



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**"Aplicación del ciclo PHVA para mejorar la productividad en el área de
producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A. Puente piedra, 2021"**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Anculle Asencios, Tomas Enrique (orcid.org/0000-0002-8320-0379)

ASESOR:

Mg. Paz Campaña, Augusto Edward (orcid.org/0000-0001-9751-1365)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

Lima – Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres Tomas y Magna que están siempre conmigo apoyando incondicionalmente al igual que mis hermanos, también a Sofía la mujer que cambio mi vida y me hizo ver el mundo de manera diferente.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecer a Padre y Madre del cielo por permitirme llegar a estas instancias de mi vida, también a mis asesores de investigación por el conocimiento compartido y el apoyo constante, y a la universidad por la preocupación y por la formación dada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.3. Población, muestra y muestreo	18
3.4. Técnica de recolección de datos, validez y confiabilidad	19
3.5. Procedimiento	20
3.6. Método de análisis de datos.....	62
3.7. Aspectos éticos	66
IV. RESULTADOS	67
4.1. Análisis descriptivos.....	67
4.1.1. Variable dependiente - Productividad	67
4.1.2. Dimensión 1 - Eficiencia	68
4.1.3. Dimensión 2 - Eficacia	70
4.2. Análisis inferencial.....	72
4.2.1. Análisis de la hipótesis general - Productividad.....	73
4.2.2. Análisis de la hipótesis específica - Eficiencia.....	75
4.2.3. Análisis de la hipótesis específica - Eficacia.....	78
V. DISCUSIONES	81
VI. CONCLUSIONES	84
VII. RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS	86
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de acero	2
Figura 2. País con mayor producción de acero en Latinoamérica	3
Figura 3. Producción de acero por país de Latinoamérica	4
Figura 4. Producción de acero en el Perú	5
Figura 5. Ubicación geográfica de la empresa INMETSA	21
Figura 6. Tipos de puentes fabricados por INMETSA S.A.	22
Figura 7. Porcentaje total por tipo de puentes	23
Figura 8. Número de proyectos por año	24
Figura 9. Organigrama de la empresa Inversiones Metálicas S.A.	25
Figura 10. Diagrama de flujo de procesos INMETSA	27
Figura 11. Sistema de Westinghouse	29
Figura 12. Cronograma de ejecución de la mejora	38
Figura 13. Proceso de soldeo en el área de producción	39
Figura 14. Proceso de soldeo antes / después	40
Figura 15. Cordón de soldadura antes / después	41
Figura 16. Biselado de almas de las vigas	41
Figura 17. Proceso de soldeo de vigas en pares	42
Figura 19. Medición del biselado de almas de vigas	43
Figura 20. Formato de control de entradas y salidas de insumos	44
Figura 21. Tablero de control de salidas de insumos	45
Figura 22. Sistema de Westinghouse	51
Figura 23. Histograma de los datos Pretest-Postest de la variable Productividad	68
Figura 24. Histograma de los datos Pretest-Postest de la dimensión eficiencia	70
Figura 25. Histograma de los datos Pretest-Postest de la dimensión	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Últimos proyectos de la empresa INMETSA	22
Tabla 2. Toma de tiempos en la etapa Pretest	30
Tabla 3. Determinación del tamaño de la muestra.....	31
Tabla 4. Suplementos establecidos en el proceso de soldeo	31
Tabla 5. Determinación del tiempo estándar.....	32
Tabla 6. Capacidad instala en la etapa Pretest.....	33
Tabla 7. Determinación de cantidad de pases	33
Tabla 8. Dia 1 de los datos Pre-test.....	34
Tabla 9. Registro de datos en la etapa Pretest	36
Tabla 10. Causas y alternativas de solución de la mejora	37
Tabla 11. Toma de tiempos en la etapa Postest.....	52
Tabla 12. Determinación del tamaño de la muestra.....	53
Tabla 13. Suplementos establecidos para la etapa Postest.....	53
Tabla 14. Determinación del tiempo estándar.....	54
Tabla 15. Capacidad instalada en la etapa Postest	55
Tabla 16. Determinación de cantidad de pases	55
Tabla 17. Dia 1 de los datos Pre-test.....	56
Tabla 18. Registro de datos en la etapa Postest	58
Tabla 19. Lista de materiales	59
Tabla 20. Insumos en la etapa Pretest.....	60
Tabla 21. Insumos en la etapa Postest.....	60
Tabla 22. Diferencia de insumos Pretest-Postest	60
Tabla 23. Mano de obra en la etapa Pretest.....	61
Tabla 24. Mano de obra en la Postest	61
Tabla 25. Diferencia de mano de obra Pretest-Postest.....	62
Tabla 26. Total de ahorro después de la implementación.....	62
Tabla 27. Resultado del análisis descriptivo de la variable Productividad	67
Tabla 28. Resultado del análisis descriptivo de la dimensión eficiencia	69
Tabla 29. Resultado del análisis descriptivo de la dimensión eficacia	71
Tabla 30. Prueba de normalidad de la variable dependiente productividad.....	73
Tabla 31. Contrastación de la hipótesis general	74
Tabla 32. Prueba Wilcoxon a la variable productividad.....	75

Tabla 33. Prueba de normalidad de la dimensión eficiencia.....	76
Tabla 34. Contrastación de la hipótesis específico	76
Tabla 35. Prueba Wilcoxon a la dimensión eficiencia	77
Tabla 36. Prueba de normalidad de la dimensión eficacia.....	78
Tabla 37. Contrastación de la hipótesis específico	79
Tabla 38. Prueba Wilcoxon a la dimensión eficacia	80

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata de la aplicación del ciclo PHVA en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A. con el fin de aumentar la productividad en el área de soldeo de las vigas metálicas. Este trabajo por su finalidad es de tipo Aplicada, por su enfoque es de tipo cuantitativo, por su nivel de investigación es de tipo explicativo, por su diseño es de tipo experimental y por su alcance es de tipo preexperimental.

Se planteo como objetivo principal “Determinar cómo la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la productividad en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.” el cual se recolecto la información de 25 días de jornada laboral para el estudio de tiempos, también se utilizó los herramientas de mejora continua como por ejemplo el diagrama causa-efecto y diagrama de Pareto para hallar el problema que causas baja productividad en el proceso de soldeo, unas ves hallados los problemas se procede a realizar la implementación y ejecución de la mejora de los 5 principales problemas hallados anteriormente, para esto de uso alternativas de solución como son la mejora de proceso, estandarización del procedimiento , capacitaciones e implementación de formatos, informaciones acerca de la herramienta 5´s, entre otros.

Este trabajo de investigación termina con la conclusión que se logra aumentar la productividad en el área de producción luego de haber implementado la herramienta de mejora continua que es el ciclo de Deming, este aumento es de 29% teniendo una productividad antes de 48% y una productividad después de 77%.

Palabras clave: Ciclo de Deming, productividad, eficiencia, eficacia.

ABSTRACT

This research work deals with the application of the PHVA cycle in the production area of the company Inversiones Metálicas S.A. in order to increase productivity in the area of welding metal beams. This work, due to its purpose, is Applied, due to its approach it is quantitative, due to its level of research it is explanatory, due to its design it is experimental and due to its scope it is pre-experimental.

The main objective was "To determine how the application of the PHVA cycle (Deming cycle) improves productivity in the production area of the company Inversiones Metálicas S.A." which the information of 25 days of workday was collected for the time study, continuous improvement tools were also used, such as the cause-effect diagram and Pareto diagram to find the problem that causes low productivity in the process of soldering, once the problems are found, the implementation and execution of the improvement of the 5 main problems found previously are carried out, for this, alternative solutions are used such as process improvement, procedure standardization, training and implementation of formats, information about the 5's tool, among others.

This research work ends with the conclusion that it is possible to increase productivity in the production area after having implemented the continuous improvement tool that is the Deming cycle, this increase is 25%, having a productivity before 51% and a productivity after 76%.

Keywords: Deming cycle, productivity, efficiency, effectiveness.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la metalmecánica es una de las actividades manufactureras más importantes del mundo por el gran aporte económico y social al país donde esta se ha convertido en una fuente de ingresos importante y generadora de empleo. Esta actividad es la proveedora principal de bienes intermedios y finales para las industrias alimenticias, automotriz, agrícolas, mineras, entre otros; también abarca todo lo que comprende a maquinas industriales metálicas, teniendo como principal material de trabajo el metal y las demás aleaciones de hierro para el uso de capital productivo.

Ya que la industria metalmecánica se centra en la transformación de bienes intermedios a finales, la productividad de la empresa será esencial para generar un menor costo de producción, mayor producción y una efectiva utilización de los recursos e insumos disponibles.

Como toda empresa metalmecánica el uso de la adecuado de su materia prima que es el acero, es primordial para mejorar la productividad. En la actualidad por la coyuntura internacional que se viene atravesando, el precio de las exportaciones ha ido elevándose afectando en el balance de una empresa a la hora de buscar ganancias y beneficios, es por ello que hoy en día mejorar la productividad es esencial para mantener rentable una organización empresarial y seguir con sus labores.

Según la asociación industrial más grande del mundo del acero, WorldSteel, ha publicado a través de su página web la producción de acero de este año 2022 teniendo como resultado la producción mundial del acero en los tres primeros meses de 456.6 millones de toneladas siendo esta cantidad un 6.8% menos en el mismo periodo del 2021.

A continuación, se presenta un cuadro con los 10 principales países con mayor producción de acero en el mundo siendo china la que lidera la tabla, seguidamente por india y luego por Japón y como 4to lugar tenemos a el país americano de Estados Unidos.

Figura 1. Producción mundial de acero

	Mar 2022 (Mt)	% change Mar 22/21	Jan-Mar 2022 (Mt)	% change Jan-Mar 22/21
China	88.3	-6.4	243.4	-10.5
India	10.9	4.4	31.9	5.9
Japan	8.0	-4.3	23.0	-2.9
United States	7.0	-1.7	20.3	-0.4
Russia	6.6 e	-1.8	18.7	-1.2
South Korea	5.7	-6.1	16.9	-3.8
Germany	3.3	-11.8	9.8	-3.7
Turkey	3.3	-2.9	9.4	-4.7
Brazil	3.0 e	5.4	8.5	-2.2
Iran	2.3 e	-6.1	6.9	-4.4

e - estimated. Ranking of top 10 producing countries is based on year-to-date aggregate

Fuente: WorldSteelAssociation

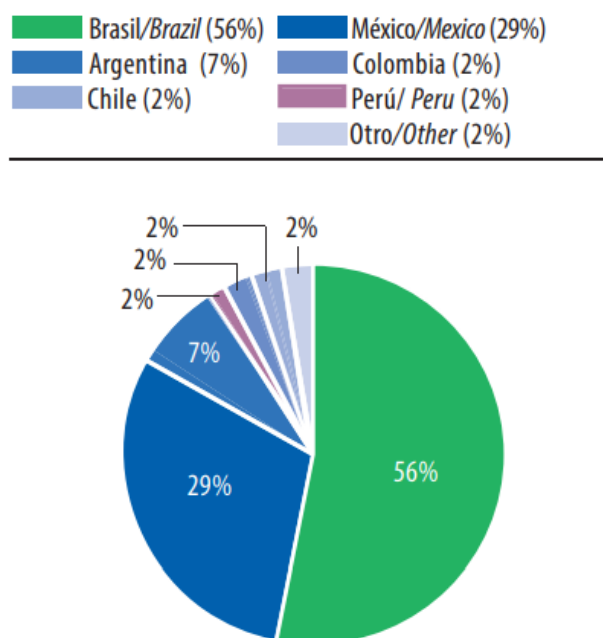
Según el cuadro anterior, la producción mundial de acero es liderada por china con 88.3 Mt que representa un 6.4% menos con respecto al año 2021, seguido por India con 10.9 Mt el cual tiene un 4.4% menos de producción que en el año 2021, luego esta Japón con una producción de 8.0 Mt que representa un 4.3% menos con respecto a la producción del año 2021, luego le sigue el país de Estados Unidos con 7.0 Mt el cual tiene un 1.7% menos que el año pasado, seguidamente esta Rusia con 6.6 Mt el cual tiene un 1.8% menos que en el año 2021, siguiendo con la lista esta Corea del Sur con 5.7 Mt de producción y tienen 6.1% menos que en el año 2021, le sigue Alemania con una producción de 3.3 Mt pero con 11.8% menos que el año pasado siendo el país más afectado en cuanto a nivel de producción se refiere, luego está el país de Turquía con una producción de 3.3 Mt y con 5.4% menos que en el año 2021, como penúltimo país tenemos al único sudamericano de la tabla que es Brasil con una producción de 3.0 Mt pero con 5.4% menos que el año pasado y para terminar la tabla de los 10 países con más producción de acero en el

mundo tenemos al país de Irán con 2.3 Mt y teniendo un 6.1% menos que en 2021

Claramente de evidencia una baja en la producción de acero en los principales países del mundo, el cual puede tener como principal causa la Pandemia mundial por COVID-2019 el cual golpeó fuertemente a diversas empresas en distintas regiones afectando directamente a su productividad y por ende llegando a casos extremos de quiebre de empresas y organizaciones. Hoy en día las diversas empresas se enfrentan a la difícil tarea de recuperación en cuanto a producción nos referimos y para esto se necesitará mejorar sus procesos y por ende aumentar su productividad a través de diversas herramientas la cual pueden incluirse el ciclo PHVA (ciclo Deming).

Según los últimos datos recolectados por la Asociación Latinoamericana del Acero (Alacero) realizado en el año 2021, la producción de latinoamericana de acero será de 65 millones de toneladas estimadas el cual representará un 16.1% de aumento en producción con respecto al año anterior 2020.

Figura 2. País con mayor producción de acero en Latinoamérica



Fuente: ALACERO

Se muestra la figura con los principales productores de acero en América latina, este grafico está liderado por Brasil con 56%, seguidamente por

México que tiene 29%, como tercer lugar tenemos a Argentina con 7% seguido y en igual porcentaje a Colombia, Chile y Perú que tiene cada uno un 2% y por último esta los restos de países con un 2% en conjunto.

A continuación, también se muestra un cuadro con la producción de acero de cada país en millones de toneladas.

