
Aplicación de la mejora continua para incrementar la productividad de la empresa J.C. Astilleros-División Minera.**Application of continuous improvement to increase the productivity of the company J.C. Shipyards-Mining Division.****Aplicação de melhoria contínua para aumentar a produtividade da empresa J.C. Divisão de Estaleiros-Mineração.**

León Gonzales, Danitza Mirella¹, Medina Paredes, Massiel², Méndez Parodi, Raúl³

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo aplicar la mejora continua para incrementar la productividad del proceso de elaboración de pedrín en la empresa J.C. Astilleros S.A. División Minera, Este trabajo está desarrollado desde un tipo de estudio aplicada con diseño experimental en la categoría pre experimental; para ello, se tuvo como población la productividad de la empresa y como muestra se seleccionó la productividad del último trimestre del año 2019, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia. En el diagnóstico se observó los problemas prioritarios en los procesos de chancado relacionados a los equipos críticos, tolva de recepción, zaranda, trituración primaria y trituración cónica, obteniendo una productividad de 34.8%; luego, se aplicó la metodología PHVA, utilizando las herramienta de la ingeniería de métodos, plan agregado de producción, pronóstico de la demanda y gestión de mantenimiento, llegando a la conclusión que al aplicar el estímulo de la mejora continua se incrementa la productividad a 85.4%; para ello, también, se realizó la prueba estadística T Student (4,754) indicando diferencia significativa entre la pre y post productividad en la empresa J.C. Astilleros S.A.-División Minera.

Palabras clave: Mejora continua, Productividad, Ingeniería de métodos, Plan agregado.

Abstract

The objective of this research was to apply continuous improvement to increase the productivity of the stone production process in the company J.C. Astilleros S.A. Mining Division, the research is developed from a type of study applied with experimental design in the pre-experimental category, for this the productivity of the company was taken as the population and the productivity of the last quarter of 2019 was taken as a selected sample, the sampling it was non-probabilistic for convenience. In the diagnosis, priority problems were obtained in the crushing processes related to critical equipment, reception hopper, screen, primary crushing and conical crushing, obtaining a productivity of 34.8%, then the PHVA methodology was applied, using the tools of the method engineering, aggregate production plan, demand forecast and maintenance management, reaching the conclusion that when applying the stimulus of continuous improvement productivity increases to 85.4%, for this the statistical test Student's t (4,754) indicating significant difference between pre and post productivity in the JC company Astilleros S.A.-Mining Division.

Keywords: Continuous improvement, Productivity, Method engineering, Aggregate plan.

Resumo

O objetivo deste pesquisa foi aplicar a melhoria contínua para aumentar a produtividade do processo de fabricação de pedras na empresa J.C. Astilleros S.A. Divisão de Mineração, a pesquisa é desenvolvida a partir de um tipo de estudo aplicado com delineamento experimental na categoria pré-experimental, para isso a produtividade da empresa foi tomada como a população e a produtividade do último trimestre de 2019 foi tomada como amostra selecionada, a amostragem era não probabilístico por conveniência. No diagnóstico, foram obtidos problemas prioritários nos processos de britagem relativos a equipamentos críticos, moega de recepção, peneira, britagem primária e britagem cônica, obtendo-se uma produtividade de 34,8%, em seguida foi aplicada a metodologia PHVA, utilizando as ferramentas do engenharia de métodos, plano de produção agregado, previsão de demanda e gestão de manutenção, concluindo-se que ao aplicar o estímulo de melhoria contínua a produtividade aumenta para 85,4%, para isso o teste estatístico t de Student (4.754) indicando diferença significativa entre a produtividade pré e pós na empresa JC Astilleros S.A.-Mining Division.

Palavras-chave: Melhoria contínua, produtividade, engenharia de métodos, plano agregado.

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Cesar Vallejo Chimbote, Perú. danitzamirelaleongonzales@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8127-7460>

²Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad Cesar Vallejo Chimbote, Perú. medinaparedesmassiel@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5946-3857>

³Escuela de Ingeniería Industrial. Magister. Universidad Cesar Vallejo Chimbote, Perú. mendez@ucvvirtual.com. <https://orcid.org/0000-0002-1667-9594>

