71 metros				
Actividad				Tiempo		30 minutos				
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Actividad					observaciones	
				○	□	D	⇨	▽		
Extracción de materia prima	15 m3		10	●						Avastesimiento frecuente
Zarandeado de materia prima		2	8	●						
Acopio de material a punto de carga		4	4						●	
Inspeccionar material		2	2			●				
Carga de material a volquete		3	3		●					Tener precaución con residuos
Transporte a almacén de hormigón		65	65	2				●		
Almacenado de hormigón		1	1						●	Reportar capacidad
Total		71	71	30						

De igual manera para la producción de arena gruesa, también se encuentran los tiempos estándares con el sistema Westinghouse, en el caso de este producto existen 3 procesos en los cuales no intervienen los operarios y solo dependen de la maquinaria los cuales son el chancado, el zarandeo y el acopio.

**Tabla 35**

*Calificación Westinghouse para la arena gruesa.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A10	A11	A12
Total S. westinghouse	0.17	0.17	0.13	0.17	0.14	0.18	0.13	0.17	0.28

**Nota:** No se considero calcular las areas ya mencionadas, se obtuvo esos valores y el calculo general se encuentra en el anexo 6.

Los suplementos tambien se calculan por area, debido a las diferentes condiciones que tiene cada area, de igual manera se omite las areas A5, A8 y A9.

**Tabla 36**

*Suplementos por descanso para arena gruesa.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A10	A11	A12
Total Holguras	0.15	0.15	0.15	0.13	0.15	0.2	0.15	0.13	0.13

**Tabla 37**

*Calculo del sistema Westinghouse para la arena gruesa.*

Elementos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Total
T. Observado	6.9	0.9	2.5	2.4	10	2.4	1.6	5	1	2.2	2.4	0.9	38.2
F. de calif	1.2	1.2	1.1	1.2		1.1	1.2			1.1	1.2	1.3	
T. normal	8.1	1.1	2.8	2.8	10	2.8	1.8	5	1	2.4	2.8	1.2	41.8
Suplemento	0.2	0.2	0.2	0.1		0.2	0.2			0.2	0.1	0.1	
T. Estandar	10	1	3	3	10	3	2	5	1	3	3	1	45

**Nota:** Como se puede observar en A5, A8 y A9 los montos no varían, pues como se mencionó estos son procesos que no dependen de operarios y estos ya están estandarizados de acuerdo a las capacidades de la máquina.

Con el cálculo de tiempos estándares identificamos que el tiempo estándar para la producción de 15 cubos de arena gruesa tiene un tiempo de 45 minutos. Según esto creamos el cursograma analítico.

**Figura 24**

*Cursograma analítico de producción de arena gruesa.*

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario/ Material/ Equipo						
Diagrama N° 2				Resumen						
Producto: Arena gruesa				Actividad			Cantidad			
				Operación			6			
Actividad: Extracción de materia prima para la obtención de arena gruesa				Inspección			1			
				Espera			0			
				Transporte			3			
				Almacenamiento			2			
Lugar : Retamas - Parcoy - Pataz - La libertad				Distancia			102 metros			
Ficha N° :				Tiempo			45 minutos			
Compuesto aprobado por:		-		Fecha:		Total operaciones				
							12			
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad					observaciones	
				○	□	D	⇨	▽		
Extracción de materia prima	15 m3		10	●						Avastesimiento frecuente
Transporte a zona de carga		2	1				●			
Carga de material			3		●					
Trasnsporte a tova de chancadora		40	3				●			
Chancado de materia prima			10		●					Siempre avastecer
Barrido de material en tolva			3		●					aprobechar toda la MP
Inspección de material chancado			2			●				Revisar tamaño adecuado
Zarandeo de marterial por tamaño			5		●					
Acopio de arena gruesa			1						●	
Carga a volquete			3		●				●	
Trasnsporte a almacén		60	3						●	
Almacenamiento de arena gruesa			1							Reportar capacidad
Total			102	45						

En la producción de gravilla existen 5 actividades en el proceso de producción que son independientes de los operarios las cuales son (Chancado, zarandeo, separado, transporte en faja y acopio) y para encontrar el tiempo estándar en de las demás actividades donde influye la mano de obra es necesario utilizar el sistema Westinghouse. De igual manera que en los anteriores procesos, la calificación Westinghouse y los suplementos cambian según el área donde se trabaja.

**Tabla 38** Calificación Westinghouse para la gravilla.

*Calificación Westinghouse para la gravilla.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A12	A13	A14
Total S. westinghouse	0.17	0.17	0.13	0.17	0.14	0.18	0.13	0.17	0.28

Tras encontrar la calificación westinghouse donde los resultados fueron calculados en el anexo 8, pasamos a calcular los suplementos, En este caso las áreas donde no se necesito calculo fueron la A5, A8, A9, A10 y A11. Ya que en estas áreas no interviene la mano de obra, simplemente en el encendido y apagado de la máquina, el tiempo de estas áreas depende de la capacidad y disponibilidad de la maquina.

**Tabla 39**

*Suplementos por descanso para gravilla.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A12	A13	A14
Total Holguras	0.15	0.15	0.15	0.13	0.15	0.2	0.15	0.13	0.13

**Nota:** El cómo se obtuvo el total de suplemento se encuentra en el anexo 9.

Con los resultados obtenidos ya se puede calcular el tiempo estándar para las áreas de producción de la gravilla.

**Tabla 40**

*Calculo del sistema Westinghouse para la Gravilla.*

Elementos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	Total
T. Observado	7.0	0.9	2.4	2.4	10	2.3	1.5	5	2	3	1	2.4	2.4	0.8	43.1
F. de calif	1.2	1.2	1.1	1.2		1.1	1.2					1.1	1.2	1.3	
T. normal	8.1	1.1	2.7	2.8	10	2.7	1.8	5	2	3	1	2.7	2.8	1.1	46.6
Suplemento	0.2	0.2	0.2	0.1		0.2	0.2					0.2	0.1	0.1	
T. Estandar	10	1	3	3	10	3	2	5	2	3	1	3	3	1	50

Nota: Se identifica que las actividades A5, A8, A9, A10 y A11 no varía el número, puesto que son actividades que las maneja únicamente la maquinaria.

Según los resultados, que se encontraron en las 14 areas que maneja este proceso productivo, observamos que la sumatoria de estos tiempos estandares de es 50 minutos, este

tiempo es el indicado para producir 15 metros cubicos de gravilla, de 2 tipos que produce la empresa.

**Figura 25**

*Cursograma analítico de producción de gravilla.*

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario/ Material/ Equipo						
<b>Diagrama N° 3</b>				<b>Resumen</b>						
Producto: Gravilla				Actividad		Cantidad				
Actividad: Extracción de materia prima para la obtención de gravilla				Operación		7				
Lugar : Retamas - Parcoy - Pataz - La libertad				Inspección		1				
Ficha N° :				Espera		0				
Compuesto aprobado por: -				Transporte		4				
Fecha:				Almacenamiento		2				
				Distancia		106 metros				
				Tiempo		50 minutos				
				Total operaciones		14				
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad					observaciones	
				○	□	◇	⇨	▽		
Extracción de materia prima	15 m3		10	●						Avastesimiento frecuente
Transporte a zona de carga		2	1				●			
Carga de material			3		●					
Trasnsporte a tova de chancadora		40	3					●		
Chancado de materia prima			10		●					Siempre avastecer
Barrido de material en tolva			3		●					aprovechar toda la MP
Inspección de material chancado			2			●				Revisar tamaño adecuado
Zarandeo de marterial por tamaño			5		●					
Separado de gravilla por tamaño			2		●					
Transporte de gravilla por fajas		4	3					●		Revisar el tamaño de cada faja
Acopio de gravilla en distintos puntos			1						●	
Carga a volquete			3		●				●	
Trasnsporte a almacén		60	3						●	
Almacenamiento de arena gruesa			1							Reportar capacidad
<b>Total</b>			106	50						

En la producción de piedra grande, como ya se ha mencionado mayormente intervienen operarios, es decir en todos los procesos se realizarán tiempos estándares. Calculando con el sistema Westinghouse, este producto cuenta con 8 actividades y los suplementos varían debido a las condiciones de trabajo que se presentan en esta área.

**Tabla 41**

*Calificación westinghouse para la piedra grande.*

Áreas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Total S. westinghouse	0.17	0.24	0.21	0.18	0.17	0.13	0.17	0.28

Nota: La calificación varia dependiendo del área y cada valor es obtenido del anexo 10.

Para el calculo del suplemento tambien se toman en cuenta el esfuerzo de la mano de obra, y esta es el área donde mas interviene, y esto se ve reflejado el resultado del calculo de las holguras como se puede notar en la siguiente tabla, los resultados de las areas A3, A4 Y A5 son mas elevados puesto que son areas trabajadas por mano de obra, sin intervención de maquinaria.

**Tabla 42**

*Suplementos por descanso para piedra grande.*

Areas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Total Holguras	0.14	0.14	0.19	0.2	0.2	0.13	0.09	0.09

Nota: sus suplementos variables cambian y se enfocan más en el trabajo manual, que por lo general se da en la selección de la piedra y el acopio hasta una zona de carga.

**Tabla 43**

*Calculo del sistema Westinghouse para la piedra grande.*

Elementos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Total
T. Observado	7.0	2.3	1.4	5.7	2.3	2.4	2.3	0.9	24.2
F. de calif	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	
T. normal	8.2	2.9	1.6	6.7	2.7	2.7	2.7	1.1	28.6
Suplemento	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	
T. Estandar	10	3	2	8	3	3	3	1	33

Nota: Se identifica que el tiempo estandar para la producción de 10 cubos de piedra grande es de 33 minutos.

Tras encontrar el tiempo estandar para la producción de piedra grande, vale aclarar que bajo un escenario mas optimo el tiempo estandar a cumplir por los operarios es de 33 minutos para 10 cubos de piedra grande. Gracias a esto podemos generar el cursograma analitico para este producto.

**Figura 26**

*Cursograma analítico de producción de piedra (8"-12")*

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario/ Material/ Equipo						
<b>Diagrama N° 4</b>				<b>Resumen</b>						
Producto: Hormigon Piedra ( 8" - 12")				Actividad			Cantidad			
				Operación			4			
Inspección			1							
Actividad: Extracción de materia prima para la obtención de hormigón				Espera			0			
				Transporte			1			
				Almacenamiento			2			
Lugar : Retamas - Parcoy - Pataz - La libertad				Distancia			68 metros			
Ficha N° :				Tiempo			33 minutos			
Compuesto aprobado por:		-	Fecha:		Total operaciones			8		
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad					observaciones	
				○	□	◇	⇨	▽		
Extacción de materia prima	10 m3		10	●						Avastecimiento frecuente
Separación de materia prima			3	●						Extender la MP en campo
Verificación de materia prima			2		●					
Selección de material			8		●					Seleccionar medida estandar
Acopio de material en zona de carga		3	3						●	Usar herramientas de apoyo
Carga de material a volquete		3	3		●					
Transporte a almacén		65	3					●		
Almacenamiento de piedra			1						●	Reportar capacidad
Total		68	33							

Como se observa en los 4 cursogramas analíticos los tiempos a comparación de los DAP iniciales de la empresa, son más bajos, gracias a que se pudo calcular con más precisión y fiabilidad utilizando un sistema Westinghouse encontrando tiempos estándares, además que en el método actual se prioriza el abastecimiento continuo de materia prima, respetando el desempeño y holguras de los operarios, también se logra gestionar adecuadamente el abastecimiento de la materia prima, disminuyendo sobrecostos, tiempos muertos, improductividad, etc. Además, que estas herramientas utilizadas en Just in time ayuda a estandarizar los procesos de producción, marcando metas diarias y obteniendo el cumplimiento de estos resultados.