Figura 3. Producción de acero por país de Latinoamérica

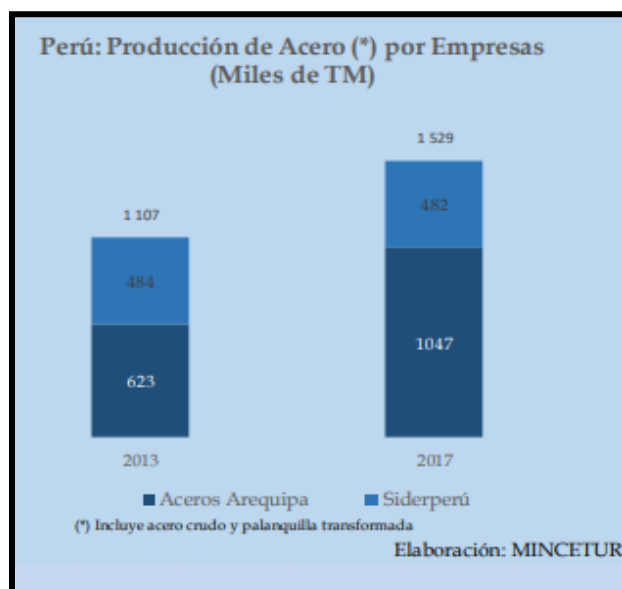
Millares de toneladas / Thousand tons						
País / Country	2017	2018	2019	2020	2021 ^(E)	Var. % 21/20
Brasil / Brazil	34.777	35.407	32.569	31.415	36.333	16%
México / Mexico	19.955	20.441	18.387	16.803	18.761	12%
Argentina	4.624	5.162	4.645	3.651	4.696	29%
Chile	1.158	1.145	1.133	1.157	1.326	15%
Colombia	1.253	1.219	1.333	1.149	1.314	14%
Perú / Peru	1.207	1.217	1.230	731	1.234	69%
Ecuador	561	583	607	482	612	27%
Guatemala	294	300	306	243	307	27%
Cuba	221	225	230	185	231	25%
El Salvador	96	99	102	82	103	26%
Uruguay	58	60	62	49	63	28%
Venezuela	444	129	51	29	29	1%
Otros / Other Latam	24	25	26	23	26	14%
Total	64.671	66.012	60.681	55.998	65.035	16,1%

Fuente: ALACERO

Según el cuadro anterior podemos observar que el país con más producción de acero en Latinoamérica en el año 2021 es Brasil con una producción de 36.3 Mt y el cual tiene un 16% más de producción con respecto al año 2020, después tenemos a México con 18.7 Mt de producción y tiene un aumento de 12% respecto al año anterior, seguidamente tenemos a Argentina con una producción de 4.6 Mt el cual tiene un porcentaje de aumento de 29%, luego tenemos a Chile con 1.3 Mt y tiene un 15% de aumento de la producción, en quinto lugar tenemos a Colombia con 1.3 Mt de producción teniendo un incremento de 14%, seguidamente tenemos a Perú con una producción de 1.2 Mt y con un

porcentaje de aumento de 69% siendo el país que más ha aumentado su productividad dentro de la región, luego tenemos Ecuador, Guatemala, Cuba, El Salvador, Uruguay, Venezuela y entre otros países con una producción mínima en conjunto.

Figura 4. Producción de acero en el Perú



Fuente MINCETUR

De la figura anterior se muestra la producción de acero en el Perú desde la última actualización del MINCETUR siendo las dos principales empresas productoras de acero Aceros Arequipa y Siderperu.

La empresa Inversiones Metálicas S.A. cuenta con más de 30 años en el rubro de la metalmecánica, especializando en la fabricación y montaje de puentes, convirtiéndola hoy en día en una empresa reconocida y consolidada en el mercado del Perú llegando a competir con las empresas top y más emblemáticas en el rubro de la metalmecánica. Sin embargo, la empresa presenta deficiencias en la parte de producción al liberar las vigas terminadas listo para pintura, más específicamente en la parte de soldadura de las vigas principales mediante la máquina de soldeo Corimpex, generando diversos costos de producción que afectan la rentabilidad de la empresa por proyecto concretado. Es por ello que la empresa está buscando aplicar alguna herramienta para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de puentes metálicos.

Se considera como problema general, a través de la siguiente pregunta ¿De qué manera la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la productividad en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.?

De igual manera se presenta los problemas específicos los cuales tenemos como primer problema específico ¿De qué manera la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficiencia del área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.? y como segundo problema específico tenemos ¿De qué manera la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficacia del área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.?

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo práctico aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) para reducir la aparición de productos no conformes realizado en la parte de fabricación de los puentes metálicos dentro de la empresa Inversiones Metálicas S.A.

También se presenta la justificación económica el cual consiste en buscar reducir los costos de reprocesos por productos no conformes así también la reducción de los pagos por horas extras a los trabajadores dentro de la empresa INMETSA S.A.

Tenemos la justificación social el cual se tiene que el trabajo de investigación pretende reducir las llamadas horas extras por parte de los trabajadores, ya que se evitaría las correcciones de errores a la hora de fabricar cumpliendo con las fechas establecidas con el cliente para la finalización del proyecto, así tengan más tiempos libres para realizar sus actividades familiares, amigos, etc.

Se tienen como objetivo general para el presente trabajo de investigación Determinar cómo la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la productividad en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A. de igual manera se tiene como primer objetivo específico Determinar cómo la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficiencia en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A. y como segundo objetivo específico tenemos Determinar cómo la

aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficacia en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.

Se tienen que la hipótesis general que La aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejorara la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021. Así mismo se tiene como primera hipótesis específica La aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejorara la eficacia del área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021. Y como segunda hipótesis específica tenemos La aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejorara la eficiencia del área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Se realizó la búsqueda de anteriores investigadores el cual se mostrará como antecedentes nacionales siguientes:

Benites, Benites, Javez y Ulloa (2021) en su artículo de investigación titulado “Application of the PHVA cycle to increase productivity in the Frescor production area of ARY Servicios Generales S.A.C, 2020” tiene como objetivo principal incrementar la productividad a través del uso del ciclo PHVA en el área de producción de la empresa ARY Servicios Generales S.A.C., en este trabajo de investigación por su finalidad es del tipo aplicada, por su diseño es del tipo experimental y por su enfoque es de tipo cuantitativo. Se usó primero la clasificación ABC para ver en la organización la rotación de sus productos que fabrican, así mismo se usó otras herramientas de mejora continua como son la metodología 5’s y la estandarización de los procesos de trabajo. Luego de esto se tuvo como resultado que la productividad de la empresa tanto en materia prima como en mano de obra aumento de un 27% a un 33% llegando a la conclusión que el ciclo PHVA si llega a aumentar la productividad de las organizaciones.

Rodríguez (2021) en tu tesis para obtener el grado de ingeniería industrial llamado “aplicación del ciclo Deming para mejorar la productividad en el proceso de alcachofa cuantos marinados en una empresa agroindustrial.”,

este trabajo de investigación es del tipo aplicado y como diseño de investigación es de tipo preexperimental. El cual tiene como objetivo principal la determinación de cómo influye la aplicación del ciclo de Deming en la productividad de alcachofa marinados en una empresa agroindustrial, para esto se usó las herramientas de mejora continua como el principio de Pareto, matriz de mejoras, diagrama de Ishikawa y la gráfica de control. Los resultados luego de la implementación de ciclo de Deming fueron el incremento de la eficiencia del 18% de eficacia, 16% de eficiencia y un crecimiento en la productividad en 26% con lo que se llegó a concluir que la aplicación del ciclo de Deming logro incrementar la productividad de la empresa agroindustrial procesadora de alcachofa marinados.

Chávez y Fernández (2020) en su trabajo de investigación titulado “aplicación del ciclo de Deming en el proceso de producción de waffers para aumentar la productividad en la empresa Jaen Steel S.A.C. de la ciudad de Cajamarca, 2020”, esta investigación tiene un enfoque longitudinal por su diseño es de tipo preexperimental y cuantitativo el cual tienen como objetivo principal el aumento de la productividad en la producción y fabricación de waffers en una empresa del sector minero también se tiene como objetivos específicos dar un diagnóstico de la situación actual de la empresa junto con sus indicadores actuales de igual manera diseñar un proceso de mejora con la aplicación del ciclo de Deming y evaluar la viabilidad económica al aumentar la productividad con el método costo-beneficio. Luego de la aplicación de las capacitaciones al personal de producción se obtuvo que se incrementó la Operacionalidad de la maquinaria de un 40% a un 60%, así también la eficiencia aumento en un 30%, la eficacia en un 30% y la productividad de la empresa aumento en un 40%. Llegando a la conclusión que el uso de la metodología del ciclo de Deming se logra aumentar la productividad, pues permite un uso más eficaz de la máquina que interviene directamente con la producción de waffers.

Castellanos (2018) en su trabajo de investigación para la obtención del título profesional de ingeniero industrial, titulado “El ciclo de Deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil”; este

trabajo de investigación por su finalidad es de tipo aplicada, por su diseño es de tipo experimental y por su nivel de investigación es explicativo, el cual tiene como objetivo principal la determinación de la aplicación del ciclo de Deming para mejorar la productividad en los procesos de la empresa de Servicios Textiles Asociados S.A.C., también se tiene como hipótesis que al aplicar el ciclo de Deming en la empresa la influencia en la mejora continua es significativa. Se llega a la conclusión que la empresa presenta una variación positiva en la productividad donde se tenía que antes de la implementación es de 11.70% y luego de la implementación es 56.3% obteniendo un incremento de 44.6%, también se tiene que la eficiencia en los procesos de servicios textiles se incrementó en 46.71%, igualmente se tiene que la eficacia tuvo un aumento representada por el 35.84%.

Calderón (2019) en su trabajo de investigación para obtener el título profesional de ingeniero industrial titulado “aplicación del ciclo de Deming para incrementar la productividad reduciendo las mermas de preformas bebidas gasificadas en Arca Continental Lindley – Planta Trujillo”, ese trabajo de investigación por su diseño y finalidad es de tipo preexperimental y que tiene como objetivo principal incrementar la productividad reduciendo las mermas de preformas de bebidas gasificadas. Para lograr incrementar la rentabilidad de la empresa se tomó los datos semanales de las mermas de tapas plásticas y etiquetas, de los cuales se tomó una muestra de los años 2016, 2017 y 2018. La implementación del ciclo de mejora continua de Deming permitió mejorar las áreas funcionales y operacionales por medio de los parámetros de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, logrando reducir las mermas de preformas de 0.81% a 0.17% lo que materializando representa 2,383567.98 unidades a 432,102.09 unidades ahorrando en términos monetarios de 252,658.21 a unos 45,802.82 considerando el antes y después de la implementación del ciclo de Deming a la empresa. Con estos resultados se llega a la conclusión que, con el nuevo sistema, los valores son de mayor eficiencia.

De igual manera se realizó la búsqueda de autores para los antecedentes internacionales los cuales se muestran a continuación:

Montesinos, Vázquez, Maya y Gracida (2020) en su artículo científico titulado “Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming”, el cual tiene como objetivo principal es analizar los resultados en el área de inventarios de una planta de distribución y almacenamiento de gas en México al aplicar el ciclo de Deming de Mejora Continua. Complementariamente a la aplicación del ciclo de Deming, se usó otras herramientas básicas de mejora continua las cuales son: diagrama causa-efecto, lluvia de ideas, Pareto, hojas de verificación, matriz FODA y gráficas de barras. Después de la aplicación del ciclo de Deming obtuvo como resultado del análisis una mejora en la productividad del área de inventarios y almacenamiento subiendo del valor inicial que tenían al año 2016 de 2.14% de productividad, en 2017 tenía 3.09% y en 2018 de 4.04%; llegando a la conclusión de que la aplicación de la herramienta de mejora continua en base al ciclo de Deming, potencio notablemente la productividad y rendimiento del área de almacenamiento, por lo que se puede aplicar la misma herramienta a las demás plantas y bodegas de la empresa y otros tipos de negocios.

Según Barrios (2015) en su trabajo de investigación titulado “círculo de Deming en el departamento de producción de las empresas fabricantes de chocolate artesanal de la ciudad de Quetzaltenango” el cual es por su diseño de investigación de tipo descriptiva y tiene como instrumentos de recolección de datos los cuestionarios. Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal determinar de que manera las empresas fabricantes de chocolate artesanal de la ciudad de Quetzaltenango utilizan este sistema en su proceso de producción. En los resultados obtenidos en esta investigación se determinó que las empresas fabricantes de chocolate no utilizan el círculo de Deming en su área de producción, en cambio, utilizan métodos principales y básicos para la identificación de problemas y sus causas así también como la supervisión y el control de calidad es por ello que el autor de este trabajo de investigación al finalizar recomienda implementar el ciclo de Deming a las empresa fabricantes de

chocolate para así poder mejorar sus procesos y tener una mejora continua al tener un mejor trabajo en equipo, mejor planeación y mejor solución a problemas.

Según Atencio (2018) en su trabajo de investigación para obtener el título de ingeniera comercial titulado “Mejora continua de los procesos en la empresa lavandería Millenium de la ciudad de Latacunga” el cual tiene un enfoque mixto, es decir que es cualitativo y cuantitativo, como alcance el trabajo es de tipo exploratoria y descriptiva. Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal diseñar la mejora continua de los procesos en la empresa Lavandería Millenium de la ciudad de Latacunga , la cual se procede con la realización de encuestas a los clientes de la empresa obtenidas de la base de datos registrados y la entrevista al gerente general y a los trabajadores lo cual le permitirá saber la situación actual de la empresa e implementar la situación mejorada mediante el uso de la herramienta de mejora continua que es el ciclo de Deming. Llegando a la conclusión luego de procedimiento de aplicación del ciclo de Deming que la empresa trabaja de manera empírica ya que es un negocio familiar pero que puede generar mas ingresos o ganancias al conocer e implementar indicadores que haga posible la mejora continua de sus procesos.

Según Barona (2016) en su trabajo de investigación para obtener el título de ingeniera comercial titulado “Mejora continua en el área productiva de la empresa de calzado KF Barona basado en un enfoque por procesos para incrementar la competitividad” el cual tiene según el enfoque es de tipo cualitativo-cuantitativo y con un alcance de tipo descriptivo. Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal desarrollar un proceso de mejora continua del área productiva en la empresa de calzado “KF Barona” basado en un enfoque por procesos, para incrementar la competitividad, en el cual se plantea una mejora continua a través del ciclo de Deming que propongan planes de solución con el desarrollo de flujogramas de procesos, hojas de control de calidad de la materia prima, productos en proceso y de los terminados, así también el desarrollo de indicadores de producción para hacer de la empresa mas competitiva en el mercado.