Recibido: 20/11/2020

Aceptado: 10/12/2020

Introducción

Actualmente, es importante buscar un camino de mejora en cualquier empresa, por varias razones: enfrentar con éxito la competencia, lograr mejores resultados económicos, desarrollar nuevos proyectos o incluso garantizar mejores condiciones y seguridad en el lugar de trabajo. Además, los sistemas de gestión asumen la obligación de mejorar continuamente los procesos, actividades, equipos, etc. (Moica, Veres, Mariam, 2018). A nivel internacional, “En numerosos sectores e industrias de todo el mundo, existe una tendencia hacia una división entre empresas y, a menudo, creación de valor y tareas de trabajo relacionadas. Para superar los desafíos de la competitividad entre empresas, se buscan enfoques innovadores para planear, visualizar, evaluar y mejorar los flujos de valor” (Oberhausen, Minoufekar, Plapper, 2017). A nivel nacional, en una investigación del BBVA, “Perú sobresale por los recursos mineros que tiene y por sus bajos costos en producción; pero siempre se tiene en cuenta que hay muchos aspectos en los cuales mejorar y que impactan al sector (áreas cubiertas, mejora de calidad de las instalaciones, reglas ambientales y alianzas socioeconómicas con la sociedad)” (BBVA Research, 2016). La región Áncash no es ajena a esta problemática es ahí donde se tiene a la empresa J.C. Astillero-S.A. División Minera, dedicada a la extracción de pavimentos; ubicada en Mz. 0 Lt. 0 OTR. Coordenada WGS 84 Norte 8, Ancash, Santa – Nuevo Chimbote, la cual se dedica a la producción de piedra chancada, utilizando, para ello, procedimientos intuitivos de parte de los colaboradores de la organización, porque se evidencia que este es uno de problemas más frecuentes en el área productiva de la empresa y que se encuentra con mayor magnitud, ocasionando que, en muchas oportunidades, no se logre la calidad de preferencia como tamaño estándar, resistencia, color y, para que las canteras ofrezcan agregados que cumplan con estos requerimientos, deben realizar procedimientos mediante ensayos o muestreos para tener la certeza que los agregados cumplan con estos estándares. La empresa muestra varias deficiencias con las piedras que se comercializa, empezando que en JC solo se produce dos tamaños de piedra que son $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ pulgada; mayormente, no se llega al tamaño de la piedra que más se vende: la piedra de $\frac{1}{2}$ pulgada, impidiendo que se abastezca el depósito de la cantera con este tamaño de piedra y teniendo sobreproducción de la otra. Esto a su vez, origina un reproceso de la piedra $\frac{3}{4}$ para llegar al tamaño comercial. Un problema más que se evidencia es la falta de mantenimiento, ya que la empresa cuenta con dos chancadoras cónica y quijada, esta última se encuentra en desgaste y sin uso debido a que no chanca correctamente las piedras cuando estas son trasladadas por el track dill hasta la parte del proceso de trituración, esta se traba por la dimensión. La otra chancadora cónica se encontraba en mantenimiento solo por un día a la semana, tan solo por un tema preventivo, debido a que solo se trataba de limpieza y engrase en las cadenas, realizado por algunos trabajadores, generando que su jornada laboral se prolongue aún más y ocasionando paradas durante el proceso y tiempos muertos. Esta problemática se convierte en una baja productividad del proceso de la empresa J.C. Astilleros S.A. – División minera, ya que hay una disminución en ventas y obviamente también disminuye la participación en el mercado. Es por eso, la idea de implementar esta metodología que ayude en la eficiencia y eficacia de la empresa, minimizar los índices de error, lograr la concientización sobre la mejora del medio ambiente, logro de ahorro de recursos y atribuir soluciones prácticas en relación con la realidad problemática de la empresa, disminuyendo los problemas que se presenta en la parte de producción y que se pueda evidenciar los cambios en el menor tiempo posible para provecho de la empresa, trabajadores y clientes.

De acuerdo a la realidad problemática detallada anteriormente se llegó a la formulación del problema ¿Cómo influye la aplicación de mejora continua en la productividad del proceso de elaboración de piedrín, en la empresa J.C. Astilleros S.A. División Minera? Como Hipótesis se formula de la siguiente manera, la aplicación de la mejora continua logrará incrementar la productividad del proceso de elaboración de piedrín, en la empresa JC Astilleros S.A. División Minera, 2020. Para realizar el trabajo de investigación, se consignó el Objetivo general: Aplicar la mejora continua para incrementar la productividad del proceso de elaboración de piedrín, en la empresa J.C. Astilleros S.A. División Minera, como Objetivos específicos para elaborar el trabajo de investigación se planteó: i) diagnosticar la situación actual de la mejora continua en el proceso de elaboración de piedrín, en la empresa J.C. Astillero S.A. División minera, ii) determinar la productividad actual del proceso de elaboración de piedrín, en la empresa J.C. Astillero S.A. División minera, iii) diseñar la mejora continua para lograr incrementar la productividad en el proceso de elaboración de piedrín en la empresa J.C. Astillero S.A.

División minera. Y iv) evaluar la influencia de la aplicación de la mejora continua en la productividad del proceso de elaboración de pedrín en la empresa J.C. Astilleros S.A. División Minera.

Como estudios previos nacionales, tenemos a Castellanos (2018) en su investigación titulada “El ciclo Deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil” que le permitió obtener el título de ingeniero industrial, como objetivo general es determinar cómo la aplicación del ciclo Deming mejora la productividad en los procesos de la empresa. La metodología de investigación de tipo aplicada con diseño experimental se ejecutó un diagnóstico de la situación actual de la empresa en la cual demostró que hubo una mala gestión de los procesos, la población de estudio fueron los resultados de la producción durante 30 días, antes del estímulo en mes de mayo y después del estímulo mes de agosto. Teniendo como conclusión que con la aplicación de PHVA para mejorar la productividad en la empresa Servicios Textiles Asociados SAC, incrementó la productividad de un 11.70% a un 56.30%, incrementando en un 44.6%. Internacionalmente, tenemos a Miranda (2015). “Diseño de mejoramiento en los procedimientos de la línea de tubos de horno aplicando el círculo de Deming en la empresa Mabe S.A.” tesis que le permitió la obtención del título de ingeniera. Tuvo como objetivo general proyectar un plan de mejoramiento en el procedimiento de la línea de tubos de horno en la empresa Mabe S.A En su metodología de tipo aplicada se ejecutó la observación directa como técnica en la investigación. Para la medición uso las siguientes técnicas: recolección de datos, diagrama Ishikawa, histogramas como herramienta visual. Como conclusión tuvo que la mejora continua aplicado deberá seguir poniéndose en práctica para tener mejores efectos a futuro, durante la planificación se utilizó la lluvia de ideas para definir los objetivos.