Después de planificar la producción bajo la modalidad de los cursogramas analíticos, es importante ejecutar una capacitación sobre:

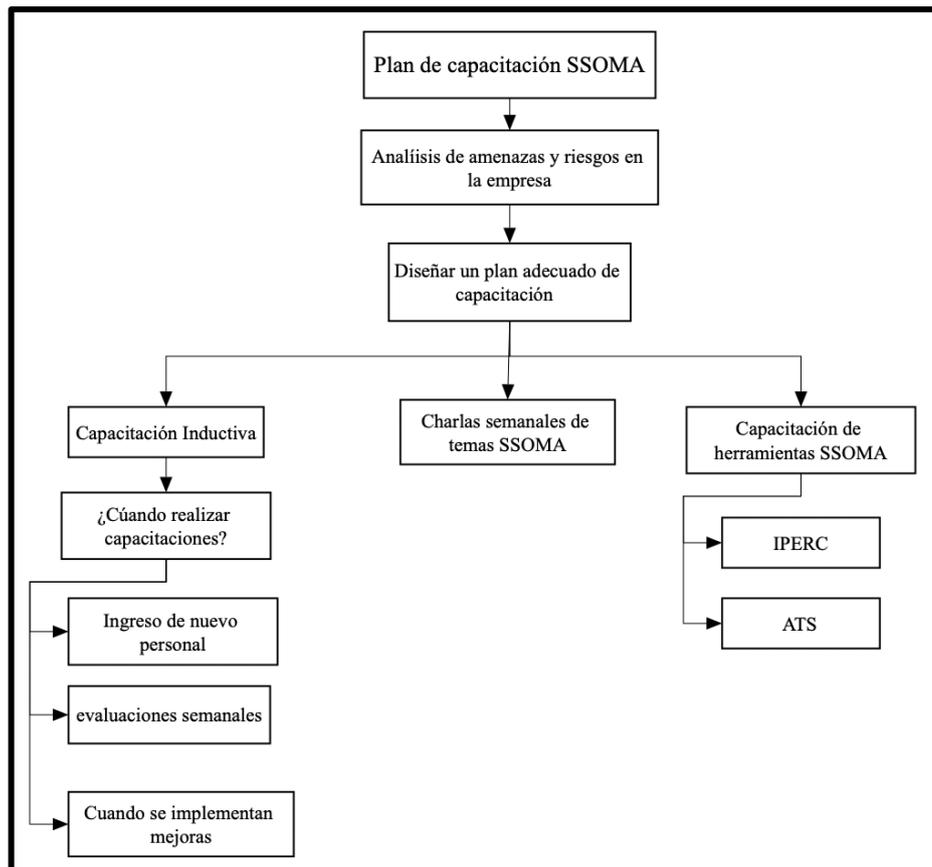
- Nuevos procesos de producción
- Tiempos que cumplir en cada paso de la producción
- Llenado y análisis de cursogramas analíticos

### 2.5.3.3. Diseño de implementación del plan de capacitación de SSOMA

Para la disminución de los índices de accidentes y el incremento de costos por esto se considera un plan de capacitación ssoma para solucionar la CR4.

**Figura 27**

*Flujograma de implementación del plan de capacitación SSOMA.*



La creación del plan de capacitación ssoma consiste en 3 pasos:

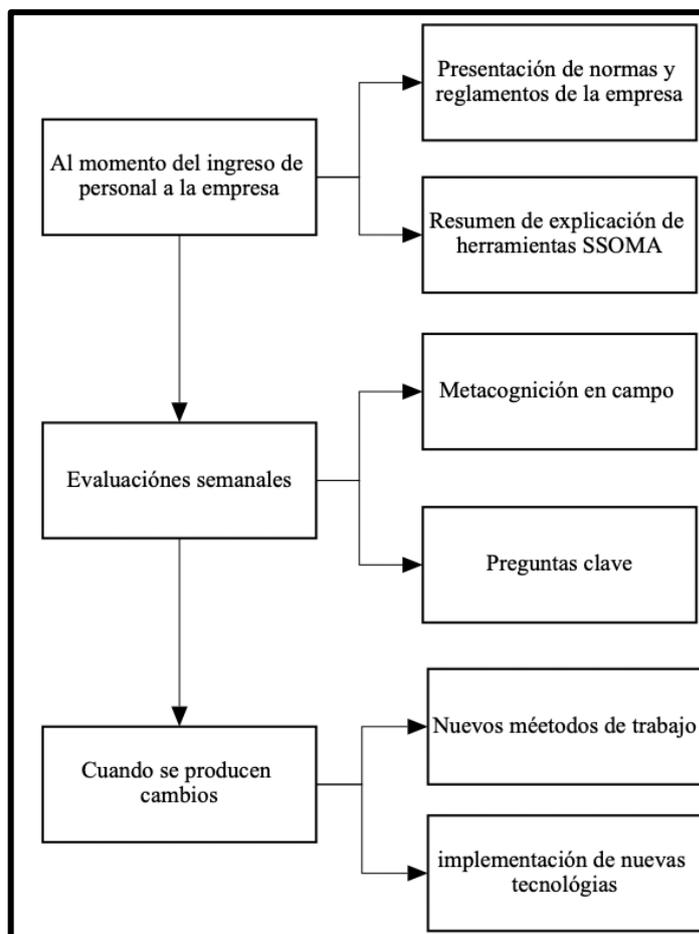
- Capacitación inductiva
- Charlas semanales de seguridad, salud y medio ambiente.
- Capacitación de herramientas SSOMA (IPERC y ATS)

## Capacitación inductiva

Las capacitaciones inductivas se deben realizar al personal que ingresa a laborar en la empresa, dicho trabajador debe conocer y adaptarse a las políticas de seguridad salud y medio ambiente del trabajo. Por ello se propone realizar la siguiente guía para llevar a cabo estas capacitaciones.

**Figura 28**

*Cuando realizar capacitaciones inductivas.*



## Charlas semanales de seguridad, salud y medio ambiente.

Este paso ayudará a los trabajadores a estar conscientes de los peligros a los que se enfrentan al laborar en su área de trabajo, es importante que ellos conozcan como evitar y estar preparados ante todo tipo de riesgos, el prevencionista también debe tener la noción de

cuanto debe tardar una charla para optimizar y lograr una mayor eficiencia aprovechando de manera adecuada las jornadas de trabajo. Por ello es necesario que los tiempos a tratar en cada capacitación deben ser estandarizados y esto se logra mediante el sistema Westinghouse. Para esto debemos saber que una charla de seguridad cuenta con 4 partes:

- Introducción, donde se expone teóricamente los conceptos y/o conocimientos con los que cuenta el prevencionista de seguridad, sobre determinado tema.
- Participación, donde el prevencionista realiza dinámicas y/o muestras aplicadas de cómo realizar los procesos de seguridad especificados en la charla.
- Retroalimentación, se pueden llevar a cabo cuestiones respecto al tema expuesto, con la participación y conocimientos que tienen los trabajadores.
- Conclusión, el prevencionista ejecuta el cierre de la charla, remarcando puntos claves del tema expuesto.

Para calcular el tiempo estándar de cada parte de la charla y el tiempo que tendría que tardar una charla, necesitamos encontrar el factor de calificación, que se encuentra gracias a la tabla de factores que se pueden visualizar en el anexo 4, los parámetros se dan según la disposición de los participantes de la charla y la condiciones en donde se da la charla. En este caso, se omiten los suplemento u holguras debido a que es un proceso los trabajadores no deben tener interrupciones.

**Tabla 44**

*Porcentajes de calificación Westinghouse para las charlas SSOMA.*

Factor	Clasificación	Valor
Habilidad	A2	13%
Esfuerzo	A2	12%
Condiciones	C	2%
Consistencia	B	3%
Total		30%

Luego de encontrar el porcentaje de calificación, se realiza una toma de tiempos en 10 muestras para encontrar los tiempos estándar, se encontraron los siguientes resultados.

**Tabla 45**

*Cálculo del sistema Westinghouse para charlas SSOMA.*

Elementos	Introducción	Participación	Retroalimentación	Conclusión	Total
T. Observado	8.2	4	2.3	1.5	16
F. de calif	1.3	1.3	1.3	1.3	
T. Estandar	10.66	5.2	2.99	1.95	20.8

**Nota:** Tras realizar el cálculo con sistema Westinghouse encontramos que el tiempo ideal en el cual se debe desarrollar una charla es de 20.8 minutos.

Luego de tener en cuenta el tiempo estándar de una charla y el tiempo para cada parte de la charla, se presenta el temario de seguridad para cada semana.

**Tabla 46**

*Programación semanal de temario de charlas de seguridad, salud y medio ambiente.*

Fecha	Tema	Firma
Semana 3	Uso adecuado y obligatorio de los equipos de protección personal	
Semana 4	Eliminación y control de riesgos	
Semana 5	Hábitos SST	
Semana 6	Orden y limpieza en el área de trabajo	
Semana 7	Las condiciones de trabajo son diferentes	
Semana 8	La distracción en el área de trabajo	
Semana 9	Pirámide de seguridad	
Semana 10	Protección a la piel	
Semana 11	Seguridad - Responsabilidad de todos	
Semana 12	Sentido común en la seguridad	
Semana 13	Los peligros y los riesgos de las máquinas y herramientas	
Semana 14	Peligros de la rutina	
Semana 15	Riesgo eléctrico	
Semana 16	Primeros auxilios	
Semana 17	Prácticas seguras en el trabajo	
Semana 18	Sistemas de protección colectiva	
Semana 19	Importancia del uso adecuado de los epps	
Semana 20	Retroalimentación	

## Capacitación de herramientas SSOMA (IPERC y ATS)

### IPERC

El IPERC se define como la identificación de peligros y la evaluación de riesgos y controles y como señala el artículo 57 de la ley 29783 el iperc debe actualizarse una vez al año como mínimo, o cuando las condiciones de trabajo cambian, esto podría ser al implementar nuevos métodos de trabajo o la implementación de nuevas tecnologías ya que estas representan nuevos riesgos, existe otro momento en el que el IPERC debe ser modificado y es cuando hay la ocurrencia de un accidente, esto quiere decir que el iperc anterior era deficiente o no se cumplió adecuadamente los métodos de seguridad

Para la elaboración del IPERC se debe involucrar a los trabajadores mientras que el supervisor o prevencionista de seguridad aclara y complementa las ideas, así lo indica; el artículo 82° del reglamento de seguridad y salud en el trabajo del Perú.

El IPERC cuenta con 6 partes:

- Información previa
- Identificación de peligros
- Evaluación de riesgo
- Valoración de iperc
- Adopción de medidas de control
- Revaloración del nivel de riesgo



**Figura 30**

*Tabla de probabilidad y severidad.*

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Común (muy probable)	F ≤ Diariamente Sucede con demasiada frecuencia
B	Ha sucedido (probable)	Diariamente < F ≤ Mensualmente Sucede con frecuencia
C	Podría suceder (posible)	Mensualmente < F ≤ Anualmente Sucede ocasionalmente
D	Raro que suceda (poco probable)	Anualmente < F ≤ 05 años Rara vez ocurre No es muy probable que ocurra
E	Prácticamente imposible que suceda	F > 05 años Muy rara vez ocurre /Imposible que ocurra

NIVEL	SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN		
		Lesión personal	Daño a la Propiedad	Daño al proceso
1	Catastrófico	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Pérdidas por un monto mayor a US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 mes o paralización definitiva.
2	Mortalidad (Pérdida mayor)	Una mortalidad. Estado vegetal.	Pérdidas por un monto entre US\$ 10,001 y US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes
3	Pérdida permanente	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Pérdida por un monto entre US\$ 5,001 y US\$ 10,000	Paralización del proceso de más de 1 día hasta 1 semana.
4	Pérdida temporal	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posición ergonómica	Pérdida por monto mayor o igual a US\$ 1,000 y menor a US\$ 5,000	Paralización de 1 día.
5	Pérdida menor	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Pérdida por monto menor a US\$ 1,000	Paralización menor de 1 día.