Según Chalen (2017) en su trabajo de investigación para la obtención del grado de magister en gestión industrial y sistemas productivos, titulado “aplicación de un modelo de gestión por procesos mediante la metodología PHVA para la optimización de procesos en la empresa Xomer CIA. LTDA. De la ciudad de Riobamba. El cual tiene como objetivo principal es aplicar un modelo de gestión mediante la metodología PHVA para la optimización de procesos en la empresa XOMER CIA. LTDA., de la ciudad de Riobamba para los cuales se realiza primero con la documentación de los procesos y los flujogramas teniendo como base la notación Bussiness Process Manager Notation (BPMN) y realizando los registros necesarios, luego se procede a evaluar las propuestas de mejora a través del uso de la matriz Analisis de Valor Agregado (AVA) el cual se tuvo que el valor agregado antes de la implementación es de 22.22% y luego de la implementación se tienen que es de 49% llegando a la conclusión que el ciclo PHVA logra la mejora continua de procesos ya que aumento el valor agregado en 27%.

El ciclo de Deming está conformado por cuatro conceptos que son: planear, hacer o ejecutar, verificar y actuar que debe implementar una empresa en sus procesos empezado por el más significativo y siguiendo por los demás. Este instrumento o herramienta se centra en la solución de problemas y el establecimiento de la mejora continua de procesos, mediante un diagnóstico inicial se identifican las fallas para mejorar haciendo comparación entre los planes iniciales y los resultados, luego se hace un análisis del resultado no deseado para replantear una nueva lista de medidas que den solución al problema para que no vuelva a repetirse y lograr un resultado aceptable. Esto permite crecer sistemáticamente teniendo como base la innovación y la mejora continua. (UMNG, 2019, pág. 3,2).

Los pasos o fases para la implementación son cuatro las cuales se definen de la siguiente manera:

- **Planear** es la fase en donde se concretan la visión de la meta y los planes de la empresa para hacer frente un determinado problema.

Luego de establecer el objetivo se realiza un análisis para conocer la situación actual del problema en la empresa y las áreas en donde será necesario mejorar algún proceso, definiendo el impacto y la problemática que puede generar a la organización. Luego se desarrolla en teoría la opción de una posible solución el cual viene con un plan de trabajo el cual se establece las acciones ya definidas en la teoría de solución. (UMNG, 2019)

- **Hacer** es la fase en donde el estudio de la técnica se pone en marcha, como ejemplo, podemos tener un área de producción con un procedimiento piloto con un pequeño grupo de clientes con el motivo de encontrar una solución que se haya planteado y elaborado datos con objetivos, todo este experimento se debe recolectar y documentar la información encontrada en el proceso de acción. (Idrovo, 2020)
- **Verificar** es la fase donde se da a conocer la medición de lo ejecutado con lo planeado inicialmente. Se implementan los índices establecidos y se realiza el diagnostico de los resultados y del proceso desarrollado. En esta etapa se puede encontrar que los resultados y las actividades de la fase anterior que es el “Hacer” corresponden a lo establecido en la fase inicial del “Planear” o, sino es el caso, que se ha presentado una divergencia entra ambas fases. En este caso de analizar las razones de las variaciones para retroalimentar la siguiente etapa. (Uribe, 2017)
- **Actuar** esta fase se relaciona con el establecimiento de las medidas correctivas, en el caso se haya encontrado diferencias entre las fases de hacer y planear. Luego de analizar las causas se establece un plan de mejoramiento usando medidas correctivas para volver empezar el ciclo adecuadamente. De no ser el caso, se diseñarán un plan de mantenimiento usando medidas preventivas, para asegurar la correcta implementación de los procesos y así obtener resultados favorables. (Uribe, 2017)

Productividad se define como una medida económica que se encarga de calcular cuantos bienes y servicios se han producido por cada factor que se ha utilizado el cual pueden ser: trabajador, capital, tiempo, costes, etc. Esto en un determinado periodo (Sevilla, 2016); también se puede decir que la productividad es reconocida como la relación que existe entre los recursos utilizados para alcanzar un respectivo nivel de producción y el volumen total de producción, dicho de otra manera, es la razón entre las entradas y las salidas (Medina, 2010), se entiende esto como la forma en como utilizan los factores de producción durante la elaboración de un determinado producto y/o servicio para lograr satisfacer la necesidad de los clientes. Por lo general cuando se menciona la palabra productividad hace referencia a alguna parte de un proceso en el cual intervienen actividades y elementos para llegar a un resultado, es decir, menos recursos para la obtención de mismos elementos. (Fontalvo, De la Hoz y Morelos, 2018)

Eficiencia se define como la forma de producir más con el mismo número o cantidad de factores productivos, se puede decir que la eficiencia es la relación entre los resultados obtenidos llamados Outputs y los recursos utilizados llamados Inputs. (Córdoba y Alberto, 2018) también se puede decir que es un indicador que es usado para evaluar los recursos o el cumplimiento de labores en dos aspectos: primero se dice que es la relación entre el número de recursos que se utilizan con el número de recursos que se programan o que se estiman; segundo, es el nivel en el que son aprovechados los recursos usados para ser modificados en productos. (Castellanos, 2018)

Eficacia se define como el nivel en el que realiza el proceso de las labores planificadas y se concretan los objetivos planificados, siendo necesario para esto usar los recursos adecuadamente y así lograr los objetivos trazados (realizar lo planeado), posteriormente se indica lo primordial de ir en busca de la optimización de la eficacia, cuyo propósito es que el equipo se optimice.

III.METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto de investigación se definirá el método de la siguiente manera:

Por su enfoque, este trabajo de investigación tiene su enfoque Cuantitativo. Hernández Sampieri (2014) nos dice que este tipo de investigación se basa solamente en la exploración y descripción de conceptos, la cual genera información ordinal o datos que luego se convertirán en números.

Por su finalidad, este trabajo de investigación sería Aplicada ya que tiene como objetivo resolver un determinado problema aplicando y utilizando conocimientos que se adquieren al momento de realizar la investigación, esto nos dice Hernández Sampieri (2014).

Por el nivel de investigación, el presente trabajo es Explicativa y acerca de esto Hernández Sampieri (2014) no dice que este tipo de investigación se da cuando se analizan los datos cuantitativos, es decir se hace una comparación de los datos recogidos y evaluados sobre los primeros resultados con los datos obtenidos posterior a a la primera. Con esto se hace un reporte con la información que resulta de la interpretación y evaluación de los datos.

Por el diseño, este trabajo de investigación sería de tipo Experimental, ya que según la definición que nos hace Hernández Sampieri (2014) nos dice que una investigación es experimental cuando el conjunto de variables se mantiene constante, al mismo tiempo que la otra variable se mide como experimento en estudio.

Y por su alcance, este proyecto de investigación es de tipo Preexperimental ya que se analizarán datos para luego ser comparados después del lapso de tiempo de operación.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Ciclo de Deming

Según castillo (2019, pág. 06) el ciclo Deming está determinado por cuatro pasos que son: planificar, hacer, actuar y verificar (PHVA) o por sus siglas en ingles PDCA: Plan, Do, Check and Act., esta es una herramienta de mejora continua de la calidad. Es un método fácil de aplicar, el cual cuenta con conceptos semejantes a otros métodos propuestos como por ejemplo la trilogía de Juran que es semejante con el ciclo de Deming en planeación, control y verificación y por último una mejora continua. Otro autor el cual coinciden es Crosby ya sea en el sistema de acciones correctivas, la medición de la calidad, remover las causas de errores y volver a repetir de nuevo todo para corroborar la técnica e intentar mejorar más los procesos y así obtener buenos resultado, es una muy buena estrategia para poner en práctica toda la gestión de la calidad.

Dimensiones: **Planificar – Hacer**

Nivel de cumplimiento por fase:

$$NC = \frac{AR}{AP} \times 100\%$$

Donde:

AR: Actividades realizadas

AP: Actividades planificadas

Dimensiones: **Verificar – Actuar**

Nivel de cumplimiento por fase:

$$NC = \frac{ER}{ET} \times 100\%$$

Donde:

ER: Elementos rechazados

ET: Elementos totales

Variable dependiente: Productividad

Varios estudios miden la productividad por medio del total de ventas o ingresos generados en un período determinado o a través de ratios de ventas para el total de trabajadores. (Arévalo, Nájera y Piñero, 2018)

También puede definirse como la relación entre la producción fabricada y los recursos usados para adquirirlo. (Arana, 2014, p.13)

Dimensión 1: Eficiencia

Se define la eficiencia como la relación entre los recursos usados y los resultados obtenidos. Así también, querer eficiencia es querer lograr optimizar el recurso y procurar que este no genere desperdicio. Así mismo consiste en emplear adecuadamente los recursos, esto implicaría conocer los costos, con el propósito de no derrochar, pero tampoco guardarlos si el uso es necesario. (Bernaola, 2017, p.21-22)

Índice de eficiencia

$$EFICIENCIA = \frac{TUP}{TPP} \times 100\%$$

Donde:

TRP: Tiempo usado de producción

TPP: Tiempo programado de producción

Dimensión 2: Eficacia

Se define la eficacia como el grado que se realizan los trabajos programados y que alcanzan el rendimiento planificado; también se puede decir que es la habilidad de lograr un efecto estimado o deseado, por el cual la eficacia implica usar los medios disponibles para el logro de la meta trazada, es decir, si se hace lo determinado se dice que es eficiente, sin crear desperdicio, pero si no se alcanza la meta trazada deja de ser eficaz. (Silvera, 2017, p.19)

Índice de eficacia

$$EFICACIA = \frac{EP}{ETP} \times 100\%$$

Donde:

EPR: Elementos producidos

EPP: Elementos totales programadas

3.3. Población, muestra y muestreo

Según Gomez, Villasis y Miranda (2016) nos dice que población son un conjunto de casos, limitado, definido y accesible que se forma para referenciar a la posterior elección de la muestra y cumple con ciertos criterios antes determinados. También nos dice que población no solo se refiere a personas o seres humanos, sino también puede hacer mención a animales, expedientes, lugares, objeto, tiempo, etc.

Por lo que la población se compondrá de la recolección de datos de los elementos terminados de fabricar en el proceso productivo, esto durante el tiempo de duración de cada proyecto evaluado que será en total 25 días para los datos Pre-test que será del 03 de enero al 31 de enero y 25 días para los datos Post test que será del 07 de marzo al 04 de abril del año 2022.

Muestra

Según Gomez, Villasis y Miranda (2016) nos dice que para cualquier estudio de investigación se deben incluir muestras o subgrupos de poblaciones y en pocas ocasiones el universo o el total de la población. Existen diversas razones para estudiar a través de muestras y no de poblaciones las cuales son: ahorrar tiempo, estudiar a la totalidad de los miembros con una característica determinada, aumentar la calidad de estudio, la selección de la muestra permitirá disminuir la heterogeneidad, si tenemos sentido estricto y ético no será necesario estudiar toda la población. Es por ello que para este trabajo de investigación el tamaño de la muestra será lo mismo que el tamaño de la población.

Muestreo

El muestreo para el presente trabajo de investigación es de tipo no probabilístico intencional el cual Hernández, Fernández y Baptista (2014) nos dice que el proceso no se puede realizar mecánicamente ni tampoco se basa en una fórmula de posibilidad, al contrario, se realiza por medio de la toma de decisiones del encargado de la investigación o por un conjunto de estudiosos.

3.4. Técnica de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para realizar un trabajo de investigación, es preciso considerar los métodos, las técnicas e instrumentos como elementos que nos aseguren la base empírica de la investigación, donde el método nos indica el camino que debemos seguir en la investigación, las técnicas están constituidas como el conjunto de instrumentos el cual se efectuara el método, mientras que el instrumento incorpora el medio o recurso que ayuda a la realización de la investigación. (Hernández y Ávila, 2020)

Técnica

Las técnicas de recolección de datos están comprendidas por procedimientos y actividades que permiten al investigador recoger datos e información necesaria para resolver la pregunta de investigación correspondiente. (Hernández y Ávila, 2020)

Para el presente trabajo se presentará la técnica de la observación directa o análisis documental con el cual se llevará a cabo la recolección de datos que se realizara en todo momento del proyecto, para luego ser analizada y evaluada con los objetivos que se requieren.

Instrumentos

Para el presente trabajo de investigación se usará el instrumento de la guía de observación de campo o ficha de investigación, así también como la recolección de datos de la empresa en la que se realiza el estudio de investigación.

Validez

La validez de los instrumentos de investigación será realizada por el juicio de 3 profesionales expertos de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo que verificarán, evaluarán y aprobarán la conformidad de este trabajo de investigación.

3.5. Procedimiento

Desarrollo de la propuesta - Situación actual

Descripción de la empresa

La empresa Inversiones Metálicas S.A. con RUC: 20161864812, tiene su oficina en Av. Javier Prado Oeste 148, Magdalena del Mar y tiene como planta principal en Calle los Cerezos Mz B Lt 13 Urb. Shangri-la, Puente Piedra, y está a cargo del dueño y gerente Guillermo Maza Silupú. La empresa se dedica a la fabricación de estructuras de acero como principal producto se puede decir que fabrica las vigas metálicas para diversos tipos de puentes, también hace otros proyectos tales como techos metálicos, barandas de acero metálico, plataformas, etc.

La empresa Inversiones Metálicas S.A. se fundó primero como una empresa recolectora de chatarra por los años 1992, pasando el rubro de fabricación de estructuras metálicas en el año 1994 que hasta el día de hoy siguen sus operaciones.

Base legal

Razón social: Inversiones Metálicas S.A.