La **mejora continua** se conceptualiza como: “una actividad estratégica que permite aumentar la capacidad del cumplimiento de requisitos y que con su utilidad contribuye a superar las debilidades como reforzar las fortalezas de la empresa logrando incrementar la productividad y ser más competitivos en el mercado al que integra” (Villar, Leisis y Ledo, Mayra, 2016). Las etapas de una mejora continua abarcan desde la especificación e identificación de los productos y operaciones que se pretendan evaluar hasta la revisión y seguimiento de las acciones propuestas para aminorar las causas de desviaciones en el producto, riesgos y no conformidades identificadas durante el proceso productivo (Pulido y Bocanegra, 2015. Pp. 162). *La etapa de Planificar*: Es instaurar los objetivos y procesos que sean necesarios para alcanzar resultados que cumplan con la satisfacción y requerimientos del cliente teniendo presente las políticas establecidas por la organización. Priorizar el diseño de los procesos de fabricación a mejorar, enumerar los procesos, el objetivo, el alcance y los indicadores establecidos. (Tigre-o, Franklin, 2019). *La etapa Hacer*: Se basa en la parte operativa del sistema, esto quiere decir, su implementación y mejora. Para ejecutar las acciones de mejora, se determinan los posibles defectos y se realizan controles sistemáticos mediante inspecciones visuales. *La etapa Verificar*: Brinda seguimiento y supervisión de los bienes y procesos para referirse a los resultados con los objetivos planeados auditorías internas (Tigre-o, Franklin, 2019). *En la etapa Actuar*: “los objetivos planeados y resultados, para corregir las causas de desviaciones y tomar acciones correctivas para corregir el desempeño del sistema” (Ortiz, Óscar y Arciniegas, Jaime, 2016). La **Productividad** se define como, “la relación entre el producto y/o servicio de bienes y recursos utilizados y el capital utilizado” (Salgado, Ana y Salgado, Nelson, 2019). Para el cálculo de eficiencia; La (OIT, 2016) expresa: “La eficiencia examina el volumen de recursos gastados para alcanzar las metas”. En otras palabras, una actividad eficiente logra optimizar sus recursos obteniendo un menor costo a través de ella. Para el cálculo de eficacia, La (OIT, 2016) define: “La eficacia de una acción está generada por el grado en se realizan o plasman los objetivos previstos en su diseño”.

Material y métodos

La investigación se desarrolló a partir de un método cuantitativo que pertenece al diseño experimental en la categoría pre-experimental. El estímulo, procedimiento, influencia o intervención que tratan; denominada variable independiente; que tendrán un efecto en otras variables que son las dependientes en una situación de control (Hernández, Roberto, 2014, p. 129), Para el trabajo de investigación cuantitativa, la productividad se considera la población objetiva, que es el producto obtenido en el proceso de la empresa J.C. Astillero S.A. División minera. De esta manera, la muestra es la productividad en el proceso de chancado correspondientes a los meses de julio-octubre de 2019 de la

mencionada empresa. Finalmente, dicho estudio tiene como técnica de muestreo el no probabilístico - por conveniencia. Asimismo, las técnicas para la recolección de datos utilizadas fueron la observación directa y la encuesta; y como instrumentos la ficha bibliográfica, lista de verificación, los reportes de producción. El método de análisis fue hipotético – deductivo con el fin de analizar toda la información recolectada de la empresa J.C. Astilleros-División Minera., y solucionar la problemática existente.

Resultados

Se realizó el Check-List durante la jornada laboral, la finalidad de este instrumento fue recolectar información sobre las medidas, materiales, pedidos, recursos, herramientas, entre otros, de tal manera que se conozca cómo se encuentra el trabajo realizado por los operadores y el supervisor, siguiendo el proceso de la mejora continua: planear, hacer, verificar, actuar.

Tabla 1

Diagnóstico del Check-List de la mejora continua en la empresa J.C. Astilleros- División Minera.

Criterio	Clasificación				Total
	Si	%	No	%	
Planear	4	40%	6	60%	10
Hacer	4	40%	6	60%	10
Verificar	3	38%	5	63%	8
Actuar	1	11%	8	89%	9

De la tabla 1, se evidenció que se cumplen solamente el 32.25% de los objetivos propuestos, después del análisis del Check list se procedió a realizar el plan de Muestreo de trabajo, el cual estuvo enfocado en la generación de número aleatorios En la tabla 2 se muestra la proporción de actividad de las etapas del proceso, en la tolva de recepción de MP indica como menor actividad (P) 0.62 con la causa más relevante, daño en la tolva de recepción; en las zarandas indica como menor actividad (P) 0.56 con la causa más relevante, parada de inspección correctiva, asimismo, en la trituradora de quijada, la menor actividad (P) 0.48 con la causa más relevante falla en los dientes de trituración; en el molino cónico el menor (P) 0.45 con la causa más relevante, fractura de los martillos.