Fuente: Ministerio de trabajo del Perú

**Figura 31**

*Matriz de riesgo.*

<b>SEVERIDAD</b>	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	Permanente	3	6	9	13	17	20
	Temporal	4	10	14	18	21	23
	Menor	5	15	19	22	24	25
			<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
			Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
			<b>PROBABILIDAD</b>				

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
<b>ALTO</b>	Riesgo no aceptable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales	<b>0-24 HORAS</b>
<b>MEDIO</b>	Riesgo aceptable, iniciar medidas para eliminar / reducir el riesgo, Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	<b>0-72 HORAS</b>
<b>BAJO</b>	Este riesgo es aceptable	<b>1 MES</b>

Fuente: Ministerio de trabajo del Perú

El personal debe conocer cada una de las partes del IPERC, en el momento del llenado de esta herramienta ellos aporten con sus opiniones facilitando y agilizando este proceso.

### ATS

El ATS también es una herramienta de seguridad que en el caso de la cantera se debe llenar en caso se realicen trabajos no rutinarios o actividades no señaladas en el IPERC así lo expresa el artículo 99° del reglamento de seguridad salud y medio ambiente. Como se sabe en la cantera de agregados, hay ocasiones en las cuales se realizan trabajos fuera del rango rutinario de producción, por ello es esencial que los trabajadores conozcan esta

herramienta, de igual manera esta herramienta ayuda a que los trabajadores tengan conocimiento, generando en ellos una cultura de seguridad.

**Figura 32**

*Formato ATS para sector minero.*

ANALISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS)				
FP-COR-SIB-03.03-01				
V-01				
NOMBRE DEL TITULAR DE LA ACTIVIDAD MINERA:	NOMBRE DE LA TAREA O TRABAJO:		N°/Código del ATS	
ÁREA:			Página:	Versión:
PERSONAL EJECUTOR	FIRMAS	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	EPP:	
1.	1.	-----	-----	
2.	2.	-----	-----	
3.	3.	-----	-----	
4.	4.	-----	-----	
5.	5.	-----	-----	
6.	6.	-----	-----	
PASOS DE LA TAREA	PELIGROS	RIESGOS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE
Supervisor de trabajo:	Supervisor de Área:			
Fecha :	Fecha :			

Fuente: Ministerio de trabajo del Perú

Como se sabe, para que estas 2 herramientas las usen adecuadamente los trabajadores es importante que se capaciten en el llenado de estos. Para evaluar si estos pasos sirvieron en la empresa, el prevencionista debe realizar un análisis mensual de disminución en el índice de accidentes. Si no se logró la disminución se debe cambiar o mejorar las estrategias.

## 2.6. Simulación

La simulación o modelación es una técnica numérica muy usada en el área de operaciones, la ventaja primordial de esta; es conocer los resultados sin aplicar los procedimientos a implementar, tras conocer los escenarios de la simulación se puede tomar decisiones más acertadas según los resultados obtenidos RZ Sáenz (2005). En este proyecto se utiliza la simulación para conocer los resultados que la cantera podría obtener tras la implementación de las herramientas de ingeniería industrial.

### Elección de modelos de simulación

Luego del diseño del plan del proyecto es importante mostrar con datos simulados los posibles resultados, para ello se va a realizar simulaciones.

**Tabla 47**

*Sustentación de la selección del modelo de simulación.*

Problema	Herramienta	Software de simulación	Ventaja
P1	TPM	ProModel	En la herramienta TPM es necesario que sea modelada en el software ProModel, debido a que este se adapta a la maquinaria que utiliza la empresa.
P2	Metodología 5'S	ProModel	El software ProModel es adecuado para simular los cambios que se plantean usar en la metodología 5'S, gracias a sus herramientas de modelado e interpretación exacta
P3	Just in time	ProModel	El just in time se adecua de manera eficiente en una modelación de ProModel, este software cuenta con muchas herramientas que ayudan a una simulación más acertada al plan de implementación.
P4	Plan de capacitación SSOMA	Sistema Dashboard	Un plan de capacitación SSOMA es adecuado a modelar en un dashboard por las representaciones gráficas y didácticas, lo que lo hace más eficiente al momento de cuantificar los costos después del plan de mejoras.

## 2.7. Evaluación económica

Para realizar la evaluación económica se aplica el flujo de caja de los resultados obtenidos en el plan de mejora, para realizar los cálculos de la rentabilidad del proyecto se considera los costos, los egresos e inversión. Se considera la evaluación económica anual calculando los beneficios por herramienta, obteniendo lo siguiente.

**Tabla 48**

*Calculo de inversión anual del plan de mejora.*

Herramienta	Cantidad	Precio	Total
TPM			
Asesor	4	S/ 1,500.00	S/ 6,000.00
Laptop	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Herramientas	4	S/ 100.00	S/ 100.00
Materiales	5	S/ 100.00	S/ 100.00
Metodología 5'S			
Asesor	4	S/ 1,500.00	S/ 6,000.00
Laptop	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Personal	4	S/ 1,200.00	S/ 4,800.00
Materiales	5	S/ 150.00	S/ 150.00
Just in time			
Asesor	4	S/ 1,500.00	S/ 6,000.00
Laptop	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Materiales	1	S/ 50.00	S/ 50.00
Plan SSOMA			
Prevencionista	10	S/ 2,000.00	S/ 20,000.00
Laptop	1	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Proyector	1	S/ 400.00	S/ 400.00
Materiales	5	S/ 100.00	S/ 100.00
Total			S/ 53,700.00

**Nota:** Se calculo la inversión para el periodo de 1 año esto nos da un total de inversión de S/ 53,700.00, siendo los montos más elevados de inversión en el sueldo de los profesionales que serán los encargados de ejecutar el plan de mejora.

Ahora se realiza el cálculo de los ingresos y egresos para poder realizar el flujo de caja.

**Tabla 49**

*Cálculo de egresos.*

Mes	Inversión		Salidas		Total
Junio	S/	53,700.00	S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Julio			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Agosto			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Setiembre			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Octubre			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Noviembre			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Diciembre			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Enero			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Febrero			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Marzo			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Abril			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Mayo			S/	24,300.00	S/ 24,300.00
Total					S/ 291,600.00

**Tabla 50**

*Cálculo de ingresos.*

Mes	Beneficio TPM, 5'S y JIT		Beneficio plan SSOMA		Total
Junio	S/	44,995.29	S/	6,659.84	S/ 51,655.13
Julio	S/	45,099.00	S/	6,736.00	S/ 51,835.00
Agosto	S/	45,075.00	S/	6,634.00	S/ 51,709.00
Setiembre	S/	44,984.00	S/	6,790.00	S/ 51,774.00
Octubre	S/	45,069.00	S/	6,617.00	S/ 51,686.00
Noviembre	S/	44,910.00	S/	6,671.00	S/ 51,581.00
Diciembre	S/	45,002.00	S/	6,779.00	S/ 51,781.00
Enero	S/	45,059.00	S/	6,682.00	S/ 51,741.00
Febrero	S/	45,097.00	S/	6,783.00	S/ 51,880.00
Marzo	S/	45,010.00	S/	6,703.00	S/ 51,713.00
Abril	S/	45,035.00	S/	6,658.00	S/ 51,693.00
Mayo	S/	44,923.00	S/	6,751.00	S/ 51,674.00
Total					S/ 620,722.13

**Tabla 51**

*Flujo de caja.*

Flujo de caja	-S/	53,700.00
Junio	S/	27,355.13
Julio	S/	27,535.00
Agosto	S/	27,409.00
Setiembre	S/	27,474.00
Octubre	S/	27,386.00
Noviembre	S/	27,281.00
Diciembre	S/	27,481.00
Enero	S/	27,441.00
Febrero	S/	27,580.00
Marzo	S/	27,413.00
Abril	S/	27,393.00
Mayo	S/	27,374.00

En cuanto al tiempo de recuperación, lo obtenemos a través del cálculo encontrado en la siguiente tabla

**Tabla 52**

*Tiempo de recuperación de inversión.*

Mes	Flujo	Acumulado	Recuperación
0	-S/ 53,700.00		
1	S/ 29,693.84	S/ 29,693.84	-S/ 24,006.16
2	S/ 29,839.00	S/ 59,532.84	S/ 89,226.68
3	S/ 29,821.00	S/ 89,353.84	S/ 119,192.84
4	S/ 29,818.00	S/ 119,171.84	S/ 148,992.84
5	S/ 29,752.00	S/ 148,923.84	S/ 178,741.84
6	S/ 29,799.00	S/ 178,722.84	S/ 208,474.84
7	S/ 29,736.00	S/ 208,458.84	S/ 238,257.84
8	S/ 29,870.00	S/ 238,328.84	S/ 268,064.84
9	S/ 29,775.00	S/ 268,103.84	S/ 297,973.84
10	S/ 29,822.00	S/ 297,925.84	S/ 327,700.84
11	S/ 29,693.00	S/ 327,618.84	S/ 357,440.84
12	S/ 29,711.00	S/ 357,329.84	S/ 387,022.84
Tiempo de recuperación			1.96

**Nota:** El tiempo de recuperación de la inversión del proyecto es de 1.8 meses, lo que refleja un tiempo muy corto para la recuperación, lo que también refleja un proyecto rentable en un tiempo corto.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Situación actual de la empresa

Como se pudo detectar, actualmente en la producción de los principales productos que fabrica la empresa, existe un determinado tiempo de producción, al igual que determinadas operaciones. Actualmente, en la producción de hormigón emplea un total de 6 operaciones con un tiempo de 32.5 minutos para producir 15 metros cúbicos, en cuanto a la gravilla y arena gruesa, la empresa emplea 14 operaciones y un total de 65.5 minutos para producir 30 metros cúbicos, por último, en la producción de piedra grande, la empresa aplica 7 operaciones para producir 10 metros cúbicos de material demorando 37.5 minutos.

También se logró identificar las causas raíces para el problema principal, mediante un diagrama de ishikawa ubicado en la figura 6.

**Tabla 53**

*Identificación de Problema y Causas raíces*

Altos costos operativos en la cantera de agregados Retamas - Parcoy	
Perdida de producción por Maquina paralizada	- Ausencia de plan de mantenimiento - Ausencia de capacitaciones de mantenimiento autónomo
Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores	- Falta de herramientas Lean manufacturing en la producción - Falta de capacitación de producción diaria
Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima	- Falta de plan de abastecimiento
Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales	- Falta de capacitación de seguridad - Ausencia de métodos para la seguridad

## Selección de herramientas

Para seleccionar las herramientas, las agrupamos por alternativas, respetando la compatibilidad de las herramientas, para solucionar las causas raíces del problema al igual que se respetó las restricciones realistas que tiene la empresa, costo, tiempo, Recurso humano e inversión en equipos.