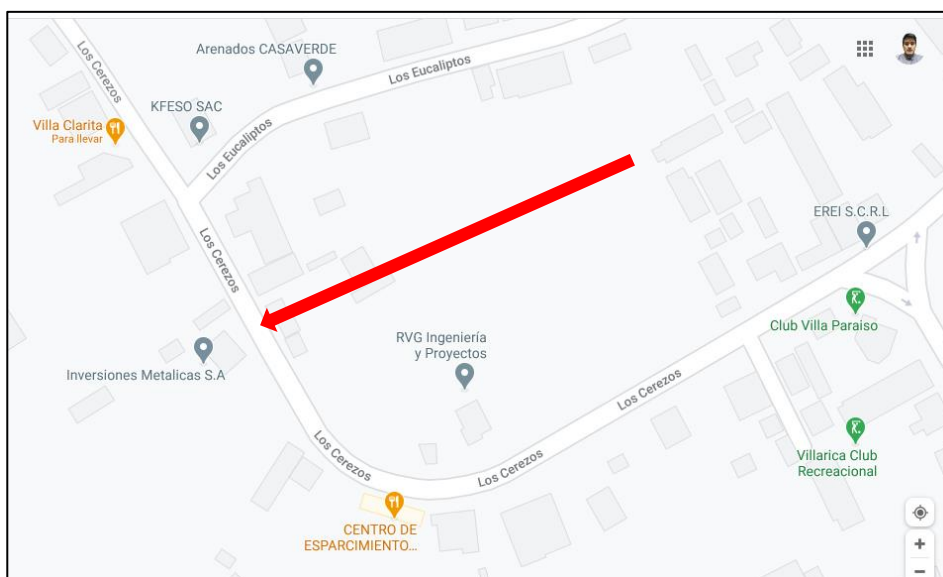
RUC: 20161864812

Representante legal: Ing. Guillermo Maza Silupu

Actividad de económica: se especializa en la fabricación de vigas metálicas para puentes de cualquier tipo como pueden ser: alma llena, tipo reticulado, tipo arco, tipo colgante, entre otros.

Dirección: Calle los Cerezos Mz B Lt 13 Urb. Shangri La, Puente Piedra.

Figura 5. Ubicación geográfica de la empresa INMETSA



Fuente: Google Maps

Misión

Somos una empresa que se dedica a la fabricación y montaje de estructuras metálicas de diversos tipos de proyectos, contando con los mejores profesionales en ingeniería e infraestructura para garantizar el correcto cumplimiento de la labor y buscando la mayor satisfacción de nuestros clientes.

Visión

Ser una empresa líder en la fabricación de estructuras metálicas y estar consolidada en el mercado, creando un ambiente de confianza y calidad con el cliente.

Valores

Los valores principales que promueve la empresa son los siguientes: responsabilidad, puntualidad, trabajo en equipo.

Productos que la empresa ofrece

La empresa Inversiones Metálicas S.A. (INMETSA) se dedica a la fabricación de puentes con estructura metálica, el cual se puede encontrar de diversos tipos con la que la empresa ya tiene experiencia en varios de

ellos, siendo el tipo de alma llena la más solicitada y comercial en todo el Perú en cuanto a puentes nos referimos.

Figura 6. Tipos de puentes fabricados por INMETSA S.A.



Fuente: elaboración propia

Puente de tipo Alma Llena

Este es el tipo de puente que más a fabricado la empresa Inversiones Metálicas S.A. desde que se fundó la empresa hasta la actualidad. En los últimos 6 años, la empresa ha fabricado un total de 25 puentes al nivel nacional, siendo de tipo alma llena un total de 20 proyectos de tipo alma llena, 2 proyectos de tipo reticulado, 1 de tipo colgante, 1 de tipo cajón y 1 de tipo arco, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

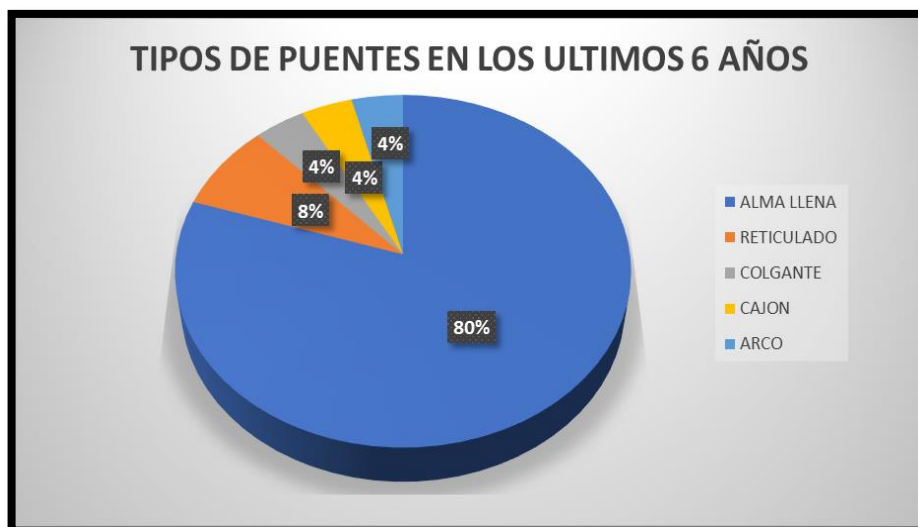
Tabla 1. Últimos proyectos de la empresa INMETSA

PROYECTOS INMETSA						
AÑO	ALMA LLENA	RETICULADO	COLGANTE	CAJÓN	ARCO	TOTAL:
2017	4	1	0	0	0	5
2018	3	0	0	0	0	3
2019	3	0	1	1	0	5
2020	1	0	0	0	0	1
2021	3	0	0	0	0	3
2022	6	1	0	0	1	8
TOTAL:	20	2	1	1	1	25

Fuente: elaboración propia

Del grafico anterior podemos decir que los proyectos para la fabricación de puentes de tipo alma llena representa el 80% del total, seguido por el tipo de puente reticulado con 8%, y después en igual porcentaje de 4% los tipos de puentes colgante, cajón y arco.

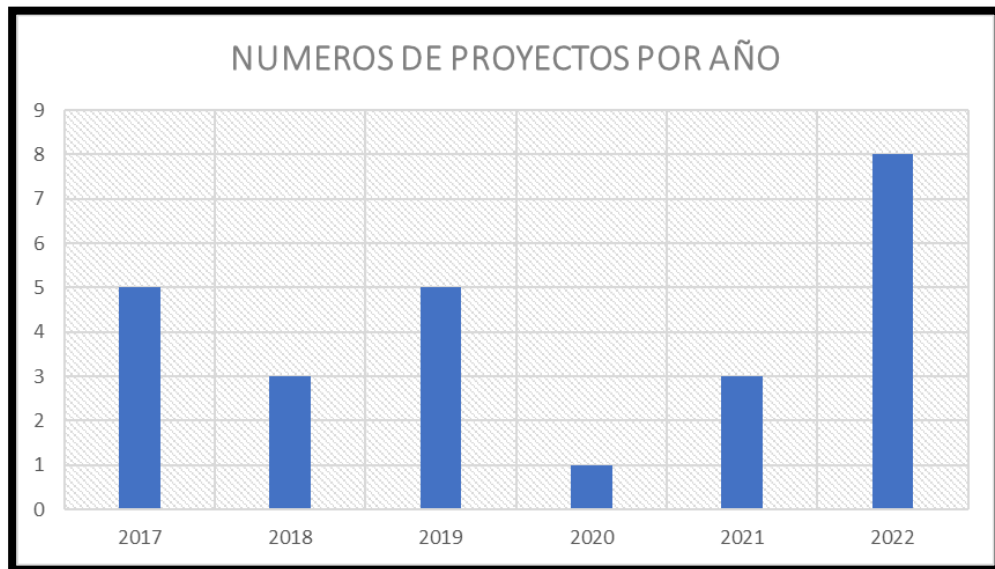
Figura 7. Porcentaje total por tipo de puentes



Fuente: elaboración propia

También del cuadro podemos determinar la cantidad de puentes fabricados en los últimos 6 años, lo cual nos muestra que el año 2020 fue una decadencia de proyectos asignados la cual fue causada por la pandemia mundial que puso en riesgo la permanencia en el mercado de la empresa. Actualmente la empresa se encuentra nuevamente encaminada y ha reanudado con fuerza el presente año, ya que en la actualidad la empresa cuenta con 8 proyectos asignados, cantidad más alta en los últimos años de trabajo de la empresa tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 8. Número de proyectos por año

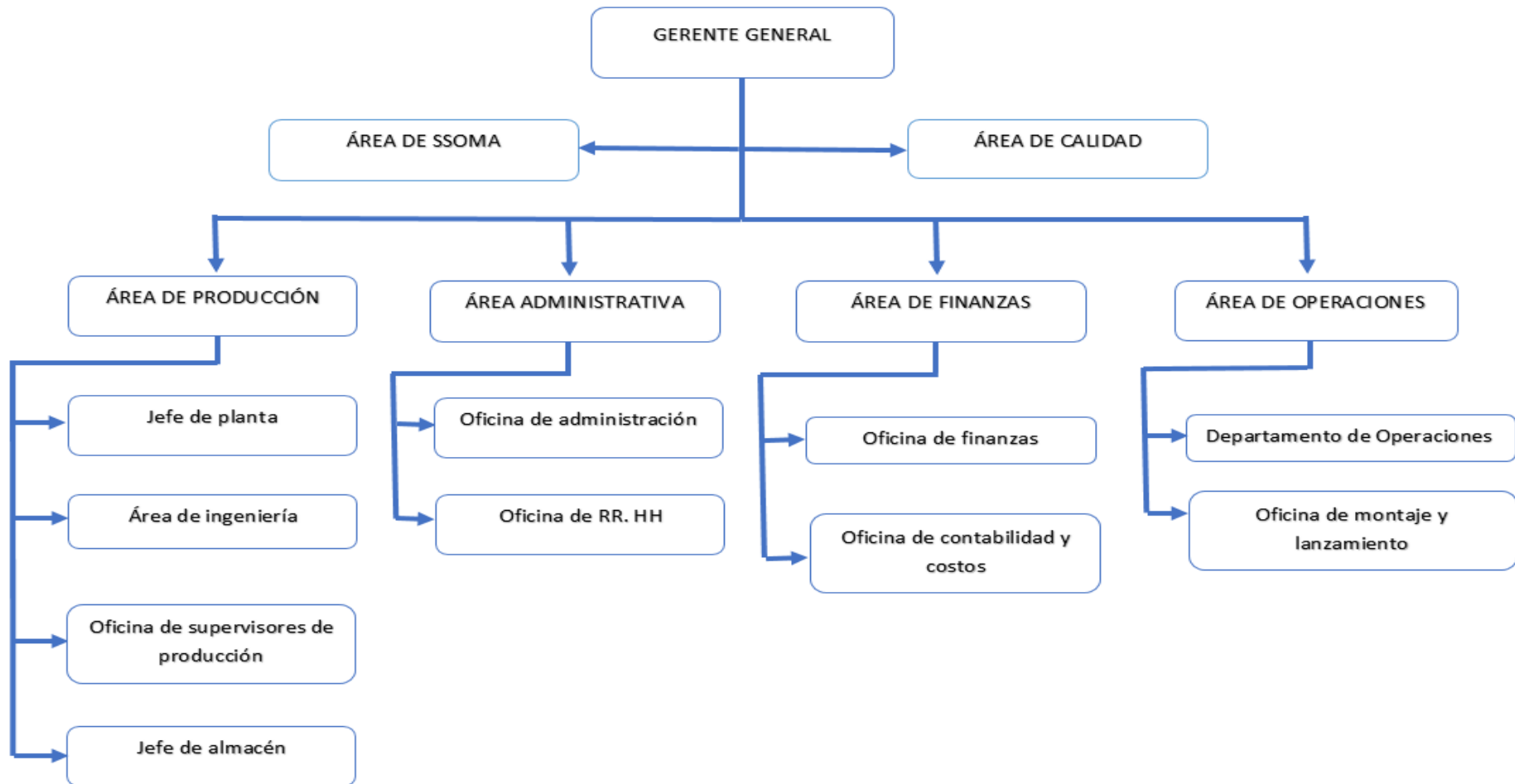


Fuente: elaboración propia

Cabe resaltar que el presente trabajo de investigación estará ligado a la fabricación de puentes tipo alma llena, más específicamente en el proceso de soldeo de las vigas entre los elementos alma-alas superiores e inferiores, en el cual se realizará la mejora continua a través de la implementación de la metodología Ciclo de Deming (PHVA).

Se presenta a continuación el organigrama de la empresa Inversiones Metálicas S.A. el cual está encabezado por el gerente general de la empresa seguidos por la demás área de la empresa.

Figura 9. Organigrama de la empresa Inversiones Metálicas S.A.



Fuente: Inversiones Metálicas S.A.

Proceso de fabricación de puentes tipo alma llena de la empresa Inversiones Metálicas S.A.

La empresa Inversiones Metálicas se dedica a la fabricación de vigas metálicas para diversos tipos de puentes, siendo las vigas de alma llena los más requeridos y también es la especialidad de la empresa. Le proceso de fabricación de las vigas metálicas se describe de la siguiente manera:

Recepción de materiales

Este es el proceso donde se recepciona las planchas de acero que se usaran para la fabricación y también de los insumos solicitados. En esta etapa se realiza la verificación de las planchas ingresantes con sus respectivos certificados de calidad, el cual debe coincidir el número de colada de verificación en ambas partes.

Habilitado

El acero y metal de soldadura pueden ser cortados térmicamente, asegurándose proporcionar una superficie lisa, regular sin grietas y muescas. Se empleará el uso de una guía mecánica para realizar el corte con oxigas. En el corte térmico, la llama de corte será ajustada para evitar el corte más allá (en el interior) de las líneas prescritas. El personal encargado de realizar el corte tendrá la experiencia y capacidad para realizar el corte sin dañar el material. Para el caso de corte térmico automático realizado en la mesa CNC se realizará mediante oxigas o plasma.

Biselado

Este proceso se encarga de darle un bisel a los bordes del alma, el bisel consiste en darle un ángulo por medio de una biseladora manual y luego pulirla para dejarla lisa. Con esto con el fin de llegar a una mayor penetración a la hora de soldar el alma con las alas de la viga.

Soldeo de vigas

En este proceso se produce la unión del alma de la viga con las alas con soldadura, este se da por medio de la maquina conformadora de vigas "CORIMPEX". Esta es la etapa en donde se pondrá énfasis ya que un adecuado proceso de soldeo de las vigas acelerará el proceso de fabricación evitando reproceso generados por mal soldadura.

Armado y soldeo de rigizadores

Este proceso se encarga de armar y apuntalar los rigizadores de la viga, la cantidad depende de los tramos por longitud y todo se debe realizar según plano aprobado previamente. El mismo proceso es para cartelas de vigas si es requerido. Luego del armado y apuntalado de los rigizadores viene el soldeo manual realizado por soldadores calificados para esta labor. El mismo proceso es para las cartelas de vigas si es requerido.