Tabla 2

Número de problemas en las etapas del proceso de la empresa J.C. Astilleros- División Minera.

		N° de observaciones por día (n)	N° de observaciones requeridas (N)	s	Varianza
Tolva de recepción					
Problemas	P				
Ausencia de materia prima	0.7	16	81	1.169	1.367
Daño de la tolva de recepción	0.62	16	91	0.753	0.567
Tolerancia excesiva del operario	0.68	16	84	1.095	1.200
Zarandas					
Problemas	P				
Ausencia de materia prima	0.57	16	94	0.753	0.567
Falla de motor eléctrico	0.58	16	94	0.516	0.267
Falta de lubricantes en las chumaceras y rodajes	0.59	16	93	0.548	0.300

Parada de inspección correctiva	0.56	16	95	1.095	1.200
Trituradora de quijada					
Problemas	P				
Falla de los dientes de trituración	0.48	16	96	1.033	1.067
Inspección en los rodajes y la lubricación	0.49	16	96	0.983	0.967
Falla de motor eléctrico	0.54	16	95	1.033	1.067
Molino cónico					
Problemas	P				
Desgaste de los rodajes y chumaceras	0.65	16	87	0.516	0.267
Pérdida de lubricación en los rodajes	0.56	16	95	0.894	0.800
Fractura de los martillos	0.45	16	95	0.753	0.567

En la figura 1, se observa el diagrama Ishikawa para el proceso de elaboración del piedrín, en el que se muestran las causas halladas del muestreo estadístico que originan la baja productividad de la empresa J.C. Astillero.

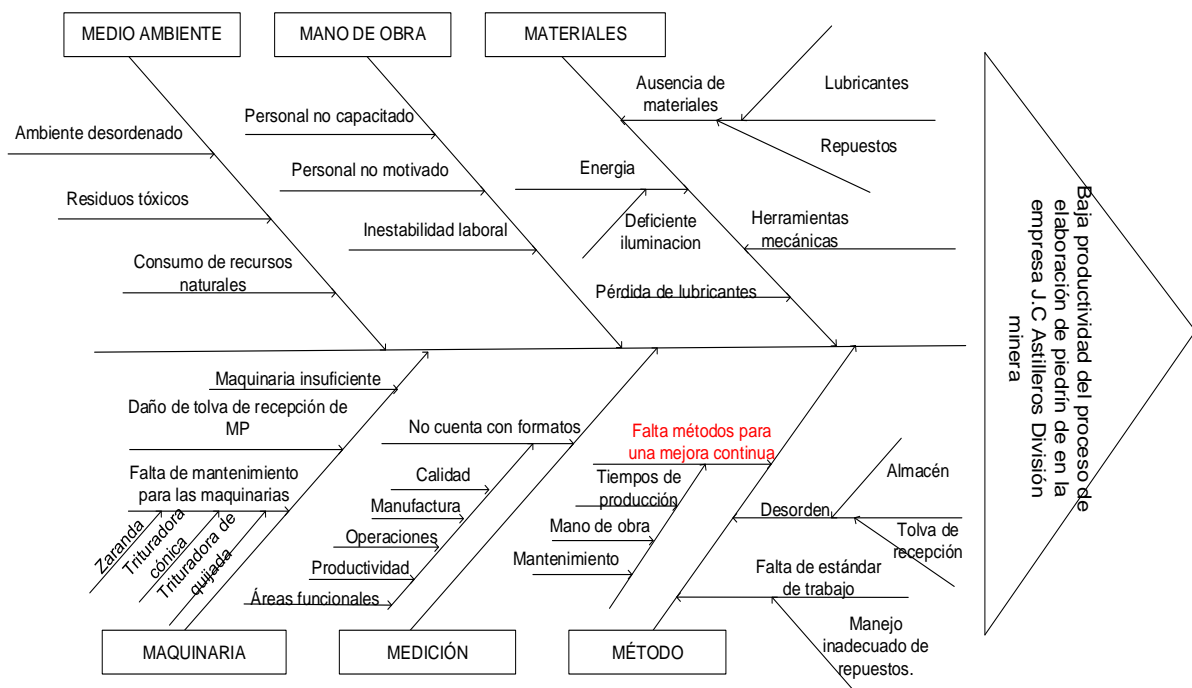


Figura 1: Diagrama Ishikawa para el proceso de elaboración del piedrín

En la tabla 3, se muestra el detalle de las causas que generan mayor impacto en la inactividad de los equipos y maquinarias.

Tabla 3
Número de problemas encontrados en la producción de la empresa J.C. Astilleros- División Minera.

Causas	Conteo	Relativo	ABC
Tolerancia excesiva del operario	54	9%	9%
Fractura de los martillos	53	9%	19%
Fractura en los dientes de trituración	50	9%	27%
Inspección de rodaje y lubricación	49	9%	36%
Ausencia de materia prima	47	8%	44%
Falla de motor eléctrico	44	8%	52%
Parada de inspección correctiva	42	7%	59%
Pérdida de lubricación en los rodajes	42	7%	66%
Daño de la tolva de recepción	41	7%	73%
Ausencia de MP	41	7%	80%
Falla del motor eléctrico	40	7%	87%
Falta de lubricantes en las chumaceras y rodajes	39	7%	94%
Fractura de las chumaceras	34	6%	100%
Total	576		

Para el cálculo de los indicadores iniciales de productividad, con el fin de conseguir el efecto cuantitativo de las causas halladas en el diagnóstico inicial: Los factores que se tomaron en cuenta en el trabajo de investigación, fueron los que representan costos variables, generando que su máximo aprovechamiento impacte de una forma positiva en la productividad, para lo cual se utilizó los siguientes indicadores: Mano de obra, Maquinaria, Materia prima.