### Tabla 54

*Resumen de herramientas agrupadas en alternativas.*

Agrupación de herramientas	
Alternativa 1	TPM
	Metodología 5´S
	Just in time
	Plan de capacitación SSOMA
Alternativa 2	Kamban
	Takt time
	VSM
Alternativa 3	Metodología SG-SST
	Capacitación de mantenimiento
	AMEF
	Lean Thinking
	Metodologia 5M

## Diseño del plan de mejora para la cantera de agregados

En cuanto al de plan de mejoras, se diseñó respecto a las principales necesidades de la empresa, respetando la estructura de la herramientas, en TPM, se realizó un desarrollo de formatos para evaluar y estandarizar el desarrollo de los 8 pilares del TPM, en la metodología 5´S se realizó un diseño donde se respete cada S de la herramienta, proponiendo fichas de conformidad y estandarización, en Just in time fue necesario la creación de un nuevo método de producción, estandarizando los tiempos basándome en el sistema Westinghouse, mientras que para el plan de

capacitación SSOMA fue importante elaborar un plan donde se promueva la cultura de la seguridad laboral, a través de charlas y capacitaciones, basándonos en el rubro de la empresa también es importante que el personal conozca el llenado de las herramientas IPERC y ATS.

### **3.2. Desarrollo de la simulación**

#### **Simulación de mantenimiento productivo total aplicado al problema 1, 2 y 3**

En esta simulación se pasa a realizar una simulación conjunta entre el plan de implementación de TPM, metodología 5'S y Just in time ya que estas 3 se relacionan en cuanto a sobrecostos, área de producción y los planes se complementan buscando disminuir tiempos improductivos de los trabajadores y maquinaria a través de una mejor organización y un mejor control de materia prima.

Para la simulación es conveniente que se modele el proceso productivo de los 4 principales productos que produce la cantera, en la simulación vamos a contemplar resultados mejorados, a través de una mejora de tiempos, estandarizando los procesos y eliminando procesos que la empresa utiliza actualmente, los cuales generan improductividad, también se está teniendo en cuenta que, la maquinaria, gracias a su plan de TPM ha disminuido considerablemente en cuanto a sus paralizaciones.

Los procesos productivos a modelar corresponden a la producción de (Hormigón, Arena gruesa, Gravilla y piedra de 8"-12")

A continuación, presenta las simulaciones de cada producto

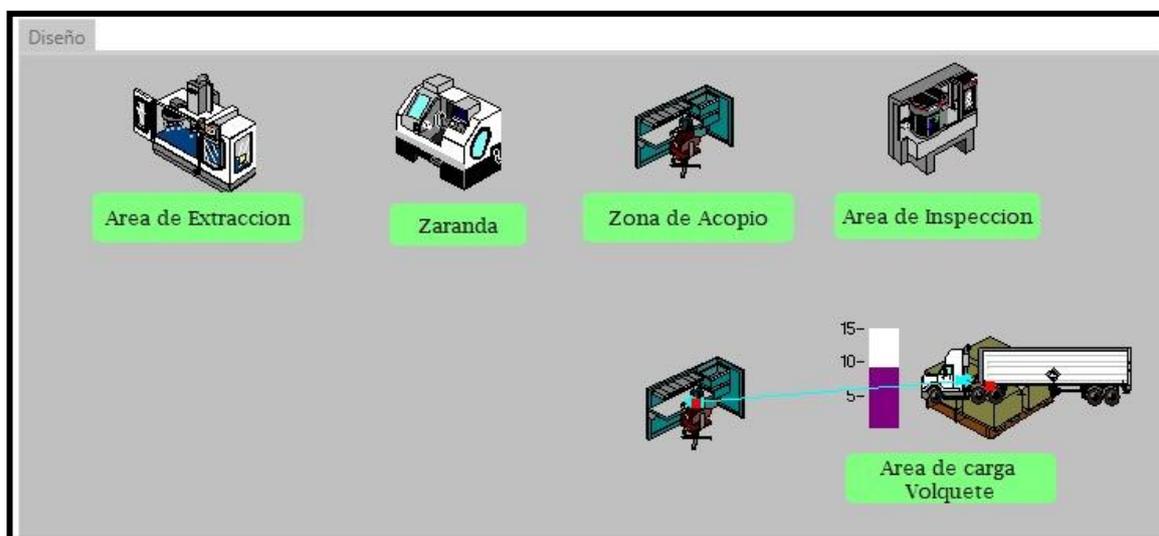
#### **Simulación de proceso productivo del hormigón**

Este producto cuenta con 6 procesos importantes para su producción, el área de extracción en donde interviene la retroexcavadora para extraer la materia prima

y acopiarla, para posteriormente utilizar la zaranda, luego de la zaranda el material es acopiado para después ser inspeccionado por el encargado del área, luego de esto el hormigón es cargado al volquete de 15 cubos de capacidad para ser llevado a almacén. el modelado esta adecuado para que se trabajen las 8 horas del día, la muestra tiene un tiempo de 30 minutos, lo que significa, que cada media hora se producen 15 cubos de material aproximadamente.

**Figura 33**

*Diseño de simulación de la producción de hormigón en Software ProModel.*



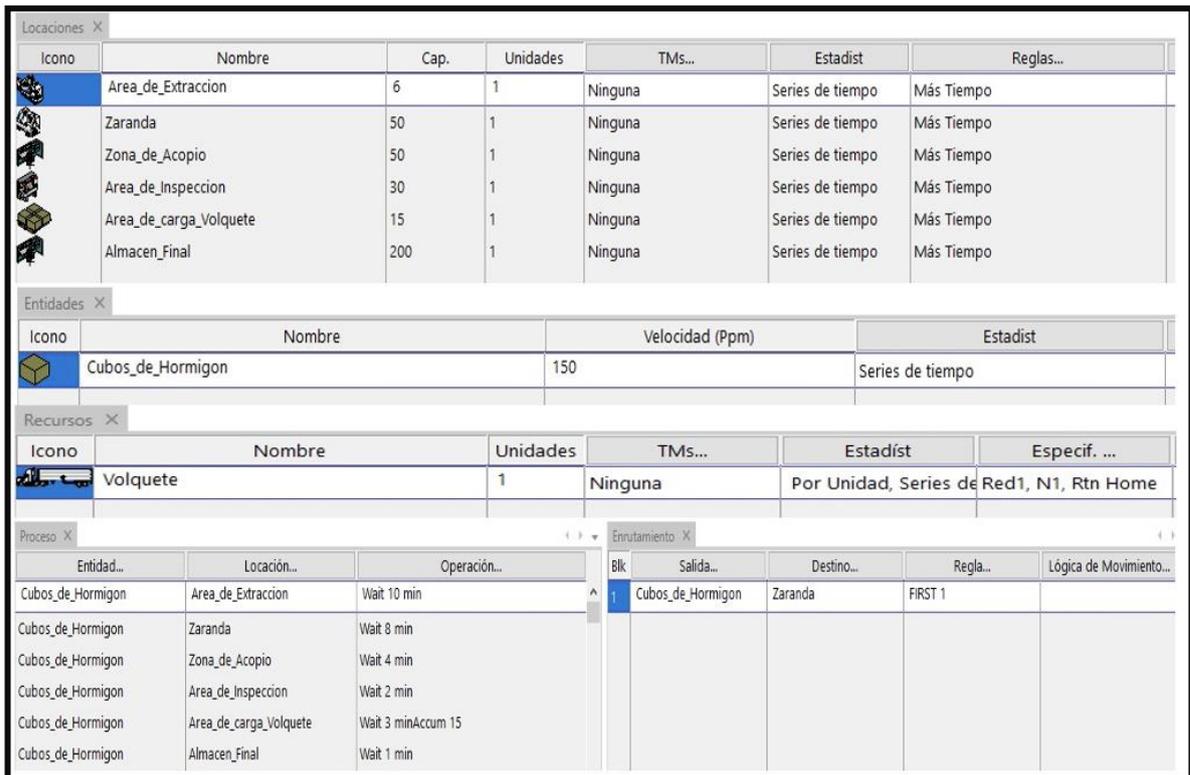
**Nota:** En esta figura podemos observar el proceso por el que se produce el hormigón, a comparación del método productivo actual de la empresa, aquí agrego el proceso de inspección con el fin de mejorar la calidad de este producto, de igual manera reduciendo sobrecostos por desperdicios o mermas.

En el modelado, se colocan las capacidades que tiene cada locación, dependiendo de esto también se mejora la producción, también se contempló esas capacidades para la simulación, puesto que el área de terreno que ocupa cada área tiene aproximadamente esas capacidades (cubos). También tenemos las entidades, en esta ocasión viene a ser el cubo de hormigón; este se coloca como unidad de medida en “cubo”, ya que con esto se calcula y se

comercializa los productos que tiene la empresa, también tomamos en cuenta como recurso al volquete, ya que es el medio por el cual transportamos el producto terminado hacia el almacén.

**Figura 34**

*Modelado de producción de hormigón en software ProModel.*



The screenshot displays the ProModel configuration interface with the following data:

Locaciones X						
Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadíst	Reglas...
	Area_de_Extraccion	6	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zaranda	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zona_de_Acopio	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Inspeccion	30	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_carga_Volquete	15	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Almacen_Final	200	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo

Entidades X			
Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadíst
	Cubos_de_Hormigon	150	Serie de tiempo

Recursos X					
Icono	Nombre	Unidades	TMs...	Estadíst	Especif. ...
	Volquete	1	Ninguna	Por Unidad, Serie de	Red1, N1, Rtn Home

Proceso X			Enrutamiento X				
Entidad...	Locación...	Operación...	Blk	Salida...	Destino...	Regla...	Lógica de Movimiento...
Cubos_de_Hormigon	Area_de_Extraccion	Wait 10 min	1	Cubos_de_Hormigon	Zaranda	FIRST 1	
Cubos_de_Hormigon	Zaranda	Wait 8 min					
Cubos_de_Hormigon	Zona_de_Acopio	Wait 4 min					
Cubos_de_Hormigon	Area_de_Inspeccion	Wait 2 min					
Cubos_de_Hormigon	Area_de_carga_Volquete	Wait 3 minAccum 15					
Cubos_de_Hormigon	Almacen_Final	Wait 1 min					

**Figura 35**

*Resultado de simulación de producción de hormigón en Software ProModel.*

Nombre	Total Salidas
Cubos de Hormigon	90.00

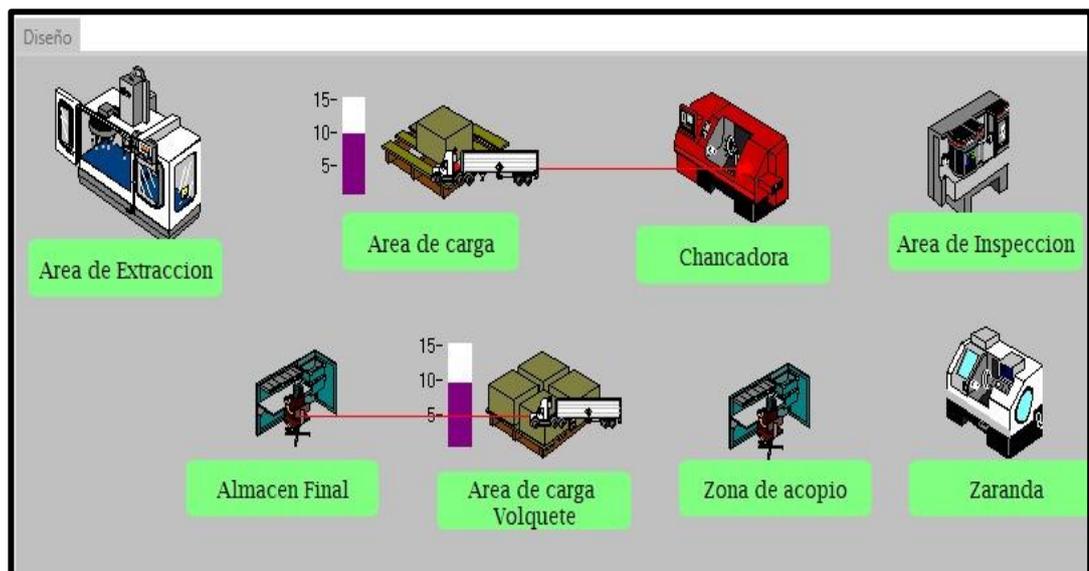
Tras la modelación del proceso productivo del hormigón podemos ver que el correcto funcionamiento de maquinaria y el buen abastecimiento de materia prima y la disminución de tiempos improductivos por parte de los operarios lograron que la producción diaria de este producto aumente la producción.