Armado y soldeo de stud

Este proceso consiste en el marcado de la parte superior de la viga metálica para la colocación de los stud, una vez marcado se procede al apuntalado. Luego de ser marcado y apuntalado se procede al soldeo manual, realizado por soldadores calificados para la labor. La cantidad y dimensiones varían según lo requerido y establecido por los planos de fabricación previamente aprobados.

Limpieza mecánica

Este proceso se encarga de corregir imperfecciones creadas en el proceso de fabricación, estos pueden ser golpes, poros en soldadura, falta de soldadura, escorias dejadas por el soldeo, etc.

Granallado

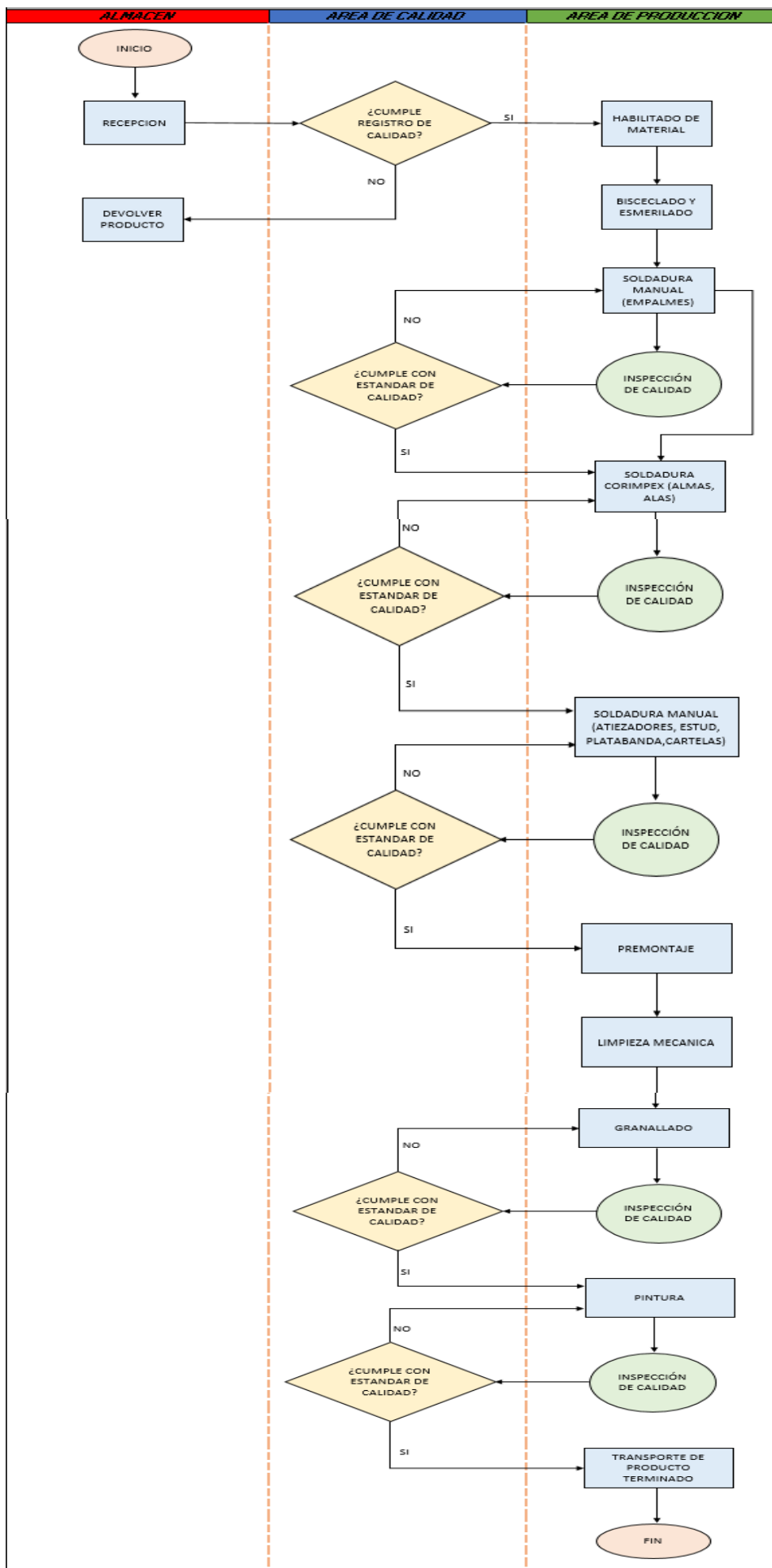
Este proceso consiste en la limpieza superficial de la viga mediante el granallado, esto se realiza con el fin de generar un área para mejorar el agarre de la pintura de la viga. El insumo utilizado depende de la especificación según plano de fabricación.

Pintura

Este es el proceso final donde se realiza el pintado de la viga. El pintado se realiza en 3 capas, una primera capa de zinc para evitar lo más posible la oxidación, segunda capa de epóxico y una tercera capa de poliuretano que le da el color naranja según establecido por el MTC.

Este proceso se representa mediante el diagrama de flujo de procesos de la empresa Inversiones Metálica S.A. tal como se muestra a continuación:

Figura 10. Diagrama de flujo de procesos INMETSA



Fuente: Inversiones Metálicas S.A.

Presentación de los datos Pre-Test

Se presenta el cuadro de la toma de tiempos en la etapa Pretest, del cual se realizará el hallazgo del tiempo estándar en el proceso de soldeo de las vigas metálicas en el área de producción de la empresa.

Para hallar el tiempo estándar primero se procede a realizar el tamaño de la muestra, la cual se realiza a través de la fórmula establecida por Kanawaty (OIT, 1996) siendo esta la siguiente:

$$n = \left(40 * \frac{\sqrt{n' \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

n' = Numero de observaciones de tiempos

Σ = Suma de valores

X = Valores de las observaciones

También se procede a realizar la tabla de Westinghouse, habilidad esfuerzo, condiciones, consistencia, de acuerdo a las condiciones de trabajo realizados por el operario de soldeo de vigas metálicas el cual es establecido a través de la observación directa a la acción:

Figura 10. Sistema de Westinghouse

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 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
<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 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

Fuente: elaborado por Niebel

Tabla 2. Toma de tiempos en la etapa Pretest

TOMA DE TIEMPO REALIZADO EN EL PROCESO DE SOLDEO DE VIGAS (25 DÍAS) - PRETEST																												
N°	ACTIVIDAD	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	TOTAL ACT.	TOTAL (ACT.^2)
1	habilitar consumibles	2.08	2.05	2.39	2.05	2.16	2.10	2.11	2.16	2.33	2.06	2.24	2.13	2.26	2.11	2.23	2.36	2.07	2.09	2.30	2.35	2.04	2.33	2.20	2.03	2.20	54.41	118.75
2	subir la viga	4.33	4.53	4.43	4.63	4.68	4.34	4.43	4.43	4.62	4.60	4.68	4.50	4.46	4.61	4.64	4.61	4.45	4.61	4.36	4.31	4.49	4.32	4.36	4.41	4.35	112.18	503.76
3	apuntalar	1.35	1.52	1.69	1.56	1.32	1.57	1.49	1.30	1.68	1.69	1.58	1.62	1.58	1.53	1.40	1.46	1.43	1.45	1.39	1.38	1.46	1.47	1.36	1.31	1.42	37.02	55.16
4	acomodar el alambre	2.21	2.31	2.13	2.03	2.19	2.23	2.25	2.03	2.36	2.21	2.38	2.16	2.17	2.08	2.17	2.32	2.08	2.22	2.38	2.18	2.36	2.08	2.30	2.25	2.06	55.14	121.92
5	soldeo de vigas	20.10	20.38	20.16	20.22	20.09	20.38	20.12	20.09	20.05	20.06	20.10	20.06	20.32	20.38	20.37	20.36	20.01	20.10	20.26	20.07	20.33	20.27	20.09	20.38	20.14	504.90	10197.22
6	retirar la escoria	5.59	5.21	5.52	5.47	5.23	5.40	5.45	5.40	5.36	5.53	5.32	5.32	5.43	5.49	5.38	5.27	5.44	5.21	5.51	5.28	5.60	5.24	5.24	5.30	5.28	134.48	723.73
7	sacar la viga	2.86	2.81	2.77	2.71	2.59	2.78	2.71	2.80	2.60	2.65	2.55	2.65	2.50	2.80	2.68	2.84	2.66	2.63	2.86	2.64	2.58	2.62	2.53	2.71	2.61	67.14	180.57
	TOTAL	38.52	38.80	39.10	38.67	38.26	38.79	38.55	38.21	39.01	38.80	38.87	38.45	38.73	39.00	38.87	39.22	38.14	38.31	39.07	38.21	38.86	38.31	38.09	38.40	38.06		

Fuente: elaboración propia

Se muestra el cuadro anterior de la toma de tiempo realizados en 25 días de trabajo en el área de producción en la parte de soldeo de vigas metálicas. Se obtuvo que el mayor tiempo encontrado fue de 39.22 minutos que se realizó en el día 16 de observación, y el menor tiempo encontrado fue de 38.06 minutos que se realizó el día 25 de observación. La actividad que toma mas tiempo dentro de proceso de soldeo fue la de soldeo de vigas con 10197.22 minutos y la actividad con menos tiempo de ejecución fue la de apuntalamiento con 55.16 minutos.

A continuación, se procede a realizar el cuadro para determinar el tamaño de la muestra, el cual es el siguiente:

Tabla 3. Determinación del tamaño de la muestra

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE MUESTRA - PRETEST					
N°	ACTIVIDAD	n'	$\sum x$ ACT.	$\sum x^2$ ACT.	n
1	habilitar consumibles	25	54.41	118.75	4
2	subir la viga	25	112.18	503.76	5
3	apuntalar	25	37.02	55.16	5
4	acomodar el alambre	25	55.14	121.92	4
5	soldeo de vigas	25	504.90	10197.22	6
6	retirar la escoria	25	134.48	723.73	5
7	sacar la viga	25	67.14	180.57	4

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se halló el tamaño de muestra, el cual nos muestra que para la actividad 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 se requiere 4,5,5,4,6,5,4 observaciones respectivamente.

Para hallar el tiempo estándar tenemos que establecer los suplementos por descanso, esta se divide en suplementos constantes y suplementos variables establecida por el Organismo Internacional del Trabajo (OIT). el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Suplementos establecidos en el proceso de soldeo

SUPLEMENTOS POR DESCANSO	
SUPLEMENTOS CONSTANTES	
Necesidades personales	5
Fatiga	4
SUPLEMENTOS VARIABLES	
Trabajo de pie	2
Ruido	2
Tension mental	8
Monotonía	1
TOTAL	22

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se muestra que los suplementos constantes tienen un total de 9 puntos, y el total de valores de los suplementos variables es de 9 puntos dándonos un total por suplementos del trabajador de 18 puntos, cabe resaltar que este puntaje fue realizado a criterio del autor del trabajo de investigación realizado a través de la observación directa al proceso. Por último, se procede a realizar el cuadro de tiempo estándar con todos los datos encontrados anteriormente, el cual se muestra a continuación:

Tabla 5. Determinación del tiempo estándar

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ESTÁNDAR - PRETEST																				
N°	ACTIVIDADES	N°OBS	OBSERVACIONES						ΣT	PROM.	WESTINGHOUSE				RF	TN	SUPLEMENTOS			TE
			1	2	3	4	5	6			H	E	CD	CS			C	V	ΣT.SUP	
1	Habilitar consumibles	4	2.08	2.05	2.39	2.05			8.56	2.14	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	1.65	9%	13%	22%	2.01
2	Subir la viga	5	4.33	4.53	4.43	4.63	4.68		22.60	4.52	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	3.48	9%	13%	22%	4.25
3	Apuntalar	5	1.35	1.52	1.69	1.56	1.32		7.44	1.49	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	1.15	9%	13%	22%	1.40
4	Acomodar el alambre	4	2.21	2.31	2.13	2.03			8.68	2.17	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	1.67	9%	13%	22%	2.04
5	Soldeo de vigas	6	20.10	20.38	20.16	20.22	20.09	20.38	121.33	20.22	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	15.57	9%	13%	22%	19.00
6	Retirar la escoria	5	5.59	5.21	5.52	5.47	5.23		27.02	5.40	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	4.16	9%	13%	22%	5.08
7	Sacar la viga	4	2.86	2.81	2.77	2.71			11.15	2.79	-0.10	-0.04	-0.07	-0.02	0.77	2.15	9%	13%	22%	2.62
TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR																			36.39	

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se procede a la determinación del tiempo estándar, se hace la sumatoria de las cantidades de observaciones determinados para cada actividad para luego sacarle el promedio, luego se multiplica por el factor de ritmo determinado por el sistema de Westinghouse para luego ser añadirle los suplementos ya determinados, por ultimo se realiza la suma de tiempos de cada actividad dándonos así el tiempo estándar que para esta etapa Pretest es 36.39.

Se procede a realizar el hallazgo de la capacidad instalada en la etapa Pretest, según el siguiente cuadro:

Tabla 6. Capacidad instala en la etapa Pretest

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA			
N° TRABAJADORES	TIEMPO DEL HORARIO LABORAL (min)	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA TEORICA
1	540	36.39	14.84

Fuente: elaboración propia

Del cuadro se muestra que al multiplicar las horas de trabajo por el tiempo estándar nos resulta la capacidad instalada teoría la cual seria para esta etapa Pretest de 14.84, es decir que la planta puede realizar casi 15 pases de soldadura en la maquina Corimpex por día laboral.

Asimismo, se busca hallar cantidad de pases que realiza el trabajo en una jornada laboral normal por día, se muestra a continuación la tabla:

Tabla 7. Determinación de cantidad de pases

DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE PASES		
CAPACIDAD INSTALADA TEÓRICA (pases)	FACTOR DE VALORACIÓN	NUMERO DE PASES
14.84	77%	11.43

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se encuentra el numero de pases por día laboral, el cual es resultado de multiplicar la capacidad instalada con el factor de valoración el cual resulta un total de 11 pases de soldeo en la maquina Corimpex por día.