Tabla 4
Indicadores iniciales de la productividad de la empresa división minera J.C. Astilleros- División Minera.

	Reporte de producción de m3 de agregado (Piedra de ½ y ¾)			
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Productividad de mano de obra (m3/H-h)	2.08	2.00	2.03	1.98
Productividad de maquinaria (m3/H-maq)	5.18	5.13	5.06	5.15
Productividad de materia prima (m3/Tonelada)	0.39	0.65	0.43	0.52
Productividad Global (m3/S.)	9.07	8.86	8.86	8.83
Eficiencia (Acciones realizadas/recursos empleados)	60%	60%	59%	60%
Eficacia (Resultados obtenidos/acciones realizadas)	57.14%	60%	58.57%	57.14%

Se determinó que en el mes de septiembre la eficiencia total fue de 59% tal como se visualiza en la Tabla 4, la cual refleja que fue el mes de baja eficiencia, esto debido a la falta de método de trabajo estandarizado y por el tiempo de paradas en la chancadora primaria en el proceso de piedrín de ½ y ¾ que aprovechara de manera eficiente la materia prima, para evaluar la productividad de la mano de obra, maquinaria y materia prima.

Luego, se prosigue con el diseño y aplicación de las técnicas y herramientas de la mejora continua, con el fin de incrementar los indicadores de la productividad inicial; el trabajo inicia con la etapa planear, en donde, se realizó la proyección de la demanda de pedrín de ¾ y 1/2 de los diferentes clientes que tiene la empresa, la definición y análisis de la magnitud del problema hallado en los procesos seleccionados (tolva de recepción de materia prima, zarandeo, trituración primaria y trituración cónica), así mismo, se va a buscar todas las posibles causas, y cuál de ellas es la causa raíz de los problemas encontrados, para ello, se dará solución a través de la metodología 5W-1H brindando las acciones correctivas a cada problema.

Tabla 5

Resumen del pronóstico mediante la desviación absoluta promedio

Método de pronóstico	Error de pronóstico (Desviación estándar)	Desviación Media Absoluta (MAD)	Error porcentual absoluto medio (MAPE)
Promedio móvil (4 periodos)	511	6934	32%
Línea recta	377	3291	23%
Regresión lineal e índice estacional	316	2545	20%

En la Tabla 5, se muestra que el pronóstico seleccionado para la proyección de la demanda fue el modelo de regresión lineal e índice estacional, debido a que la desviación absoluta de la media 2545 siendo esta la menor desviación de los demás modelos. El **análisis de las causas raíces de los problemas prioritarios** del proceso de elaboración de pedrín en la empresa J.C. Astilleros S.A. División minera se realizó mediante la aplicación del muestreo de trabajo en donde se logró identificar las causas raíces de los problemas prioritarios con mayor frecuencia de ocurrencia

Tabla 6

Diagrama de Pareto de las causas de mayor frecuencia


Problemas prioritarios de la tolva de recepción	Conteo	Relativo	ABC
Falta de control de volumen de carga	54	27%	80%
Daño de la tolva de recepción	53	27%	80%
Falta de estándar de trabajo	50	25%	80%
Problemas prioritarios de las zarandas	Conteo	Relativo	ABC
Inspecciones de mantenimiento superficiales	53	32%	80%
Excesiva confianza de los operarios	50	30%	80%
Rotura de los ejes mecánicos	20	12%	80%
Problemas prioritarios de la trituradora primaria	Conteo	Relativo	ABC
Inexistente evaluación de proveedores	60	35%	80%
Ineficiente control de mantenimiento	50	29%	80%
Pérdida de lubricación en los trituradores	20	12%	80%
Problemas prioritarios del molino cónico	Conteo	Relativo	ABC
Falta de mantenimiento del equipo	58	35%	80%
Repuestos de baja calidad	50	30%	80%
Falta de inspección de rodaje y lubricación	20	12%	80%

Nota. Información basada en el análisis de la figura 1.

De la tabla 6, se muestra las causas que generan los problemas prioritarios en las etapas del proceso productivo de la elaboración del pedrín, en donde se seleccionó mediante el diagrama de Pareto lo problemas que generan el mayor impacto en los indicadores de productividad, para ello se utilizó la metodología 5W-1H para las medidas remedio de cada problema.

Tabla 7

Metodología 5W-1H para la mejora de los tiempos de producción en el proceso de la empresa J.C. Astillero- División Minera.