### Simulación de proceso productivo de la arena gruesa

Para la simulación de este producto se tomó en cuenta que se tiene 8 áreas importantes por los cuales se transforma la materia prima, en arena gruesa, en este proceso intervienen maquinarias como la retroexcavadora, que se encarga de la extracción de materia prima, de acopiar la materia prima y de cargar al volquete la materia prima y el material terminado, también está la chancadora, la cual tritura la materia prima y la acopia a un punto de carga la arena gruesa, para finalmente ser trasladada mediante el volquete hasta el almacén.

**Figura 36**

*Diseño de simulación de la producción de la arena gruesa en Software ProModel.*



**Nota:** Como se observa en la figura, la producción de arena gruesa conlleva más proceso, sin embargo, se buscó optimizar sus procesos aprovechando correctamente la organización, abastecimiento de materia prima y maquinaria.

En el modelado encontramos 8 locaciones, cuyas capacidades es equivalente a la capacidad real de sus determinadas áreas, vale aclarar que sus capacidades están medias en metros cúbicos, en cuando a las entidades, tenemos como única entidad

los cubos de arena gruesa y como recurso tenemos 2 volquetes, lo que significa que esta maquinaria se utiliza 2 veces, al momento de transportar la materia prima a la tolva de la chancadora y al final, que se transporta el producto terminado hasta el almacén central. En cuanto al proceso, cada proceso tiene un tiempo estándar el cual se tiene que cumplir para producir 15 cubos de material en 1 muestra.

**Figura 37**

*Modelado de producción de la arena gruesa en software ProModel.*

Locaciones X						
Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Area_de_Extraccion	8	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_carga	15	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Chancadora	100	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Inspeccion	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zaranda	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zona_de_acopio	75	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_carga_Volquete	15	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Almacen_Final	100	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo

Entidades X			
Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist
	Cubos_de_Arena_Gruesa	150	Serie de tiempo

Recursos X						
Icono	Nombre	Unidades	TMs...	Estadíst	Especif. ...	Buscar...
	Volquete_1	1	Ninguna	Por Unidad, Serie de Red1, N1, Rtn Home		Ninguna
	Volquete_2	1	Ninguna	Por Unidad, Serie de Red_2, N1, Rtn Home		Ninguna

Proceso X			Enrutamiento X				
Entidad...	Locación...	Operación...	Blk	Salida...	Destino...	Regla...	Lógica de Movimiento...
Cubos_de_Arena_Gruesa	Area_de_Extraccion	Wait 10 min	1	Cubos_de_Arena_Gruesa	Area_de_carga	FIRST 1	Move For 1 min
Cubos_de_Arena_Gruesa	Area_de_carga	Wait 3 minAccum 15					
Cubos_de_Arena_Gruesa	Chancadora	Wait 13 min					
Cubos_de_Arena_Gruesa	Area_de_Inspeccion	Wait 2 min					
Cubos_de_Arena_Gruesa	Zaranda	Wait 5 min					
Cubos_de_Arena_Gruesa	Zona_de_acopio	Wait 1 min					
Cubos_de_Arena_Gruesa	Area_de_carga_Volquete	Wait 3 minAccum 15					
Cubos_de_Arena_Gruesa	Almacen_Final						

**Nota:** En los recursos se puede visualizar 2 volquetes, vale aclarar que un modelo realista solo es necesario utilizar un volquete, se agregó un segundo volquete por las especificaciones de la simulación y el programa.

**Figura 38**

*Resultado de simulación de producción de la arena gruesa en Software ProModel.*

Nombre	Total Salidas
Cubos de Arena Gruesa	75.00

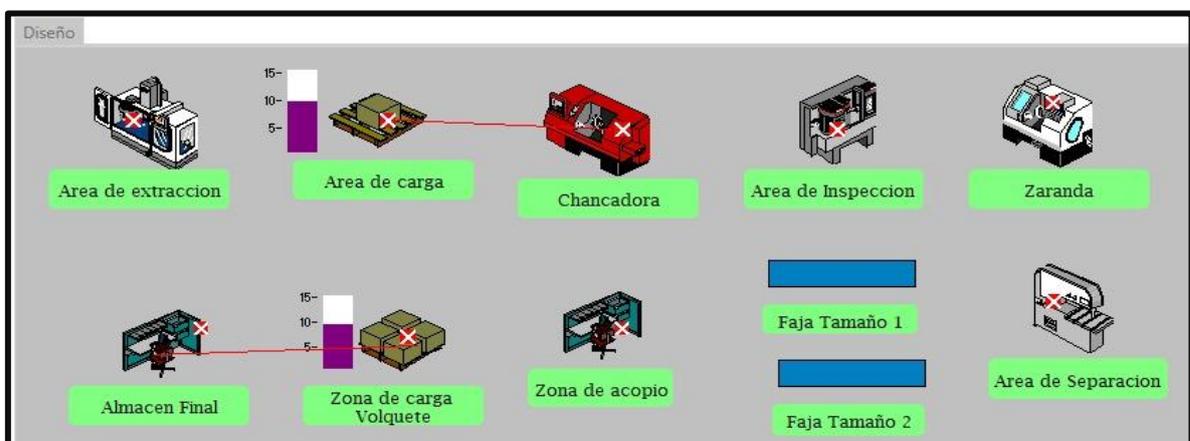
Tras analizar los resultados de la simulación notamos que la producción de hormigón diaria también aumento, disminuyendo los sobrecostos.

**Simulación de proceso productivo de 2 tipos de gravilla**

En la cantera se producen 2 tipos de gravilla clasificada por tamaños. Este el proceso más extenso de todos, incluye 11 áreas para la producción de gravilla, la maquinaria que se utiliza generalmente para este proceso es la retroexcavadora que cumple la función de recolectar materia prima y cargar el material y producto terminado al volquete, el cual traslada el material a la chancadora y almacén, también interviene la chancadora que tritura la materia prima, la zaranda la cual selecciona por medidas específicas la gravilla, para posteriormente las fajas transportadoras trasladen el producto terminado a puntos de acopio.

**Figura 39**

*Diseño de simulación de la producción de gravilla en Software ProModel.*

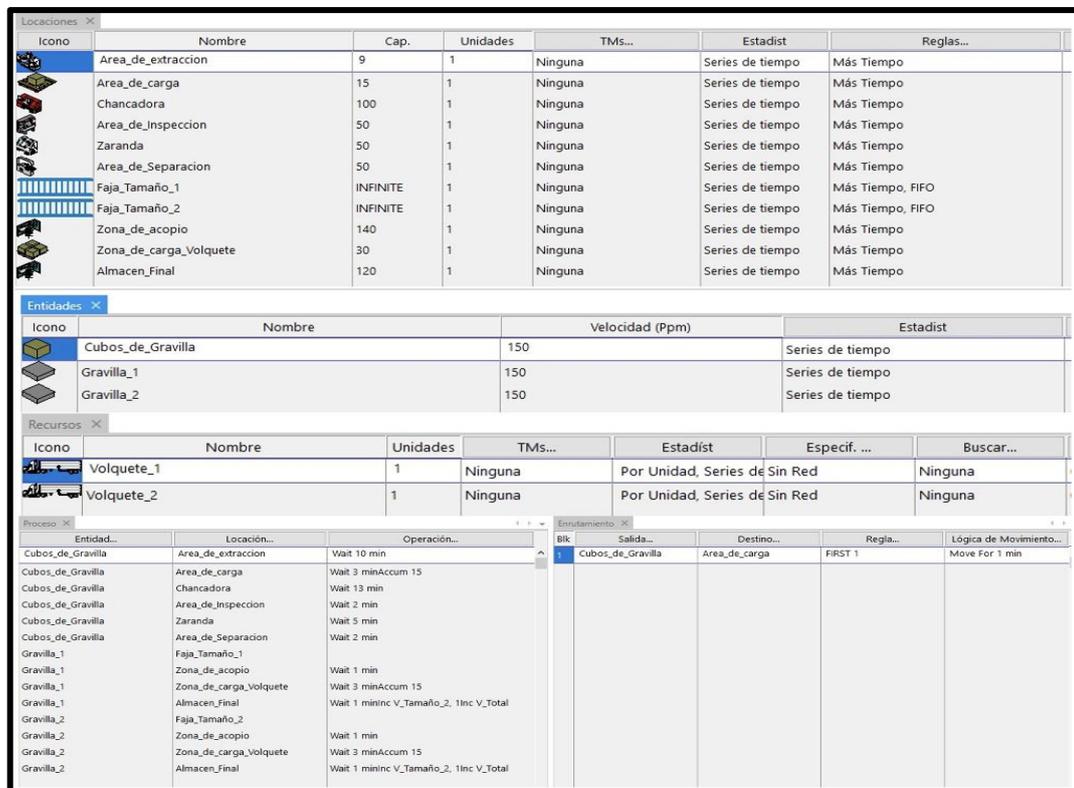


**Nota:** los procesos productivos que tiene la gravilla son similares a la arena gruesa, sin embargo, después de chancadora, mediante la zaranda esta se separa mediante rejilla vibratorias, que separan los tamaños ½” y ¾” que son transportados por las fajas a 2 puntos de acopio distintos.

En cuanto a las locaciones tenemos un total de 11 locaciones la cuales tienen una capacidad realista según la capacidad real que tienen ciertos puntos donde es acopiado el material, en cuanto a las entidades, se trabajó con 3 entidades los cuales son los cubos de gravilla, gravilla tipo 1 y tipo 2 cada una depende de la medida que tienen ya sea de ½ y de ¾. de igual manera en recursos se contempló 2 volquetes, los cuales cumplen con la función de trasladar la materia prima (volquete 1) y trasladar el producto terminado a almacén (volquete 2).

**Figura 40**

*Modelado de producción de gravilla en software ProModel.*



Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMS...	Estadist	Reglas...
	Area_de_extraccion	9	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_carga	15	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Chancadora	100	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Inspeccion	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zaranda	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Separacion	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Faja_Tamaño_1	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Faja_Tamaño_2	INFINITE	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo, FIFO
	Zona_de_acopio	140	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zona_de_carga_Volquete	30	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Almacen_Final	120	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo

Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist
	Cubos_de_Gravilla	150	Serie de tiempo
	Gravilla_1	150	Serie de tiempo
	Gravilla_2	150	Serie de tiempo

Icono	Nombre	Unidades	TMS...	Estadist	Especif. ...	Buscar...
	Volquete_1	1	Ninguna	Por Unidad, Series de Sin Red		Ninguna
	Volquete_2	1	Ninguna	Por Unidad, Series de Sin Red		Ninguna

Entidad...	Locación...	Operación...	Enlramiento...	Salida...	Destino...	Regla...	Lógica de Movimiento...
Cubos_de_Gravilla	Area_de_extraccion	Wait 10 min		Cubos_de_Gravilla	Area_de_carga	FIRST 1	Move For 1 min
Cubos_de_Gravilla	Area_de_carga	Wait 3 minAccum 15					
Cubos_de_Gravilla	Chancadora	Wait 13 min					
Cubos_de_Gravilla	Area_de_Inspeccion	Wait 2 min					
Cubos_de_Gravilla	Zaranda	Wait 5 min					
Cubos_de_Gravilla	Area_de_Separacion	Wait 2 min					
Gravilla_1	Faja_Tamaño_1						
Gravilla_1	Zona_de_acopio	Wait 1 min					
Gravilla_1	Zona_de_carga_Volquete	Wait 3 minAccum 15					
Gravilla_1	Almacen_Final	Wait 1 mininc V_Tamaño_2, 1inc V_Total					
Gravilla_2	Faja_Tamaño_2						
Gravilla_2	Zona_de_acopio	Wait 1 min					
Gravilla_2	Zona_de_carga_Volquete	Wait 3 minAccum 15					
Gravilla_2	Almacen_Final	Wait 1 mininc V_Tamaño_2, 1inc V_Total					

**Figura 41**

Resultado de simulación de producción de gravilla en Software ProModel.