Tabla 8. Día 1 de los datos Pre-test

N°	Día	Tiempo Programado (min)	Tiempo Real (min)	Unidades Programadas	Unidades Realizadas	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Productividad (%)
1	3-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior, vamos a tomar como ejemplo el primer dato de nuestro cuadro de valores Pre-test para explicar el procedimiento y obtención de los datos dentro del cuadro el cual es el siguiente:

N°; esta parte nos indica el número de dato recolectado, en este ejemplo viene a ser el primer dato representado con el número 1.

Día; esta parte nos indica el día que fue recolectado ese valor, en el ejemplo nos indica que es el 03 de enero representándose 3-Ene.

Tiempo programado (min); esta parte nos indica el tiempo total disponible que tienes los trabajadores para realizar la producción diaria el cual esta expresada en minutos, se halla de la siguiente manera:

$$9 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \times 60 \text{ min} = 540 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$$

Tiempo real (min); esta parte nos indica el tiempo real utilizado por los trabajadores para la producción el cual fue hallado del producto de tiempo estándar Pretest y el número de pases realizados en el día, el cual de detalla de la siguiente manera:

$$36.39 \text{ min} \times 10 \text{ pases} = 363.9 \text{ min}$$

Unidades programadas; esta parte nos indica la cantidad teórica de pases de soldeo que se deben dar al día el cual se halla de la capacidad instalada teórica en la etapa Pretest el cual será 15 pases de soldadura al día.

Unidades realizadas; esta parte nos indica la cantidad de pases realizados en el día de trabajo, para este caso se realizó 10 pases de soldadura.

Eficiencia; esta parte se realizó mediante la división entre el tiempo real con el tiempo programado y luego multiplicado por 100%, el cociente se redondea a número entero para mejor interpretación de los datos. Se muestra la siguiente formula:

$$Eficiencia = \frac{tiempo\ real}{tiempo\ programado} \times 100\%$$

$$Eficiencia = \frac{363.9\ min}{540\ min} \times 100\% = 67\%$$

Eficacia; esta parte se realiza la división entre las unidades realizadas entre las unidades programadas para luego multiplicarlo por 100%, el cociente se redondeó a número entero para mejor interpretación de los datos. Se muestra la siguiente formula:

$$Eficacia = \frac{unidades\ realizadas}{unidades\ programadas} \times 100\%$$

$$Eficacia = \frac{10\ unidades}{15\ unidades} \times 100\% = 67\%$$

Productividad; esta parte se realiza la multiplicación de las eficiencia y eficacia, se muestra la siguiente formula:

$$Productividad = eficiencia \times eficacia$$

$$Productividad = 67\% \times 67\% = 45\%$$

A continuación, se realiza el cuadro de eficiencia, eficacia y productividad en la etapa Pretest la cual se muestra a continuación:

Tabla 9. Registro de datos en la etapa Pretest

REGISTRO DE DATOS PRE-TEST								
Empresa	INVERSIONES METÁLICAS S.A.							
Área	PRODUCCIÓN							
Fecha	ENERO-FEBRERO 2022							
N°	Día	Tiempo Programado (min)	Tiempo Real (min)	Unidades Programadas	Unidades Realizadas	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Productividad (%)
1	3-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
2	4-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
3	5-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
4	6-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
5	7-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
6	8-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
7	10-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
8	11-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
9	12-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
10	13-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
11	14-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
12	15-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
13	17-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
14	18-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
15	19-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
16	20-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
17	21-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
18	22-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
19	24-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
20	25-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
21	26-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
22	27-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
23	28-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
24	29-Ene	540	363.9	15	10	67%	67%	45%
25	31-Ene	540	400.29	15	11	74%	73%	54%
TOTAL		13500	9425.01	375	259	70%	69%	48%

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se puede apreciar que la eficiencia total en la etapa Pretest es de 70%, la eficacia total es de 69%, teniendo así una productividad total de 48%.

Propuesta de mejora

En el presente trabajo de investigación se buscara mejora la productividad a través de la implementación del ciclo PHVA en el proceso de soldeo de vigas metálicas de la empresa INMETSA, para ello se realizo el diagrama de causa-efecto para determinar los principales causantes de baja productividad las cuales nos enfocaremos en las principales 5 las cuales son no estandarización de procesos, falta de control de stock, falta de limpieza de las área de trabajo, falta de orden en el área de trabajo, falta de auxiliar. Para esto se determino un cuadro con algunas alternativas de solución para lograr la mejora continua del proceso de soldeo de las vigas metálicas, el cual se muestra a continuación:

Tabla 10. Causas y alternativas de solución de la mejora

CAUSAS	ALTERNATIVAS DE SOLUCION
No estandarizacion de procesos	Mejora de proceso
	Estandarización del procedimiento
	Capacitación de la ejecucion
Falta de control de stock	Mejora de proceso
	Implementacion de formato
	Capacitación de la ejecucion
Falta de limpieza del area	Mejora de proceso
	Estudio del trabajo
	Estandarización del procedimiento
Falta de orden del area	Mejora de proceso
	Capacitación del metodo 5S
	Estandarización del procedimiento
Falta de auxiliar	Estudio del trabajo
	Mejora de proceso

Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior se muestra las alternativas de solución para las cinco principales causas de baja productividad, las cuales la más usada será la mejora de proceso, la cual es la mejor alternativa para poder contribuir al aumento de la productividad dentro del proceso de soldeo de vigas metálicas.

También se mostrará el cronograma de ejecución de la mejora en el proceso, el cual es el siguiente:

Figura 12. Cronograma de ejecución de la mejora

DETALLE DE PLAN DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	TIEMPOS DE EJECUCIÓN															
	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Obsevacion de datos Pretest	■	■	■	■												
Planificacion de propuesta de mejora			■	■												
Ejecucion de la mejora			■	■	■	■	■	■	■							
Causa 1: no estandarizacion de procesos					■											
Causa 2: falta de control de stock						■										
Causa 3: falta de limpieza del area de trabajo							■									
Causa 4: fala de orden en el area de trabajo								■								
Causa 5: falta de auxiliar									■							
Observaciones de datos postest										■	■	■	■			
Elaboracion del desarrollo de los datos Pre-Pos														■	■	■

Fuente: elaboración propia

Se muestra el cuadro anterior, que es el cronograma de actividades programas para la propuesta y ejecución de la mejora por medio de la implementación del ciclo PHVA, esta comenzará en el mes de enero con la recolección de datos Pretest, y concluirá en el mes de abril con la elaboración del desarrollo de los datos Pre-Pos.

3.1.1. Ejecución de la implementación de la mejora

La mejora continua de procesos mediante la implementación del ciclo de Deming (PHVA) en la empresa Inversiones Metálicas S.A. se realiza con la detección de las razones principales que causan baja productividad en el área de producción de la empresa, enfocándose en el proceso de soldeo de las vigas metálicas de los puentes, la cuales se hallaron al realizar el diagrama de Ishikawa (anexo 03).

Del diagrama de Ishikawa mostramos las 5 causas principales que originan baja productividad, la cual procederemos a aplicar la metodología

de mejora continua a través del ciclo de Deming de los siguientes problemas hallados:

- ✓ No estandarización de procesos
- ✓ Falta de control de stock
- ✓ Falta de limpieza de las áreas
- ✓ Falta de orden en el área de trabajo
- ✓ Falta de auxiliar

1. No estandarización de procesos

Mediante el diagrama de Ishikawa se determinó que el área de producción en la parte del área de soldeo no cuenta con una estandarización de procesos, lo cual hace que el efecto prueba-error se haga más recurrente y no se aplique la mejora continua, generando pérdidas tanto en materia prima como en horas hombre.

Figura 13. Proceso de soldeo en el área de producción



Fuente: elaboración propia

En la figura anterior se observa el proceso de soldeo de las vigas metálicas en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A. realizado en la máquina semiautomatizada de soldeo llamado Corimpex.

Planificar

En esta etapa se propone los siguientes procedimientos para mejorar los procesos de fabricación de las vigas metálicas de los puentes:

- a. Tener preparado el siguiente elemento a ser soldado para continuar con el proceso sin pérdidas de tiempo.
- b. Implementar mecheros de calor para eliminar la humedad del acero y del fundente.
- c. Llegar a 60 grados el biselado de las partes donde serán soldadas para una mejor penetración de la soldadura.

Hacer

- a. Preparar el siguiente elemento para evitar pérdida de tiempo y horas hombre al momento de colocar y subir las piezas de las vigas, de igual forma realizar el proceso en pares para un mejor rendimiento de la maquina ya que el proceso de soldeo se realiza hacia adelante, y realizar el retroceso de la viga hace forzar a la maquina dañándola para luego necesitar mantenimiento o reparación constantemente por esta mal práctica.

Figura 14. Proceso de soldeo antes / después



Fuente: elaboración propia

De las imágenes anteriores se puede observar como antes se soldaba los elementos en forma lineal y de 1 el cual generaba pérdida de tiempo al momento de la colocación de un nuevo elemento, después de la implementación se establece que el proceso de soldadura se realice de 2 elementos.

- b. Se realiza la implementación de dos mecheros de calor para hacer un precalentamiento de las partes de acero donde serán hará el soldeo para evitar desperfectos como poros en los cordones de soldadura, ya que sabemos en la parte costera del Perú es donde hay más humedad

sobre todo en las estaciones de invierno. También se habilitó el horno eléctrico para calentar el fundente el cual es fundamental también realizar el precalentamiento.

Figura 15. Cordón de soldadura antes / después



Fuente: elaboración propia

De las imágenes anteriores se puede observar como como la aparición de poros en el cordón de soldadura se disminuyó considerablemente gracias al precalentamiento tanto de las partes donde se realizará el soldeo como en el fundente.

- c. Llegar a realizar el biselado correcto es fundamental ya que de ello depende la penetración de la soldadura, anteriormente se hacía un bisel de 55 grados en las almas, pero se daba en algunos casos que no llegaba a penetración completo al momento de ser ensayados por ultrasonido, es por eso que se ha establecido el bisel de 60 grados, arrojando en los resultados de los ensayos de ultrasonido que si llega a penetración completa. Para este proceso de mejora se implementó la una maquina pulidora que complementa a la maquina biseladora y logre llegar al grado correcto de 60.

Figura 16. Biselado de almas de las vigas



Fuente: elaboración propia

De las imágenes anteriores, en el lado derecho se puede apreciar la utilización de la nueva máquina que complementa a la maquina biseladora, esto con el fin de llegar a los 60 grados óptimos para lograr una mejor penetración en el soldeo de las vigas.

Verificar

En esta etapa nos encargamos de realizar la verificación de lo propuesto en la etapa hacer el cual se tiene que dar de la siguiente manera:

- a. Indicar al personal habilitador la correcta secuencia de elementos a fabricar para que este pendiente de la viga que corresponde, y así tenerla lista para subir y empezar el soldeo después de la salida de una viga anterior.

Figura 17. Proceso de soldeo de vigas en pares



fuentes: elaboración propia

- b. Cerciorase de que el mechero apunte correctamente a la parte donde se realizara el soldeo, de esta manera quitar toda la humedad posible, cabe resaltar que este procedimiento solo se realiza en la primera pasada o pase raíz del cordón de soldadura de la viga.

Figura 18. Verificación de mecheros en el proceso de soldeo



Fuente: elaboración propia

- c. Realizar la verificación del biselado, este debe llegar hasta 60 grados para lograr el resultado esperado, esta medición la realizaremos mediante el instrumento llamado Bridge Cam Galge o medidor de catetos de soldadura el cual debe estar calibrado para su uso.

Figura 19. Medición del biselado de almas de vigas



Fuente: elaboración propia

Actuar

En esta etapa es donde se puso en acción todo lo planteado anteriormente ya que los resultados fueron positivos. Empezamos el proceso con el biselado del alma hasta llegar al grado recomendado de

Hacer

En esta etapa se informará al personal el nuevo procedimiento para registrar las salidas de los insumos de CO₂, oxígeno, soldadura y fundente. El tablero estará colocado cerca al área de almacenaje de estos insumos para su correcto llenado mientras el encargado de almacén le haga el despacho del insumo solicitado, debe quedar registrado el nombre del trabajador solicitante, el insumo que está llevando, cantidad, obra en el cual será empleado finalmente firmado para acreditar la salida y posterior uso.

Figura 21. Tablero de control de salidas de insumos

AREA	DESCRIPCION	SALIDAS	RESPONSABLE:			REVISIONES
			FECHA	CANT.	OBRA	
15/06	CO ₂	0.5	01/06	0.5	OBRA	ASISTENTE
16/06	O ₂	0.7	01/06	0.7	OBRA	ASISTENTE
17/06	O ₂	0.7	01/06	0.7	OBRA	ASISTENTE
18/06	O ₂	0.7	01/06	0.7	OBRA	ASISTENTE

Fuente: elaboración propia

Verificar

En esta etapa el encargado de verificar el llenado correcto será el encargado del almacén, ya que es el responsable de realizar la entrega del insumo pedido por el trabajador. Dentro de sus actividades también está la realización de los pedidos de los materiales e insumos para los determinados proyectos es por ello que con esta mejora en el procedimiento podrá tener el stock correcto de cada material o insumo dentro de la empresa. Solo en caso de que el encargado de almacén no está dispuesto a entregar el material o insumo, el trabajador deberá

hacer presente a cualquier encargado de producción para acreditar el retiro del insumo o material con el llenado correcto del formato.

Actuar

Esta etapa empezará con el trabajador solicitando un insumo o material al encargado del almacén, el jefe de almacén hará el despacho respectivo mientras el trabajador estará llenando el formato correctamente. Finalmente, el encargado o jefe de almacén al final del día pasará al inventario la cantidad de salidas de los materiales o insumos registrados en el formato, para así llevar un mejor control del stock dentro de la empresa.

3. Falta de limpieza del área

El tercer problema más resaltante que se evidencia luego de la realización del diagrama de Pareto es la falta de limpieza en el área donde se hace la actividad del soldeo de las vigas sea entorpecida por la cantidad de escoria que sale al realizar el soldeo, también por la cantidad de cajas de empaques de la soldadura y por las latas de fundente que no se desechan correctamente.

Planificar

Para esta etapa se buscará mantener el área de trabajo con una limpieza adecuada, si bien es cierto la limpieza no podrá ser constante por el tema de avance de la máquina de soldeo de vigas, se tendrá que determinar tiempo muertos en el proceso a través de la observación directa, y poder realizar el desecho de desperdicios.