	¿Qué?	¿Quién?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?
Se debe estandarizar los tiempos de producción entre operario-maquina	Plan de mejora de los tiempos de producción de mano de obra	Jefe de Área de producción.	Área de Producción	16 abril al 25 de mayo del 2020	Implementar Plan de Operario-Maquina
Se requiere insumos en el tiempo, lugar y calidad requerida	Plan de evaluación y selección de proveedores	Jefe de Área de compras y producción.	Área de Producción	16 abril al 25 de mayo del 2020	Implementar Plan de evaluación y selección de proveedores
Se va a cumplir con el objetivo de mejorar la eficiencia de los equipos y maquinaria, y lograr incrementar la productividad.	Plan de mantenimiento de maquina	Jefe de Área de mantenimiento.	Área de mantenimiento	16 abril al 25 de mayo del 2020	Implementar el plan de mantenimiento

En la tabla 7, se muestra las acciones correctivas para los tiempos de producción que se realiza en la tolva de recepción además para mejorar la eficiencia de los equipos y maquinarias del proceso de elaboración del piedrín.

A continuación, se va a llevar a cabo las acciones correctivas planeadas en la etapa anterior (hacer), para lo cual se tuvo en cuenta los objetivos estratégicos alineados con las distintas medidas correctivas.

Diagrama hombre máquina					
Operación Máquina tipo: Departamento:	Trituración Industrial Producción	Producto: Realizado:		Páginas:	1 de 1
		Piedra chancada 1/2 y 3/4 León G. y Medina P.			
Actividad	Operario	Tiempo (min)	Actividad	Máquina	Tiempo (min)
Arrancar la máquina	_____	0.45	Máquina encendida	_____	0.45
Verificar lubricación de rodajes	_____	6	Tiempo muerto		8
Revisar las bandas transportadoras	_____	2			
Proceso y supervisión en curso	_____	2.5	Trituración de la piedra		2.5
Tolva manual	_____	4	Tiempo muerto		4

Envío de materia prima	0.6	Transporte de materia prima	0.6
Resumen:			
Operario		Máquina	
Tiempo por producto	15.55 min	Tiempo muerto por ciclo	12 min
Tiempo por ciclo	15.55 min	Tiempo de trabajo por ciclo	3.55 min
Tiempo de ocio del operario	0		
Tiempo de trabajo del operario	15.55min		

Figura 2. Diagrama Hombre-Máquina en la empresa J.C. Astilleros- División Minera, 2020.

En la figura 2, se aprecia el diagrama hombre máquina del proceso de la trituration primaria el cual a través de los resultados del estudio de tiempos de cada operación y del tiempo de producción de la máquina, se redujo de 15.55 min y a 12. min, disminuyendo el combustible, tiempo de trabajo, energía, etc.

Tabla 8

Evaluación de proveedores para la empresa J.C. Astilleros- División Minera.

Resultados	Aspectos Técnicos	Aspectos comerciales y econ.	Aspectos empresariales	Total	Posición
Cisar S.A.C.	1.46	0.71	0.56	2.73	3
Komatsu-Mitsui Maquinarias Perú S.A	0.91	0.68	0.70	2.29	4
Ferreyros S.A.	1.71	0.88	0.52	3.11	2
Unimaq Perú S.A.	1.76	1.35	0.53	3.64	1

Nota. Se usó el Método de comparación de proveedores

De la tabla 8, se muestra la selección al proveedor Unimaq Peru S.A con una puntuación ponderada de 3.64 y a Ferreyros S.A. con una puntuación ponderada de 3.11 la cual podría hacer una alternativa de elección debido a la cercanía del puntaje ponderado como la empresa Unimaq Peru S.A.

Para el plan agregado de producción se realizaron tres estrategias; caza, nivelación y mixta para satisfacer los requerimientos de producción adaptándonos a la demanda real.

Tabla 9

Estrategia de plan agregado de producción para la empresa J.C. Astilleros-División Minera S.A.

Estrategias	Caza (persecución)	Nivelación	Mixta
Costo (plan)	S/23,372.37	S/27,442.16	S/24,042.52

En la tabla 9, se muestra la mejor estrategia que la empresa JC. Astilleros- División Minera S.A. eligió teniendo menor costo la estrategia de plan agregado Caza (persecución) con S/23,372.37.

Tabla 10

Confiabilidad de las máquinas.

Máquina	Nº D de Fallas	Horas de Reparación por mes	Horas de proceso Por mes	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Tiempo medio de reparación (MTTR)	Confiabilidad (%)
Tolva	8	49	719	719	49	93.62%
Zarandas	11	56	712	712	56	92.71%

Trituradora de quijada	9	43	725	725	43	94.40%
Molino cónico	10	53	715	715	53	93.10%

En la Tabla 10, se visualiza la confiabilidad de las maquinas en el cual se ve un aumento significativo. Para ello se realizó el análisis de los modos y efectos de fallas para que respecto a eso se realice los planes de mantenimiento y los tiempos que estos deben tener.