Nombre	Total Salidas
Cubos de Gravilla	0.00
Gravilla 1	45.00
Gravilla 2	30.00

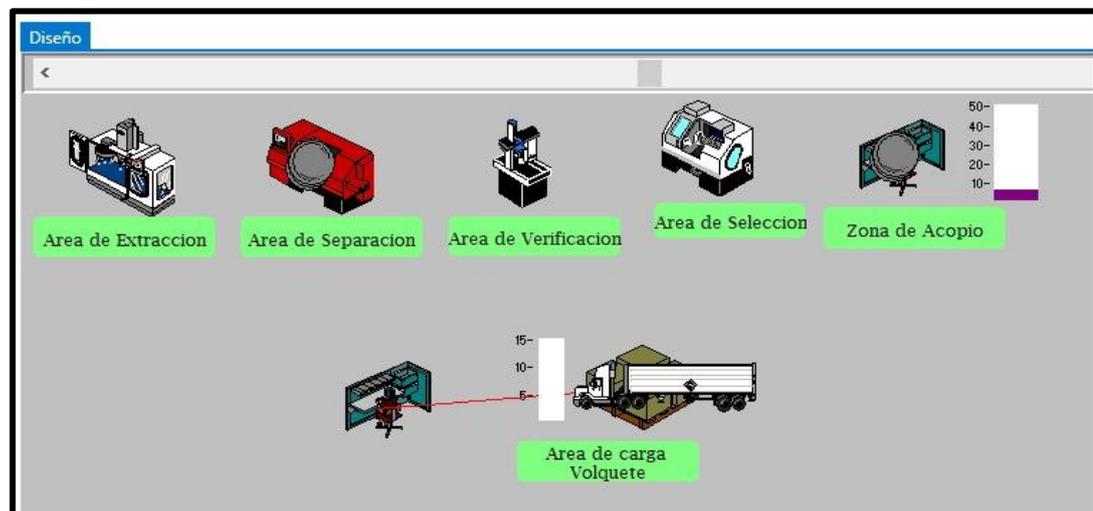
**Nota:** Como podemos observar, los resultados muestran 2 cantidades, correspondientes a los 2 tipos de gravilla que se producen correspondientes a ½” y ¾”.

### Simulación de proceso productivo de piedra grande 8” – 12”

En este modelado interviene la maquinaria la cual extrae la materia prima y transporta el producto terminado, en cuanto a la mano de obra, estos cumplen la función de seleccionar la piedra según el tamaño correspondiente.

**Figura 42**

Diseño de simulación de la producción de piedra grande en Software ProModel.

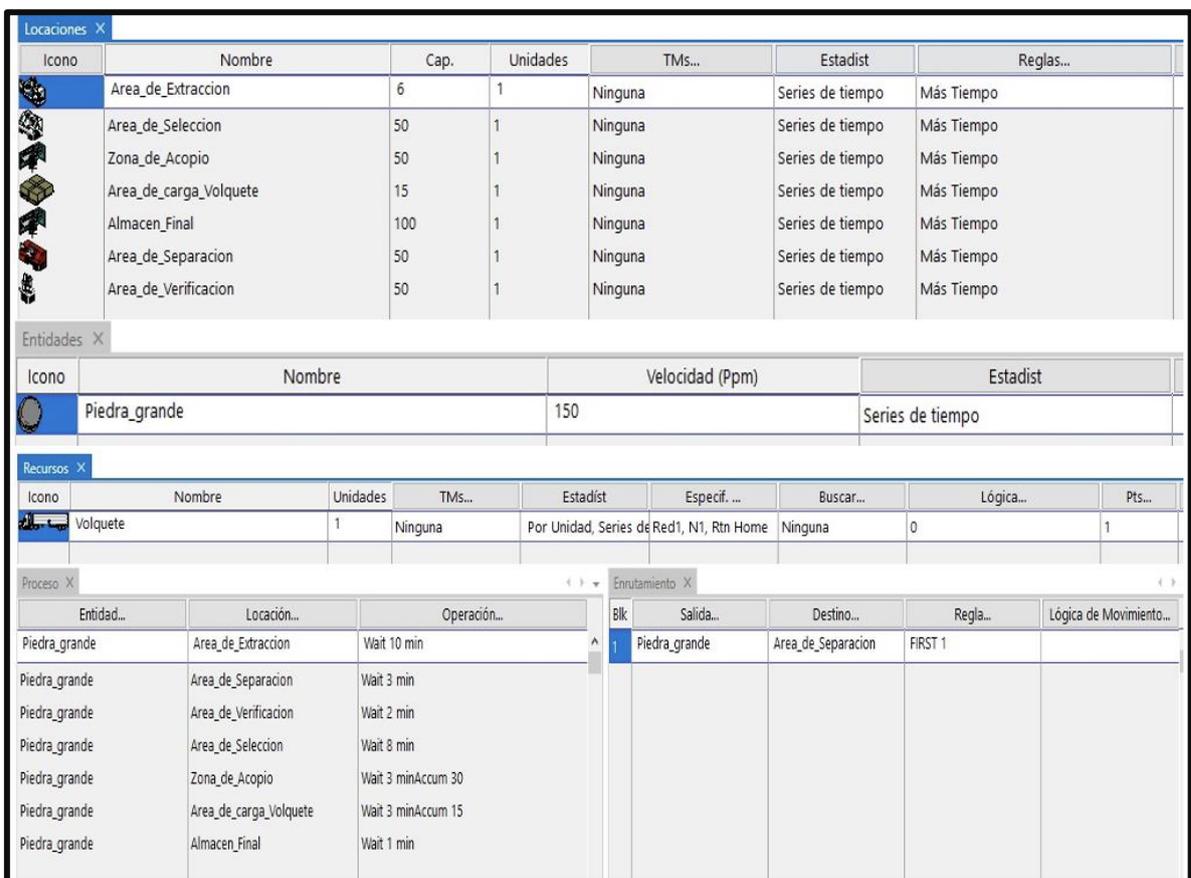


**Nota:** En este proceso productivo, actúa mayormente la mano de obra, sin embargo, la maquinaria es necesaria para el bastecimiento de materia prima y el transporte.

Se tomaron en cuenta 7 locaciones, con una capacidad realista en cuanto a la disposición de las áreas de cada locación, como entidad se trabajó la piedra grande en cubos métricos, como recurso el volquete, el cual traslada el material seleccionado al almacén central, por último, en cuanto al proceso se tomó en cuenta los nuevos tiempos que se mejoraron, gracias al plan de mejoras.

**Figura 43**

*Modelado de producción de piedra grande en software ProModel.*



The screenshot displays the ProModel software interface with several configuration windows open:

- Locaciones (Locations):** A table listing 7 locations with their respective capacities and units.
 

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Area_de_Extraccion	6	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Seleccion	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Zona_de_Acopio	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_carga_Volquete	15	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Almacen_Final	100	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Separacion	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
	Area_de_Verificacion	50	1	Ninguna	Serie de tiempo	Más Tiempo
- Entidades (Entities):** A table showing the 'Piedra\_grande' entity with a velocity of 150 Ppm.
 

Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist
	Piedra_grande	150	Serie de tiempo
- Recursos (Resources):** A table showing the 'Volquete' resource with 1 unit.
 

Icono	Nombre	Unidades	TMs...	Estadist	Especif. ...	Buscar...	Lógica...	Pts...
	Volquete	1	Ninguna	Por Unidad, Serie de Red1, N1, Rtn Home	Ninguna	0		1
- Proceso (Process):** A table showing the production process for 'Piedra\_grande' across various locations.
 

Entidad...	Locación...	Operación...
Piedra_grande	Area_de_Extraccion	Wait 10 min
Piedra_grande	Area_de_Separacion	Wait 3 min
Piedra_grande	Area_de_Verificacion	Wait 2 min
Piedra_grande	Area_de_Seleccion	Wait 8 min
Piedra_grande	Zona_de_Acopio	Wait 3 minAccum 30
Piedra_grande	Area_de_carga_Volquete	Wait 3 minAccum 15
Piedra_grande	Almacen_Final	Wait 1 min
- Enrutamiento (Routing):** A table showing the routing path for 'Piedra\_grande' from 'Area\_de\_Extraccion' to 'Area\_de\_Separacion' with the rule 'FIRST 1'.
 

Blk	Salida...	Destino...	Regla...	Lógica de Movimiento...
1	Piedra_grande	Area_de_Separacion	FIRST 1	

**Figura 44**

*Resultado de simulación de producción de piedra grande en Software ProModel.*

Nombre	Total Salidas
Piedra grande	60.00

**Nota:** se observa que este producto es el que menos se logra producir diariamente y esto debido a que su producción depende mayormente de los trabajadores que recolectan y escogen el producto, siendo un resultado variable según la productividad de cada trabajador.

**Tabla 55**

*Comparación de resultados de TPM, 5 S y Just in time con situación actual de la empresa*

Situación actual	valor mensual	Diferencia	Diferencia %
S/ 98,659.20	S/ 53,664.00	S/44,995.20	46%

Tras la simulación se realiza la comparación para comprobar el beneficio que se obtuvo al aplicar estas 3 herramientas en 3 problemas que tiene la empresa ligados directamente con la producción, para obtener esto fue importante realizar la sumatoria de las pérdidas mensuales que tiene la empresa con los problemas 1; 2 y 3, después de esto se calculó el valor mensual que aún está generando sobre costo, esto nos da una diferencia del 46% siendo este positivo para los resultados, teniendo en cuenta que los días que se laboran son 26 días al mes al igual que la meta de producción sería de 330 cubos y no 270 cubos como antes.

**Simulación del Plan de capacitación SSOMA aplicado al problema 4**

El plan de capacitación SSOMA es el más extenso y tiene un desarrollo de 5 meses, iniciando en agosto y finalizando en diciembre. La simulación de este plan se desarrolló en dashboard y se contempló 7 factores a modelar, importantes para definir si el plan es factible para implementación. Empleados (Presenta la cantidad de empleados, administrativos y operarios, la cantidad de días sin accidentes, y las horas trabajadas) Accidentes (número de accidentes, leves o incapacitantes, los índices de frecuencia, gravedad y accidentabilidad) Incidentes (ya sea el número total

de incidentes, incidentes operativos, peligrosos o administrativos) Aprendizaje del trabajador (capacitaciones y charlas programadas y el porcentaje de lo ejecutado) Inspecciones (cantidad de inspecciones programadas e inspecciones realizadas) Actos y condiciones inseguras (muestra la cantidad de condiciones inseguras y actos inseguros del mes) Perdidas (contabiliza la cantidad de horas perdidas y el dinero perdido mensual debido a los problemas de seguridad)

**Figura 45**

*Dashboard de SSOMA del mes de agosto.*



**Figura 46**

*Dashboard de SSOMA del mes de septiembre.*



**Figura 47**

*Dashboard de SSOMA del mes de octubre.*



**Figura 48**

*Dashboard de SSOMA del mes de noviembre.*



**Figura 49**

*Dashboard de SSOMA del mes de diciembre.*



**Nota:** En las figuras 46, 47, 48, 49 y 50 vemos los resultados obtenidos tras la simulación en dashboard de el plan de capacitación SSOMA, como es evidente los costos mensuales han disminuido a comparación de la situación actual de la empresa, para lograr el cálculo del dinero perdido, se considera nuevamente que cada hora perdida se deja de producir 5 cubos de material, sabiendo que el precio del cubo de material promedio es de S/ 68.80.