Hacer

En esta etapa se buscará hallar ciertos tiempos muertos en el proceso de soldeo para poder realizar el desecho de los desperdicios, mediante la observación directa al proceso de fabricación, se determinó que el momento de sacar la viga con el puente grúa, es ahí donde se debe aprovechar el tiempo para realizar una limpieza al área de trabajo. Estas acciones se complementan con la implementación de una carretilla debajo de la viga para botar la escoria que se produce al realizar el soldeo de las vigas, esta carretilla se implementa para facilitar el recojo de los desperdicios y al fácil transporte de estas ya

que es una herramienta que cuenta con ruedas y es manejable en todos lados.

Verificar

Para esta etapa se procederá a realizar la verificación del cumplimiento de lo indicado en la etapa Hacer, el cual se hará la supervisión mediante la observación directa a los trabajadores participes del proceso de soldeo de las vigas. Para la verificación se contará con la colaboración de todos los encargados de producción el cual se hará conocimiento de esta nueva mejora en el proceso de fabricación de las vigas.

Actuar

En esta etapa el trabajador realizara el proceso de soldeo, luego del pase correspondiente se tendrá que sacar la viga utilizando el puente grúa, para esto entrara en acción el operario de maniobras, dejando libre a los soldadores para realizar los desechos de los desperdicios correspondientes. Este proceso aplica a partir del segundo pase ya que el primer pase necesita de la atención de los soldadores para el posterior soldeo. Cabe resaltar también que esta acción se realizara cada vez que esté lleno la carretilla implementada para desechos o según criterio de los trabajadores sea momento de realizar la limpieza del área.

4. Falta de orden en el área

Como cuarto problema que más resalta, tenemos la falta de orden en el área, esto se origina cuando se usan algunas herramientas y luego lo dejan donde puedan y no donde deben, lo mismo pasa con algunos elementos que ya no es necesario que estén en el área de producción o simplemente algunos retazos de acero que no se usara en la fabricación que siguen en planta innecesariamente, también hay los llamados tacos de maderas que se usan como apoyo para que el elemento de acero no descansan en el piso directamente, estos tacos están por toda la planta sin ningún orden ni lugar donde colocarse lo cual también genera conjuntamente con las otras causas, entorpecimiento del trabajo.

Planificación

Para esta etapa se tendrá que inducir al personal a guardar correctamente sus herramientas de trabajo, ya que estos si cuentan con espacio suficientes para realizar el orden requerido, en cuanto a los retazos de acero se tendrán que asignar un área para llevarlos y no generen el desorden dentro del área de producción, la misma situación para los tacos de madera, estos tendrán que ser asignados a un lugar de almacenaje.

Hacer

En esta etapa se asignará un lugar adecuado para el depósito de retazos de acero que ya no formara parte de la fabricación, de igual manera para los tacos de madera se asignara un lugar adecuado y solo se usara la cantidad necesaria, en cuanto a las herramientas de los trabajadores se indicara que tienes que asignar un lugar dentro de su área de trabajo, ya que si cuentan con el espacio suficiente. También se impondrá una nueva mejora con la propuesta de que los últimos 5 minutos de su horario laboral sea designado para realizar el orden del área de trabajo y así mantener el área de fabricación ordenado y limpio.

Verificar

En esta parte del proceso se buscará la participación de los encargados de producción para la verificación de lo planeado en la etapa anterior, se realizará un check list semanal para evaluar si de verdad está cumpliendo con el orden de su área de trabajo, este check list será realizado por el auto de este trabajo de investigación recolectando información de los encargados de producción y realizando inspección en planta.

Actuar

El personal del área de producción usará las herramientas necesarias para realizar su trabajo correctamente para luego ser guardado en un lugar correspondiente ya designado por el mismo trabajador, en caso de las piezas de acero, el trabajador llevará las piezas de acero al lugar designado para reciclaje, la misma acción será tomada para los tacos de madera el operario habilitador se encargará de llevar los tacos de madera al lugar de almacenaje. Con respecto a la propuesta de asignar

los últimos 5 minutos del horario laboral para realizar orden y limpieza del área de trabajo fue aceptado por el Ing. Jefe de planta, pero con una modificación que solo se realice cada 1 día, es decir los martes, jueves y sábados; esto para intervenir con la producción diaria de la planta.

5. Falta de auxiliar

El quinto problema más importante y origina baja productividad es la falta de un auxiliar en el área de soldeo de las vigas en la maquina semiautomática Corimpex, el soldador calificado encargado del soldeo necesita un auxiliar para complementar la labor ya que el proceso de soldadura se produce en ambos lados de la viga el cual se dificulta para un solo soldador la revisión de ambos lados. Esto ha originado que si aparece un defecto en el proceso de soldeo no se tomen acciones a tiempo o simplemente se dejen pasar causando un problema para los siguientes pases de soldadura.

Planificar

Para esta parte del método PHVA se propone la integración de un personal auxiliar para el proceso de soldeo de las vigas, no hay altas exigencias para este puesto ya que solo será un complemento para el soldador calificado, estos requisitos fueron consultados al jefe de producción el cual incluyen lo siguiente: conocimiento básico en proceso de soldadura con varillas, saber usar equipos de corte o de esmeril y ser atento. Por recomendación se añadió a un personal dentro de la empresa ya que tiene experiencia en los procesos de producción de INMETSA.

Hacer

En esta etapa se colocará al auxiliar de un lado de la máquina de soldeo y al soldador calificado del otro lado cerca al tablero de manipulación, este último recibirá indicaciones del soldador a cualquier extraño suceso dentro del proceso de soldeo, el auxiliar también ayudará al realizar la colocación del alma sobre las alas, acción que se produce en el primer pase de soldadura. También contribuirá con la

limpieza y orden del área el cual ya se tomaron acciones anteriormente.

Verificación

En esta parte el encargado de realizar la verificación será los supervisores de producción, ya que son ellos quienes más están en el área de producción juntamente con el autor de este trabajo de investigación, se verificará que efectivamente se reduzcan los defectos en el proceso de soldeo con esta propuesta de mejora, y que también se esté trabajando en conjunto con el soldador asignado.

Actuar

Para esta parte, ya que la acción dio resultados positivos se continuo con el proceso, el auxiliar asignado colaborara con el soldador asignado para este proceso de soldeo de las vigas, primero con la colocación de las vigas que incluye la medición exacta del posicionamiento, seguido con el apuntalamiento de los elementos que es fijado con puntos de soldadura al inicio y al medio del tramo. Luego ya en el proceso de los pases de soldadura, el auxiliar se ubicará en un lado de la viga y el soldador del otro, complementado la verificación del proceso sea el adecuado y así evitar errores de soldadura posteriores.

Presentación de los datos Pos-Test

Se presenta el cuadro de la toma de tiempos en la etapa Postest, del cual se realizará el hallazgo del tiempo estándar en el proceso de soldeo de las vigas metálicas en el área de producción de la empresa.

De la misma forma se buscará hallar el tiempo estándar, primero se procede a realizar el tamaño de la muestra, la cual se realiza a través de la fórmula establecida por Kanawaty (OIT, 1996) siendo esta la siguiente:

$$n = \left(40 * \frac{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

n' = Numero de observaciones de tiempos

Σ = Suma de valores

X = Valores de las observaciones

También se procede a realizar la tabla de Westinghouse, habilidad esfuerzo, condiciones, consistencia, de acuerdo a las condiciones de trabajo realizados por el operario de soldeo de vigas metálicas el cual es establecido a través de la observación directa a la acción:

Figura 22. Sistema de Westinghouse

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 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

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 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

Fuente: elaborado por Niebel

Para este caso de recolección de datos Postest se considera en la parte de Habilidad: aceptable, en la parte de esfuerzo de considera: aceptable, en la parte de condiciones: buenas y por último en la parte de consistencia: aceptable.

Tabla 11. Toma de tiempos en la etapa Postest

TOMA DE TIEMPO REALIZADO EN EL PROCESO DE SOLDEO DE VIGAS (25 DÍAS) - POSTEST																												
N°	ACTIVIDAD	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21	Dia 22	Dia 23	Dia 24	Dia 25	TOTAL ACT.	TOTAL (ACT.^2)
1	habilitar consumibles	1.55	1.81	1.50	1.55	1.86	1.74	1.79	1.84	1.86	1.60	1.84	1.54	1.71	1.66	1.70	1.86	1.71	1.85	1.76	1.66	1.57	1.79	1.55	1.69	1.68	42.69	73.23
2	subir la viga	2.60	2.57	2.67	2.61	2.58	2.47	2.43	2.42	2.69	2.75	2.79	2.41	2.60	2.79	2.40	2.66	2.68	2.72	2.66	2.74	2.61	2.54	2.48	2.52	2.75	65.14	170.11
3	apuntalar	1.40	1.54	1.33	1.33	1.60	1.44	1.54	1.52	1.23	1.30	1.60	1.29	1.31	1.54	1.21	1.34	1.50	1.55	1.37	1.39	1.41	1.53	1.26	1.55	1.40	35.46	50.64
4	acomodar el alambre	1.20	1.53	1.35	1.35	1.46	1.20	1.42	1.27	1.37	1.40	1.41	1.57	1.51	1.59	1.21	1.50	1.47	1.34	1.22	1.40	1.39	1.20	1.53	1.57	1.35	34.83	48.91
5	soldeo de vigas	20.04	20.32	20.33	20.15	20.15	20.18	20.11	20.07	20.02	20.33	20.17	20.14	20.16	20.27	20.31	20.24	20.05	20.09	20.17	20.01	20.19	20.02	20.32	20.05	20.22	504.14	10166.48
6	retirar la escoria	2.80	2.68	2.80	2.89	3.00	2.93	2.88	2.74	2.73	2.84	2.89	2.72	2.82	2.81	2.73	2.75	2.96	2.75	3.00	2.86	2.83	2.67	2.64	2.73	2.91	70.37	198.35
7	sacar la viga	2.50	2.68	2.41	2.33	2.59	2.43	2.50	2.54	2.50	2.38	2.48	2.43	2.65	2.37	2.38	2.38	2.58	2.54	2.37	2.63	2.61	2.61	2.36	2.69	2.52	62.47	156.39
	TOTAL	32.09	33.14	32.40	32.20	33.24	32.39	32.67	32.41	32.40	32.62	33.18	32.11	32.77	33.02	31.95	32.73	32.95	32.84	32.55	32.69	32.62	32.35	32.14	32.81	32.83		

Fuente: elaboración propia

Se muestra el cuadro anterior de la toma de tiempo realizados en 25 días de trabajo en el área de producción en la parte de soldeo de vigas metálicas en la etapa Postest. Se obtuvo que el mayor tiempo encontrado fue de 33.24 minutos que se realizado en el día 5 de observación, y el menor tiempo encontrado fue de 32.09 minutos que se realizó el día 01 de observación. La actividad que toma más tiempo dentro de proceso de soldeo fue la de soldeo de vigas con 10166.48 minutos y la actividad con menos tiempo de ejecución fue la de apuntalamiento con 48.91 minutos. A continuación, se procede a realizar el cuadro para determinar el tamaño de la muestra, el cual es el siguiente:

Tabla 12. Determinación del tamaño de la muestra

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE MUESTRA - POSTEST					
N°	ACTIVIDAD	n'	$\sum x$ ACT.	$\sum x^2$ ACT.	n
1	habilitar consumibles	25	42.69	73.23	7
2	subir la viga	25	65.14	170.11	3
3	apuntalar	25	35.46	50.64	10
4	acomodar el alambre	25	34.83	48.91	12
5	soldo de vigas	25	504.14	10166.48	1
6	retirar la escoria	25	70.37	198.35	2
7	sacar la viga	25	62.47	156.39	3

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se halló el tamaño de muestra, el cual nos muestra que para la actividad 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 se requiere 7, 3, 10, 12, 1, 2, 3, observaciones respectivamente.

Para hallar el tiempo estándar tenemos que establecer los suplementos por descanso, esta se divide en suplementos constantes y suplementos variables establecida por el Organismo Internacional del Trabajo (OIT). el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Suplementos establecidos para la etapa Postest

Del cuadro anterior se procede a la determinación del tiempo estándar para la etapa Postest, se hace la sumatoria de las cantidades de observaciones determinados para cada actividad para luego sacarle el promedio, luego se multiplica por el factor de ritmo determinado por el sistema de Westinghouse para luego ser añadirle los suplementos ya determinados, por último, se realiza la suma de tiempos de cada actividad dándonos así el tiempo estándar que para esta etapa Pretest es 33.04.

Se procede a realizar el hallazgo de la capacidad instalada en la etapa Pretest, según el siguiente cuadro:

Tabla 15. Capacidad instalada en la etapa Postest

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA - POSTEST			
N° TRABAJADORES	TIEMPO DEL HORARIO LABORAL (min)	TIEMPO ESTANDAR (min)	CAPACIDAD INSTALADA TEORICA (pases)
1	540	33.04	16.35

Fuente: elaboración propia

Del cuadro se muestra que al multiplicar las horas de trabajo por el tiempo estándar nos resulta la capacidad instalada teoría la cual sería para esta etapa Postest de 16.35, es decir que la planta puede realizar casi 16 pases de soldadura en la maquina Corimpex por día laboral.

Asimismo, se busca hallar cantidad de pases que realiza el trabajo en una jornada laboral normal por día, se muestra a continuación la tabla:

Tabla 16. Determinación de cantidad de pases

DETERMINACION DE NUMERO DE PASES - POSTEST		
CAPACIDAD INSTALADA TEORICA (pases)	FACTOR DE VALORACIÓN	UNIDADES PLANIFICADAS
16.35	91%	14.87

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se encuentra el número de pases por día laboral, el cual es resultado de multiplicar la capacidad instalada con el factor de valoración el cual resulta un total de 14.87, es decir casi 15 pases de soldeo en la maquina Corimpex por día.

Tabla 17. Día 1 de los datos Pos-test

N°	Día	Tiempo Programado (min)	Tiempo Real (min)	Unidades Programadas	Unidades Realizadas	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Productividad (%)
1	7-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior, vamos a tomar como ejemplo el primer dato de nuestro cuadro de valores Pos-test para explicar el procedimiento y obtención de los datos dentro del cuadro el cual es el siguiente:

N°; esta parte nos indica el número de dato recolectado, en este ejemplo viene a ser el primer dato representado con el número 1.