Para llevar a cabo la etapa (verificar) de los resultados evaluados, en el periodo final de los diferentes indicadores, se tomaron en cuenta las mismas condiciones del periodo inicial en el que se estableció la línea base para contrastar la mejora. Para el daño de la tolva de recepción, se colocó un sensor de nivel de mineral: alto sobre el 85% del volumen de la tolva y bajo menos del 25% del volumen de la tolva, así se tuvo un resultado de 100% favorable. En los repuestos de procedencia de calidad, se realizó la selección analítica jerárquica de proveedores de repuestos de las maquinas, debido a que, en muchas ocasiones los repuestos llegan en mal estado, esto tuvo un resultado de 100% favorable. Para el tiempo estándar de la máquina y el operario se realizó el balance de líneas del operario y la maquina respecto al diagrama hombre máquina, así se tuvo un resultado de 100% favorable. Para la mano de obra óptima para el proceso, se realizó el plan agregado de producción en base a la proyección demandada, así se tuvo un resultado de 100% favorable. En la revisión de la lubricación y sistema eléctrico de las maquinas, se realizó el plan de mantenimientos de los sistemas mecánicos y eléctricos de las maquinas, así se tuvo un resultado de 100% favorable. En la tabla 12, etapa (actuar) se realizaron las acciones para prevenir la recurrencia del mismo problema definido en la primera etapa, es por ello que, se estableció equipos de trabajo con el fin de efectuar el monitoreo correspondiente para continuar con el ciclo de mejora continua, además es una forma de garantizar que los planes instituidos perduren en el tiempo y así se logre un efecto considerable en la mejora.

Tabla 11

Ficha de acciones correctivas y/o preventivas para el proceso de chancado de piedra de la empresa J.C. Astilleros-División Minera S.A.

Problemas	Consecuencia	Acción Correctiva
Fractura de los martillos	Retraso del proceso productivo	Programación de gestión de mantenimiento
Fractura en los dientes de trituración	Operarios molestos y sin motivación para sus labores	Selección de proveedores para repuestos adecuados
Inspección de rodaje y lubricación	Confianza excesiva del operario de mantenimiento	Capacitación de control visual sobre los problemas de mantenimiento
Falla de motor eléctrico	Retraso de los procesos productivos	Tiempos estándar mejorados.
Parada de inspección correctiva	Retraso de los procesos productivos	Revisión técnica de la maquina antes de cada producción
Pérdida de lubricación en los rodajes	Retraso de los procesos productivos	Gestión de mantenimiento
Daño de la tolva de recepción	Retraso de los siguientes procesos productivos	Gestión de mantenimiento
Falta de pedido de piedra chancada	Quejas de los clientes de la empresa	Forecast de la demanda de piedra según el entorno

En la tabla 12, se observa que luego de aplicar las herramientas de la mejora continua, se tiene variaciones significativas en los indicadores de la productividad del proceso de elaboración de pedrín, tales como productividad de mano de obra, productividad e maquinaria, productividad de materia prima, eficiencia y eficacia.

Tabla 8

Indicadores de la productividad en la posprueba en el proceso de pedrín.

Indicadores	Pre prueba	Post prueba	Variación
Productividad de mano de obra (m ³ /hr-H)	2.08	3.22	54.98%
	2.00	3.21	60.37%
	2.03	3.20	57.83%
	1.98	3.19	61.18%
Productividad de maquinaria (m ³ /hr-maq)	5.18	5.68	9.58%
	5.13	5.76	12.37%
	5.06	5.69	12.53%
	5.15	5.71	10.82%
Productividad de materia prima (m ³ /tn)	0.39	0.45	14.80%
	0.65	0.78	18.79%
	0.43	0.51	16.91%
	0.52	0.62	19.39%
Eficiencia (Tn de PT/Costo total)	60.45%	92.95%	53.76%
	59.85%	91.28%	52.52%
	59.00%	92.18%	56.23%
	60.07%	91.67%	52.60%
Eficacia (Producto terminado/Meta)	57.14%	96.75%	69.31%
	60.00%	92.14%	53.57%
	58.57%	87.95%	50.17%
	57.14%	94.39%	65.18%

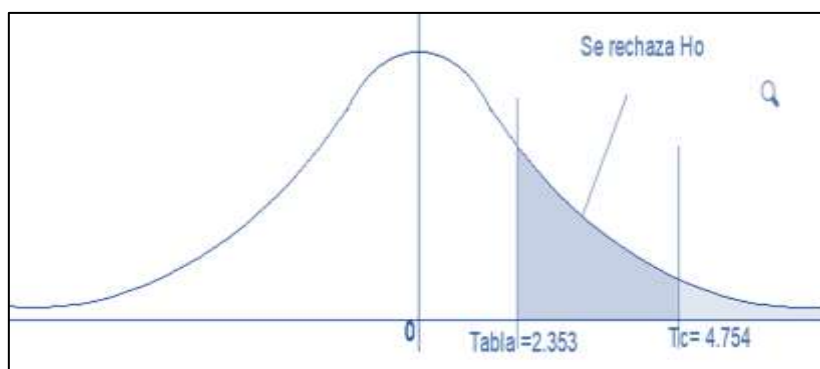


Figura 3. Campana de Gauss para la zona de aceptación o rechazo de la hipótesis

De la figura 3, se muestra la prueba estadística T Student (4,754) que se obtiene luego de evaluar la productividad de la empresa J.C. Astilleros División minera S.A., evidenciando que el estudio de trabajo influye positivamente en la productividad de la empresa debido al T de tabla de 2.353 y, con un nivel de significancia de 0,018, respecto a $p < 0.05$, lo que quiere decir que se acepta la H_1 : La aplicación de la mejora continua incrementa la productividad de la empresa J.C. Astilleros División minera S.A.