**Tabla 56**

*Comparación de resultados de 5'S con situación actual de la empresa*

Situación actual	Valor promedio	Diferencia	Diferencia %
S/ 20,124.00	S/ 13,464.16	S/ 6,659.84	33%

**Nota:** cómo podemos observar en la tabla, la diferencia o también se podría interpretar como beneficio; es de un 33% disminuyendo los gastos mensuales en un valor promedio de 5 meses en un monto de S/ 6,659.84.

### 3.3. Cálculo de indicadores mejorados

**Tabla 57**
*Comparación de indicadores actuales y mejorados.*

N° CR	Descripción	Indicador	Herramientas	Formula	Valor actual	Perdida Mensual	Perdida meta	Beneficio	Valor benefici o
CR1	Perdida de producción por maquinaria paralizada	% de máquinas paralizadas	TPM	$\frac{\text{Material dejado de producir por fallo de máquina}}{\text{Material estandar de producción}} \times 100$	14%	S/ 40,351.20			
CR2	Sobrecostos por tiempos improductivos de los trabajadores	% de horas improductivas	5'S	$\frac{\text{Horas improductivas}}{\text{Total horas de jornada laboral}} \times 100$	28%	S/ 23,220.00	S/ 53,664.00	S/44,995.20	46%
CR3	Disminución de producción por la mala gestión y control de materia prima	% De desperdicio de material	Just in Time	$\frac{\text{Desperdicio de material}}{\text{Total de material administrado}} \times 100$	6%	S/ 35,088.00			
CR4	Sobrecostos por altos índices de accidentes laborales	% De horas muertas por incidentes	Plan SSOMA	$\frac{\text{Horas muertas por fallo de seguridad}}{\text{Total horas de jornada laboral}} \times 100$	24%	S/ 20,124.00	S/ 13,464.16	S/ 6,659.84	33%

### 3.4. Resultados de la evaluación económica

**Tabla 58**

*Resultados de la evaluación económica.*

TMAR	2.33%
TIR	51%
VAN	S/284,257.14
VP Ingreso	S/536,106.05
VP egreso	S/251,848.91
B/C	S/ 2.13

Al realizar la evaluación económica del plan de mejora aplicado a la cantera observamos que tenemos un B/C positivo de S/ 2.13, puesto que el resultado es mayor, al igual que obtenemos un resultado positivo en cuanto al TIR obteniendo un 51% y un VAN de S/ S/284,257.14. El TMAR se obtuvo investigando la inflación del 2023 en el Perú.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 1.5. Discusión

Abanto y Guzmán (2022) en su objetivo de reducir desperdicios mejorando su gestión de producción lograron un ahorro de S/ 18,262.00 al año utilizando herramientas de lean manufacturing, al igual que su inversión generó un B/C de 4.6, mientras que en el presente plan de mejoras se logró un ahorro de S/ 44, 995.20 mensual al mejorar la gestión de personal y materia prima utilizando TPM metodología 5´S y just in time, de mano de las otras herramientas se obtuvo un B/C de S/ 2.13 siendo igual de rentable que el proyecto de los autores mencionados.

Henry Castro (2021) con el fin de mejorar la eficiencia de producción en una cantera buscaba implementar herramientas lean SMED y TPM, luego de sus pruebas de simulación obtuvo un 65% de mejora en la eficiencia de la producción mientras que en el presente proyecto luego de la simulación se logra una mejora del 39.5% promediando los resultados de las simulaciones.

Gonzales al et, (2016) también utilizo herramientas lean SMED y TPM para solucionar los paros constantes de maquinaria, problemas logísticos o problemas de mano de obra, en cuando a sus resultados, su evaluación económica arrojó un VAN de S/ 610,241.22 y un TIR de 59%, a diferencia de este proyecto enfocado en la reducción de sobrecostos en el área de producción, se pudo obtener un VAN de S/284,257.14 y un TIR de 51% afirmando la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

R Ruiz y V López (2017) enfocándose en el mantenimiento de los equipos y buscando mejorar el sistema de mantenimiento de la empresa buscando una mejora continua, logro reducir costos a largo plazo en un 42.24% mientras que en este proyecto se logró

un beneficio en mantenimiento de maquinaria de un 46% utilizando los 8 pilares del TPM, apoyado de otras herramientas.

C Yepez (2022) busca estandarizar su proceso de mejora a través de los estudios de tiempo y movimientos, en cuanto a maquinaria y mano de obra, la autora remarca la importancia de registrar las mejoras que se llevan a cabo y como resultados obtuvo una meta de producción de 60m<sup>3</sup>/hr, en cuanto a los resultados que obtuvo este proyecto la meta diaria de producción se aumentó de 270 cubos de material diario a 320 cubos de material diario.

### **Limitaciones**

Al desarrollar el presente proyecto se encontraron limitaciones entre estas, resalta la ubicación la cantera de agregados, se ubica en una zona alejada de la ciudad de Trujillo incluyendo la peligrosidad de sus carreteras, otro limitante que considerar fue la confidencialidad de la cantera en cuanto a datos exactos, especificaciones de sus equipos, expedientes etc. Pues son muy restrictivos con su privacidad debido a la delincuencia de la zona.

### **Implicancias**

Las empresas del tipo (cantera de agregados) deben mantener una cultura de mejora continua, debido a que en la actualidad este rubro se encuentra reñido y más en la zona donde se llevó a cabo el estudio, al ser una zona en constante desarrollo cubrir la demanda de estos materiales con la eficiencia y calidad que se propone en este proyecto; significa una prosperidad para la empresa. Este proyecto tiene implicancia para otros investigadores que busquen desarrollar estudios similares, enriqueciendo su investigación.

## 1.6. Conclusiones

Este proyecto para la reducción de sobrecostos en una cantera de agregados en el que se planificó un plan de mejora utilizando herramientas de ingeniería industrial puede disminuir sus sobrecostos considerablemente ya que se logró el beneficio de disminuir los gastos de S/ 118,783.20 a S/ 67,128.16.

Tras realizar un diagnóstico de situación actual de la empresa se logró identificar que las principales causas raíz para el sobrecosto en producción es la falta de un plan de mantenimiento para sus maquinarias, altos índices de ocio en la mano de obra, mala gestión de materia prima y bajos índices de seguridad, ante esto se diseñó un plan que cumpla con las restricciones que la empresa exige, aplicando 4 herramientas de ingeniería industrial el TPM, 5'S, Just in time y plan de capacitación SSOMA.

Tras realizar la simulación del plan de mejora utilizando el software ProModel y con apoyo de los Dashboard se logró obtener un resultado cuantificado de la reducción de sobrecostos reduciendo la herramienta TPM, 5'S y Just in time lograron reducir los sobrecostos de la CR1, CR2 y CR3 en un 46% y, por último, el plan SSOMA redujo sobrecostos de CR4 en un 33%.

Para finalizar, la evaluación económica pronosticada al primer año mostro un resultado positivo determinado que se obtiene un TIR de 5% un VAN de S/308,627.96 y un B/C de S/ 2.23 indicando que se el proyecto es rentable y favorable para la empresa.

## Referencias

- Abanto Vergara, P. J., & Guzman Arana, C. E. Diseño y propuesta de un modelo para la reducción de desperdicios mediante la técnica lean manufacturing y mantenimiento preventivo en el sector manufacturero de minería no metálica en Lima Metropolitana.
- Aguilar Borja, W. S. (2022). Efecto de la implementación del nuevo formato iperc-continuo en la identificación de peligros y evaluación de riesgos en la EE. Operaciones seprocal SAC-unidad el Porvenir-cerro de Pasco, 2020.
- Caballero Márquez, J. A., Aponte Martínez, D. B., Bonilla Pabón, W., Velasco Sossa, F. A., Méndez Márquez, Victor, Ramírez León, Z. Y., ... & Evelyn Jesmithn, G. M. (2024). Implementación de Diagramas Cursograma Analítico y Casa de La Calidad en la Empresa Industrias Avm.
- Caldas Basauri, A. S. (2019). Innovaciones tecnológicas en el mantenimiento de los camiones volquetes roqueros empleados en una planta procesadora de agregados.
- Carvajal Pineda, F. M. (2014). Estudio de tiempos estándar en el área de medición de cable para la empresa nacional de eléctricos.
- Castro Mireles, H. C. Propuesta de mejora para incrementar la eficiencia de los equipos en el proceso de producción de agregados en una cantera aplicando herramientas lean.
- Dorbessan, J. (2006). Las 5S, herramientas de cambio. *Editorial Universitaria de la UTN*.
- Dunna, E. G., Reyes, H. G., & Barrón, L. E. C. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. New York, NY, USA: Pearson Educación.
- Gormas Valderrama, R., & Lopez Malca, H. C. (2022). Propuesta de un plan de minado para incrementar la productividad en una cantera no metálica en Cajamarca 2022.

- Lliuya Salas, M. L. (2019). Implementación de iperc linea base para minimizar incidentes y accidentes en la unidad minera san hilarión de la corporación minera Virgen de la Merced SAC-2018.
- Manene, L. M. (2011). Los diagramas de flujo: su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones. *Recopilado el*, 22, 09-18.
- Miño Cascante, G., Moyano Alulema, J., & Santillán Mariño, C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. *Ingeniería industrial*, 40(2), 110-122.
- Mohanty, S., Rath, K. C., & Jena, O. P. (2022). Implementation of total productive maintenance (TPM) in the manufacturing industry for improving production effectiveness. In *Industrial Transformation* (pp. 45-60). CRC Press.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo.
- Padilla, L. (2010). Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil. *Revista electrónica ingeniería primero issn*, 2076(3166), 91-98.
- Rozenfeld, O., Sacks, R., Rosenfeld, Y., & Baum, H. (2010). Construction job safety analysis. *Safety science*, 48(4), 491-498.
- Ruiz Naranjo, R. A., & López Auquilla, V. M. (2017). *Implementación del sistema alterno de mantenimiento para los equipos de procesamiento minero en la cantera San Joaquín 2 de la empresa Mapeagre Cía. Ltda* (Bachelor's thesis, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; Carrera de Ingeniería Industrial).
- Sáenz, R. Z. (2005). Operaciones: concepto, sistema, estrategia y simulación. *Academia. Revista Latinoamericana de Administración*, (34), 1-24.

- Vázquez Ingelmo, A. (2018). *Aplicación de Ingeniería de Dominio para la generación de dashboards personalizados* (Doctoral dissertation, Grupo GRIAL).
- Viera, Y. C., Borrego, J. M., & Viera, E. C. (2021). Propuesta de metodología para el diseño de dashboard. *Revista cubana de transformación digital*, 2(3), 56-76.
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM-: A Route to World Class Performance*. Newnes.
- Yepes Ramirez, I. C. Estandarizar el proceso de producción de agregados en la empresa Canteras Santa Rita SA.
- Zamata Reyes, A. A. (2017). *Aplicación del ciclo de Deming para mejorar la calidad de los agregados en una cantera de Lima, 2017.* }

## Anexos

### Anexo 1 Proceso de producción de la cantera.



**Anexo 2** Tabla del sistema Westinghouse para la calificación de la actuación del trabajador.

DESTREZA O HABILIDAD				ESFUERZO O EMPEÑO			
+	0,15	A1	Extrema	+	0,13	A1	Excesivo
+	0,13	A2	Extrema	+	0,12	A2	Excesivo
+	0,11	B1	Excelente	+	0,10	B1	Excelente
+	0,08	B2	Excelente	+	0,08	B2	Excelente
+	0,06	C1	Buena	+	0,05	C1	Bueno
+	0,03	C2	Buena	+	0,02	C2	Bueno
+	0,00	D	Regular	+	0,00	D	Regular
-	0,05	E1	Aceptable	-	0,04	E1	Aceptable
-	0,10	E2	Aceptable	-	0,08	E2	Aceptable
-	0,16	F1	Deficiente	-	0,12	F1	Deficiente
-	0,22	F2	Deficiente	-	0,17	F2	Deficiente

CONDICIONES				CONSISTENCIA			
+	0,06	A	Ideales	+	0,04	A	Perfecta
+	0,04	B	Excelentes	+	0,03	B	Excelente
+	0,02	C	Buenas	+	0,01	C	Buena
+	0,00	D	Regulares	+	0,00	D	Regular
-	0,03	E	Aceptables	-	0,02	E	Aceptable
-	0,07	F	Deficientes	-	0,04	F	Deficiente

**Anexo 3 Sistema de suplementos por descanso.**

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres		
<b>A. Suplemento por necesidades personales</b>		5	7		
<b>B. Suplemento base por fatiga</b>		4	4		
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
<b>A. Suplemento por trabajar de pie</b>		2	4	4	45
<b>B. Suplemento por postura anormal</b>				2	100
	Ligeramente incómoda	0	1		
	incómoda (inclinado)	2	3		
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
<b>C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)</b>					
	Peso levantado [kg]				
	2,5	0	1		
	5	1	2		
	10	3	4		
	25	9	20		
			máx		
	35,5	22	---		
<b>D. Mala iluminación</b>					
	Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0		
	Bastante por debajo	2	2		
	Absolutamente insuficiente	5	5		
<b>E. Condiciones atmosféricas</b>					
	Índice de enfriamiento Kata				
	16		0		
	8		10		
<b>F. Concentración intensa</b>					
	Trabajos de cierta precisión			0	0
	Trabajos precisos o fatigosos			2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5	5
<b>G. Ruido</b>					
	Continuo			0	0
	Intermitente y fuerte			2	2
	Intermitente y muy fuerte			5	5
	Estridente y fuerte				
<b>H. Tensión mental</b>					
	Proceso bastante complejo			1	1
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4	4
	Muy complejo			8	8
<b>I. Monotonía</b>					
	Trabajo algo monótono			0	0
	Trabajo bastante monótono			1	1
	Trabajo muy monótono			4	4
<b>J. Tedio</b>					
	Trabajo algo aburrido			0	0
	Trabajo bastante aburrido			2	1
	Trabajo muy aburrido			5	2

**Anexo 4** *Calificación westinghouse del hormigón por área.*

Factor	C	A1	C	A2	C	A3	C	A4	C	A5	C	A6	C	A7
Habilidad	B2	0.08	B2	0.08	B1	0.11	B1	0.11	B2	0.08	B1	0.11	A2	0.13
Esfuerzo	B2	0.08	C1	0.05	C2	0.02	C2	0.02	C2	0.02	C2	0.02	B1	0.10
Condiciones	D	0.00	C	0.02	B	0.04	B	0.04	C	0.02	B	0.04	C	0.02
Consistencia	C	0.01	C	0.01	D	0.00	C	0.01	C	0.01	D	0.00	B	0.03
Total		0.17		0.16		0.17		0.18		0.13		0.17		0.28

**Anexo 5** *Calculo de suplementos para el hormigón por área.*

SUPLEMENTOS	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
<b>S. CONSTANTES</b>							
Por necesidad	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Por Fatiga	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>S. VARIABLES</b>							
Trabajo de pie	0	0	0	0.02	0	0	0
Postura anormal	0	0	0	0	0	0	0
Uso de fuerza	0	0	0	0	0	0	0
Mala iluminación	0	0	0	0	0	0	0
Condición atmosférica	0	0	0	0	0	0	0
Concentración intensa	0.02	0.02	0	0	0.02	0	0.02
Ruido	0.02	0.02	0.02	0	0.02	0	0.02
Tensión mental	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
Monotonía	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Tedio	0	0	0	0	0	0	0
Total	0.15	0.15	0.13	0.16	0.15	0.11	0.15

**Anexo 6** *Calificación westinghouse de la arena gruesa por área.*

Factor	C	A1	C	A2	C	A3	C	A4	C	A6	C	A7	C	A10	C	A11	C	A12
Habilidad	B2	0.08	B1	0.11	B2	0.08	B1	0.11	B1	0.11	B1	0.11	B2	0.08	B1	0.11	A2	0.13
Esfuerzo	B2	0.08	C2	0.02	B1	0.10												
Condiciones	D	0.00	B	0.04	C	0.02	B	0.04	D	0.00	B	0.04	C	0.02	B	0.04	C	0.02
Consistencia	C	0.01	D	0.00	C	0.01	D	0.00	C	0.01	C	0.01	C	0.01	D	0.00	B	0.03
Total		0.17		0.17		0.13		0.17		0.14		0.18		0.13		0.17		0.28

**Anexo 7** *Calculo de suplementos para la arena gruesa por área.*

SUPLEMENTOS	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A10	A11	A12
<b>S. CONSTANTES</b>									
A. S por necesidad	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
A. S por fatiga	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>S. VARIABLES</b>									
Trabajo de pie	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0
Postura anormal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso de fuerza	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala iluminación	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condición atmosférica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentración intensa	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Ruido	0.02	0.02	0.02	0	0.02	0.02	0.02	0	0
Tensión mental	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
Monotonía	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Tedio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.13</b>	<b>0.15</b>	<b>0.20</b>	<b>0.15</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>

**Anexo 8** *Calificación westinghouse de la gravilla por área.*

Factor	C	A1	C	A2	C	A3	C	A4	C	A6	C	A7	C	A12	C	A13	C	A14
Habilidad	B2	0.08	B1	0.11	B2	0.08	B1	0.11	B1	0.11	B1	0.11	B2	0.08	B1	0.11	A2	0.13
Esfuerzo	B2	0.08	C2	0.02	B1	0.10												
Condiciones	D	0.00	B	0.04	C	0.02	B	0.04	D	0.00	B	0.04	C	0.02	B	0.04	C	0.02
Consistencia	C	0.01	D	0.00	C	0.01	D	0.00	C	0.01	C	0.01	C	0.01	D	0.00	B	0.03
<b>Total</b>		<b>0.17</b>		<b>0.17</b>		<b>0.13</b>		<b>0.17</b>		<b>0.14</b>		<b>0.18</b>		<b>0.13</b>		<b>0.17</b>		<b>0.28</b>

**Anexo 9** *Calculo de suplementos para la gravilla por área.*

SUPLEMENTOS	A1	A2	A3	A4	A6	A7	A12	A13	A14
<b>S. CONSTANTES</b>									
A. S por necesidad	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
A. S por fatiga	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>S. VARIABLES</b>									
Trabajo de pie	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0
Postura anormal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso de fuerza	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala iluminación	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Condición atmosférica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentración intensa	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Ruido	0.02	0.02	0.02	0	0.02	0.02	0.02	0	0
Tensión mental	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01
Monotonía	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Tedio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.13</b>	<b>0.15</b>	<b>0.20</b>	<b>0.15</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>

**Anexo 10** Calificación westinghouse de la piedra grande por área.

Factor	C	A1	C	A2	C	A3	C	A4	C	A5	C	A6	C	A7	C	A8
Habilidad	B2	0.08	B1	0.11	B2	0.08	B2	0.08	B1	0.11	B2	0.08	B1	0.11	A2	0.13
Esfuerzo	B2	0.08	B1	0.10	B1	0.10	B1	0.10	C2	0.02	C2	0.02	C2	0.02	B1	0.10
Condiciones	D	0.00	C	0.02	C	0.02	D	0.00	B	0.04	C	0.02	B	0.04	C	0.02
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	D	0.00	D	0.00	C	0.01	D	0.00	B	0.03
<b>Total</b>		<b>0.17</b>		<b>0.24</b>		<b>0.21</b>		<b>0.18</b>		<b>0.17</b>		<b>0.13</b>		<b>0.17</b>		<b>0.28</b>

**Anexo 11** Calculo de suplementos para la piedra grande por área.

SUPLEMENTOS	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
<b>S. CONSTANTES</b>								
A. S por necesidad	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
A. S por fatiga	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>S. VARIABLES</b>								
Trabajo de pie	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0	0
Postura anormal	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0	0
Uso de fuerza	0	0	0.03	0.03	0.03	0	0	0
Mala iluminación	0	0	0	0	0	0	0	0
Condición atmosférica	0	0	0	0	0	0	0	0
Concentración intensa	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0	0	0
Ruido	0.02	0.02	0	0	0	0.02	0	0
Tensión mental	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0
Monotonía	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0
Tedio	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0.14</b>	<b>0.14</b>	<b>0.19</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.13</b>	<b>0.09</b>	<b>0.09</b>

**Anexo 12 Cronograma del plan de mejoras.**

ETAPAS DE HERRAMIENTAS	INICIO	FINAL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17	SEMANA 18	SEMANA 19	SEMANA 20	SEMANA 21	SEMANA 22
			<b>Implementación TPM</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 8</b>																			
Pilar 1: Aplicación de mantenimiento autónomo	Semana 1	Semana 3																						
Pilar 2: Aplicación de herramienta Kaizen en mejora continua	Semana 2	Semana 3																						
Pilar 3: Elaboración de mantenimiento planeado	Semana 3	Semana 4																						
Pilar 4: Elaboración de modelo para mantenimiento de calidad	Semana 3	Semana 5																						
Pilar 5: Creación de normas de seguridad e higiene	Semana 5	Semana 6																						
Pilar 6: Creación de normas de uso y cuidado de equipos y maquinaria	Semana 6	Semana 7																						
Pilar 7: Capacitación inductiva llenado IPERC y ATS	Semana 2	Semana 4																						
Pilar 8: Capacitaciones de entranamiento	Semana 5	Semana 8																						
<b>Implementación metodología 5's</b>	<b>Semana 9</b>	<b>Semana 16</b>																						
Seiri: Clasificación de personal en cuadrillas e implementación de colores en áreas	Semana 9	Semana 10																						
Seiton: Codificación de elementos según área correspondiente	Semana 10	Semana 11																						
Seiso: Implementación de actividades de limpieza y fichas de conformidad	Semana 11	Semana 12																						
Seiketsu: Creación y capacitación de indicadores y fichas de estandarización.	Semana 12	Semana 14																						
Shitsuke: Capacitaciones y charlas, implementación de registro de charla	Semana 13	Semana 16																						
<b>Implementación Just in time</b>	<b>Semana 17</b>	<b>Semana 22</b>																						
Identificación de maquinaria disponible	Semana 17	Semana 18																						
Creación de cursograma analítico para cada producto	Semana 18	Semana 20																						
Ejecución de capacitaciones de los nuevos métodos de trabajo	Semana 20	Semana 22																						
<b>Implementación plan de capacitación SSOMA</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 22</b>																						
Charlas semanales de seguridad, salud y medio ambiente	Semana 2	Semana 22																						
Capacitaciones inductivas	Semana 3	Semana 5																						
Capacitación de llenado de IPERC	Semana 2	Semana 3																						
Capacitación de llenado de ATS	Semana 3	Semana 4																						
Retroalimentación SSOMA	Semana 21	Semana 22																						