Discusión

En el diagnóstico situacional de la mejora continua, en el proceso de elaboración de pedrín de la empresa J.C. Astillero S.A.- División minera, se evidenció que al evaluar la mejora continua mediante el instrumento Check-List se obtuvo que el 60% de los ítems evaluados no se cumplen evidenciando la

ausencia de esta metodología en todo su proceso productivo, asimismo, mediante la herramienta del muestreo de trabajo se obtuvo que las fallas más frecuentes en las maquinarias se encuentran en la trituradora primaria y en la tolva de recepción, teniendo a la causas principales son la tolerancia excesiva del operario, fractura de los martillos, fractura de los dientes de trituración, inspección de lubricación, ausencia de materia prima, falla del motor eléctrico, paradas por inspección correctiva, pérdida de lubricación y la falla del motor eléctrico. Del mismo modo los investigadores Aguilar y Quiroz (2017) en su investigación tuvieron resultados similares, debido a que en el proceso de ensacado de fertilizantes de la empresa en investigación no se seguía una gestión que logre una competitividad en la empresa; para ello, los investigadores utilizaron el diagnóstico actual a través de controles estadísticos y estudios de tiempos, para reducir los excesos de pesos y las demoras o cuellos de botellas que se generan durante el proceso, en donde encontraron fallas en el molino, ausencia de materia prima, los colaboradores de la empresa no tenían funciones de acuerdo al enfoque que la empresa mantenía. Del mismo modo, Iván (2018) en su investigación logró coincidir con este trabajo de investigación, el cual se inició con un diagnóstico de la situación actual de la empresa y se demostró que hubo una mala gestión de los procesos lo que permitía los recursos utilizados en la empresa como la maquinaria y la mano de obra no se desarrollen en óptimas condiciones.

Conclusiones

En el diagnóstico de la mejora continua, para el periodo junio-octubre del 2019, evidenció que el método de trabajo en la empresa es deficiente, ya que la mayor actividad de los problemas está relacionada a la trituradora de quijada del mismo modo, se obtuvo que las causas prioritarias que generan una mejora continua ineficiente son la tolerancia excesiva del operario, fractura de los martillos, fractura de los dientes de trituración, inspección de lubricación, entre otros.

De la productividad inicial que se obtuvo de los reportes de productividad, se tuvo una productividad de mano de obra de 2.02 m³/h, productividad de maquinaria 5.13 m³/h-maq, productividad de materia prima 0.49 m³/TM, así mismo, se tuvo una efectividad de 34.8% indicando que los indicadores eran deficientes en el periodo evaluado.

La aplicación de la mejora continua utilizó la herramienta de la ingeniería de métodos logrando reducir el tiempo muerto en un 27%, la selección de proveedores, asimismo, se realizó el plan agregado de la producción, para lo cual se utilizó la estrategia de persecución con un costo de S/23372.37, del mismo modo, se manipuló la herramienta del plan de mantenimiento logrando incrementar la disponibilidad de las maquinas al 99%.

La influencia de la mejora continua tiene variaciones significativas en los indicadores de la productividad del proceso de elaboración de piedrín, ya que se incrementó la productividad en un 44.7%, la eficiencia en 92.02% y la eficacia en 92.8%, asimismo, se realizó la prueba estadística T Student (4,754) evidenciando que hubo una influencia positiva en la productividad de la empresa el cual tuvo un nivel de significancia de 0,018, respecto a $p < 0.05$.

Referencias

- Aguilar, L. y Quiroz, B. (2017) *Propuesta de implementación de la metodología del ciclo de Deming para mejorar la productividad en el proceso de ensacado de fertilizantes de la empresa Yara Perú SRL para el año 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte] <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12459>
- Castellanos Martel, I. (2018) *El ciclo Deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil*. [Tesis de pregrado. Universidad Peruana los Andes] <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/962/Castellanos%20Martel%2C%20Ivan%20Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernandez, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Interamericana editores, S.A.
- Krzysztof, K., Krzyszto F., M. (2018) *Uso de métodos 5W-1H y 4M para analizar y resolver problemas con el Proceso de inspección - estudio de caso*; Poland: Technical University of Czestochowa

- Miranda E., K. (2015) *Diseño de mejoramiento en los procedimientos de la línea de tubos de horno aplicando el círculo de Deming en la empresa Mabe S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17481>
- Oberhausen, C., Minoufekar, M., Plapper, P. (2017). *Mejora continua de los flujos de procesos complejos por medio del flujo como el "Método estandarizado de gestión del flujo de valor entre empresas"*. Luxemburgo, University of Luxembourg.
- OIT, Oficina Internacional del Trabajo (05 de octubre del 2019)]. *Cómo se analizan la eficacia y eficiencia*. <http://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-analizan-eficacia-eficiencia>
- Ortiz, Ó. y Arcinegas, J. *Sistema de gestión de la calidad: teoría y práctica bajo la norma ISO 2015*. Ecoe: Ediciones. <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2016/09/Sistemas-de-gesti%C3%B3n-de-calidad.pdf>
- Pulido, A. y Bocanegra, C. (2015). Mitigación de defectos en productos manufacturados. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 161-172
- Salgado, A. y Salgado, N. (2019). *Incremento Productividad en el área de Logística Externa y Delivery Services de la Empresa Urbano Express mediante la Metodología Lean Manufacturing* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19646>
- Villar, L. y Ledo, M. (2016) Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores Ingeniería Industrial. *Ingeniería Industrial* 37(2), 138-150. <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360446197004.pdf>