Día; esta parte nos indica el día que fue recolectado ese valor, en el ejemplo nos indica que es el 07 de enero representándose 4-Mar.

Tiempo programado (min); esta parte nos indica el tiempo total disponible que tienes los trabajadores para realizar la producción diaria el cual esta expresada en minutos, se halla de la siguiente manera:

$$9 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \text{ min} = 540 \frac{\text{min}}{\text{día}}$$

Tiempo real (min); esta parte nos indica el tiempo real utilizado por los trabajadores para la producción el cual fue hallado del producto de tiempo estándar Pretest y el número de pases realizados en el día, el cual de detalla de la siguiente manera:

$$33.04 \text{ min} \times 14 \text{ pases} = 462.56 \text{ min}$$

Unidades programadas; esta parte nos indica la cantidad teórica de pases de soldeo que se deben dar al día el cual se halla de la capacidad instalada teórica en la etapa Postest el cual será 16 pases de soldadura al día.

Unidades realizadas; esta parte nos indica la cantidad de pases realizados en el día de trabajo, para este caso se realizó 14 pases de soldadura.

Eficiencia; esta parte se realizó mediante la división entre el tiempo real con el tiempo programado y luego multiplicado por 100%, el cociente se redondea a número entero para mejor interpretación de los datos. Se muestra la siguiente formula:

$$Eficiencia = \frac{tiempo\ real}{tiempo\ programado} \times 100\%$$

$$Eficiencia = \frac{462.56\ min}{540\ min} \times 100\% = 86\%$$

Eficacia; esta parte se realiza la división entre las unidades realizadas entre las unidades programadas para luego multiplicarlo por 100%, el cociente se redondeó a número entero para mejor interpretación de los datos. Se muestra la siguiente formula:

$$Eficacia = \frac{unidades\ realizadas}{unidades\ programadas} \times 100\%$$

$$Eficacia = \frac{14\ unidades}{16\ unidades} \times 100\% = 88\%$$

Productividad; esta parte se realiza la multiplicación de las eficiencia y eficacia, se muestra la siguiente formula:

$$Productividad = eficiencia \times eficacia$$

$$Productividad = 86\% \times 88\% = 75\%$$

A continuación, se realiza el cuadro de eficiencia, eficacia y productividad en la etapa Postest la cual se muestra a continuación:

Tabla 18. Registro de datos en la etapa Postest

REGISTRO DE DATOS POST-TEST								
Empresa	INVERSIONES METÁLICAS S.A.							
Área	PRODUCCIÓN							
Fecha	MARZO-ABRIL 2022							
N°	Día	Tiempo Programado (min)	Tiempo Real (min)	Unidades Programadas	Unidades Realizadas	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Productividad (%)
1	7-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
2	8-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
3	9-Mar	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
4	10-Mar	540	429.52	16	13	80%	81%	65%
5	11-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
6	12-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
7	14-Mar	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
8	15-Mar	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
9	16-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
10	17-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
11	18-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
12	19-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
13	21-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
14	22-Mar	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
15	23-Mar	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
16	24-Mar	540	429.52	16	13	80%	81%	65%
17	25-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
18	26-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
19	28-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
20	29-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
21	30-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
22	31-Mar	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
23	1-Abr	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
24	2-Abr	540	495.6	16	15	92%	94%	86%
25	4-Abr	540	462.56	16	14	86%	88%	75%
TOTAL		13500	11729.2	400	355	87%	89%	77%

. Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se puede apreciar que la eficiencia total en la etapa Postest es de 87%, la eficacia total es de 89%, teniendo así una productividad total de 77%.

Análisis económico financiero

En el presente trabajo de investigación se desarrolló la valoración económica de la mejora de procesos el cual incluyen los costos realizados y las inversiones que se generan en la implementación. Se presenta la lista de materiales utilizados en la implementación de la mejora:

Tabla 19. Lista de materiales

LISTA DE MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACION				
Material	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (s/.)	Costo total (s/.)
Bridge Welding Code D1.5:2020	Unidad	1	S/ 600.00	S/ 600.00
Papel Bond A-4	paquete	4	S/ 16.00	S/ 64.00
Papel Bond A-3	paquete	1	S/ 36.00	S/ 36.00
Utiles de oficina (lapiceros, resaltadores, etc.)	Unidad	20	S/ 3.00	S/ 60.00
USB KINGSTON 128 gb	Unidad	1	S/ 142.00	S/ 142.00
Pack de cartuchos	Unidad	1	S/ 90.00	S/ 90.00
Tableros	Unidad	4	S/ 5.00	S/ 20.00
Carretilla	unidad	2	S/ 220.00	S/ 440.00
			TOTAL:	S/ 1,452.00

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se muestra el total invertido para la implementación de la mejora en cuanto a materiales se refiere, el cual fue de S/. 1452. En ellos están incluidos el libro original “Código de soldadura para puentes” versión 2020, papel bond en tamaño A-4 Y A-3, útiles de oficina como son lapiceros, resaltadores, etc., USB para traslado de información, pack de cartuchos para la impresora, tableros para realizar las entradas y salidas de insumos y una carretilla para el traslado de la basura o escoria que deja el proceso de soldeo.

También se mostrará a continuación un cuadro comparativo donde ese presenta los gastos de insumos en la etapa de soldeo de la fabricación de las vigas metálicas de los puentes.

Tabla 20. Insumos en la etapa Pretest

INSUMOS - PRETEST					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. (US\$)	TOTAL (US\$)	TOTAL (S/.)
SOLDADURA	2200	Kg	\$ 3.80	\$ 8,360.00	S/ 29,260.00
OXIGENO	990	m3	\$ 3.00	\$ 2,970.00	S/ 10,395.00
GAS CO2	12	Botellas	\$ 30.00	\$ 360.00	S/ 1,260.00
DISCOS	650	Und	\$ 2.30	\$ 1,495.00	S/ 5,232.50
				\$ 13,185.00	S/ 46,147.50

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se tiene que los gastos totales en los 25 días de observación de la etapa Pretest fue de S/.46 147.50 siendo el insumo de soldadura el que se ha invertido más con un total de S/.29 260.00.

Tabla 21. Insumos en la etapa Postest

INSUMOS - PRETEST					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. (US\$)	TOTAL	TOTAL (S/.)
SOLDADURA	1800	Kg	\$ 3.80	\$ 6,840.00	S/ 23,940.00
OXIGENO	1000	m3	\$ 3.00	\$ 3,000.00	S/ 10,500.00
GAS CO2	15	Botellas	\$ 30.00	\$ 450.00	S/ 1,575.00
DISCOS	500	Und	\$ 2.30	\$ 1,150.00	S/ 4,025.00
				\$ 11,440.00	S/ 40,040.00

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se tiene que los gastos totales en los 25 días de observación de la etapa Postest fue de S/.40 040.00 siendo el insumo de soldadura el que se ha invertido más con un total de S/.23 940.00.

Tabla 22. Diferencia de insumos Pretest-Postest

INSUMOS			
DESCRIPCIÓN	TOTAL PRE	TOTAL POS	DIFERENCIA
SOLDADURA	S/ 29,260.00	S/ 23,940.00	-S/ 5,320.00
OXIGENO	S/ 10,395.00	S/ 10,500.00	S/ 105.00
GAS CO2	S/ 1,260.00	S/ 1,575.00	S/ 315.00
DISCOS	S/ 5,232.50	S/ 4,025.00	-S/ 1,207.50
	S/ 46,147.50	S/ 40,040.00	-S/ 6,107.50

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se muestra la diferencia de gastos en la etapa Pretest y Postest, se evidencia que el insumo soldadura y los discos de corte se han disminuido en S/.5320 y S/.1207 respectivamente, por la reducción de reprocesos en el proceso de soldeo. Caso contrario de los insumos de oxígeno y el gas CO2 que han aumentado en S/.105 y S/.315 respectivamente, por la implementación de las antorchas de calor para el calentamiento del material y así evitar desperfectos en el cordón de soldadura dándonos así un ahorro de S/.6107.50 en esta etapa del proceso.

De igual forma se presenta un cuadro comparativo donde muestra la mano de obra en la etapa de soldeo de la fabricación de las vigas metálicas de los puentes.

Tabla 23. Mano de obra en la etapa Pretest

MANO DE OBRA - PRETEST					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIAS	P.U. (US\$)	TOTAL	TOTAL (S/.)
SOLDADOR	2	25	\$ 60.00	\$ 3,000.00	S/ 10,500.00
AYUDANTE	2	25	\$ 30.00	\$ 1,500.00	S/ 5,250.00
				\$ 4,500.00	S/ 15,750.00

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior nos muestra que en la etapa pretest se requirió de 2 soldadores y 2 ayudantes para el proceso de soldeo de las vigas metálicas en la maquina Corimpex siendo el total invertido de S/.15 750.00.

Tabla 24. Mano de obra en la Postest

MANO DE OBRA - POSTEST					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIAS	P.U. (US\$)	TOTAL	TOTAL (S/.)
SOLDADOR	1	25	\$ 60.00	\$ 1,500.00	S/ 5,250.00
AYUDANTE	3	25	\$ 30.00	\$ 2,250.00	S/ 7,875.00
				\$ 3,750.00	S/ 13,125.00

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior nos muestra que en la etapa pretest se requirió de 1 soldadores y 3 ayudantes para el proceso de soldeo de las vigas metálicas en la maquina Corimpex siendo el total invertido de S/.13 125.00.

Tabla 25. Diferencia de mano de obra Pretest-Postest

MANO DE OBRA - POSTEST			
DESCRIPCIÓN	TOTAL PRE	TOTAL POST	DIFERENCIA
SOLDADOR	S/ 10,500.00	S/ 5,250.00	-S/ 5,250.00
AYUDANTE	S/ 5,250.00	S/ 7,875.00	S/ 2,625.00
	S/ 15,750.00	S/ 13,125.00	-S/ 2,625.00

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se muestra la diferencia de gastos en la etapa Pretest y Postest, se evidencia que la mano de obra en la etapa de Pretest fue de S/.15 750.00 y en la etapa Postest es de S/.13 125.00 dándonos un ahorro total en mano de obra de S/.2 625.00.

Tabla 26. Total de ahorro después de la implementación

TOTAL AHORRO	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
INSUMOS	-S/ 6,107.50
MANO DE OBRA	-S/ 2,625.00
MATERIALES	S/ 1,452.00
	-S/ 7,280.50

Fuente: elaboración propia

Se tiene que el total de ahorro luego de aplicar el ciclo de PHVA en el proceso de soldeo de vigas metálicas en el área de producción de la empresa INMETSA fue de S/.7 280.50, siendo esta la diferencia entre los ahorros de los insumos y la mano de obra con los materiales usados durante la implementación de mejora.

3.6. Método de análisis de datos

Método de análisis descriptivo

Es el tipo de ciencia el cual se recopila, organiza, presenta, analiza e interpreta los datos de forma informativa para describir fácil y rápidamente las características principales de los datos a estudiar por medio del uso de diversos métodos gráficos, tabulares o numéricos, etc. (Suarez, 2018, p.13). Para este método de análisis se computo la variable dependiente el cual es la productividad, así también las dimensiones eficiencia y eficacia.

El método de análisis descriptivo presenta las siguientes variables:

- **Media**

La media es la suma de todos los datos seleccionados para luego dividirse por la cantidad total de datos evaluados. La fórmula para la media será la siguiente:

Población:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N Xi}{N}$$

Donde:

μ : media de la población

N: cantidad de datos evaluados

Muestra:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N Xi}{n}$$

Donde:

μ : media de la muestra

N: cantidad de datos de la muestra

- **Moda:**

La moda es el valor que más números de veces aparecen o el de mayor frecuencia dentro de una base de datos.

- **Mediana**

Se entiende por mediana al valor hallado en el centro luego de realizar el orden de los datos seleccionados de modo ascendente. Para hallar el valor de la mediana existen dos métodos:

✓ Para datos impares:

$$\text{Mediana} = \frac{n + 1}{2}$$

Donde:

n: Números de datos

✓ Para datos pares:

$$\text{Mediana} = \frac{n1 + n2}{2}$$

Donde:

n1: número del dato central 1

n2: número del dato central 2

En la parte de estadística inferencial se muestra las variables siguientes:

- **Rango**

El rango es la diferencia entre el dato de mayor valor con el dato de menor valor y es presentada por la siguiente formula:

$$\text{Rango} = X_{m\acute{a}x} - X_{min}$$

Donde:

$X_{m\acute{a}x}$: Valor mayor de la base de datos

X_{min} : Valor menor de la base de datos

- **Varianza:**

Se halla con el promedio de la diferencia entre cada valor de la variable y la media, todo esto elevado al cuadrado.

✓ Población

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Xi - \mu)^2}{N}$$

Donde:

σ^2 : Varianza de la población

N: Numero de datos de la población

μ : Media de la población

✓ Muestra

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

Donde:

S^2 : Varianza de la muestra

n: número de datos de la muestra

\bar{X} : Media de la muestra

- **Desviación estándar**

Se halla con la raíz cuadrada de la varianza y es este factor que indica la extensión de dispersión de datos en relación de la media.

Se formula de la siguiente manera:

✓ Población

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

Donde:

σ : Desviación estándar de la población

N: Numero de datos de la población

μ : Media de la población

✓ Muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Donde:

S: Desviación estándar de la muestra

N: Numero de datos de la muestra

\bar{X} : Media de la muestra

Método de análisis inferencial

Para el presente trabajo de investigación se realizó el análisis descriptivo mediante el uso de las herramientas de tendencia, media y moda, organizando los valores en tabla correspondiente.

Para este análisis inferencial se utilizó el software SPSS, el cual es un programa que realiza captura y análisis de datos para luego colocarlos en tablas con gráficos según se requiera.

3.6. Aspectos éticos

Respecto a los aspectos éticos, este trabajo de investigación se realizó citando correctamente el aporte educativo autores externos para no vulnerar su originalidad. De igual manera los datos recolectados de la empresa son verdaderos, por ende, garantizan la veracidad de la información, el uso de estos solo será únicamente educativo y profesional el cual la confiabilidad será salvaguardada en todo momento.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivos

4.1.1. Variable dependiente - Productividad

Se mostrará el siguiente cuadro comparativo del desarrollo de los datos Pretest y Postest usando la herramienta SPSS en la variable independiente.

Tabla 27. Resultado del análisis descriptivo de la variable Productividad

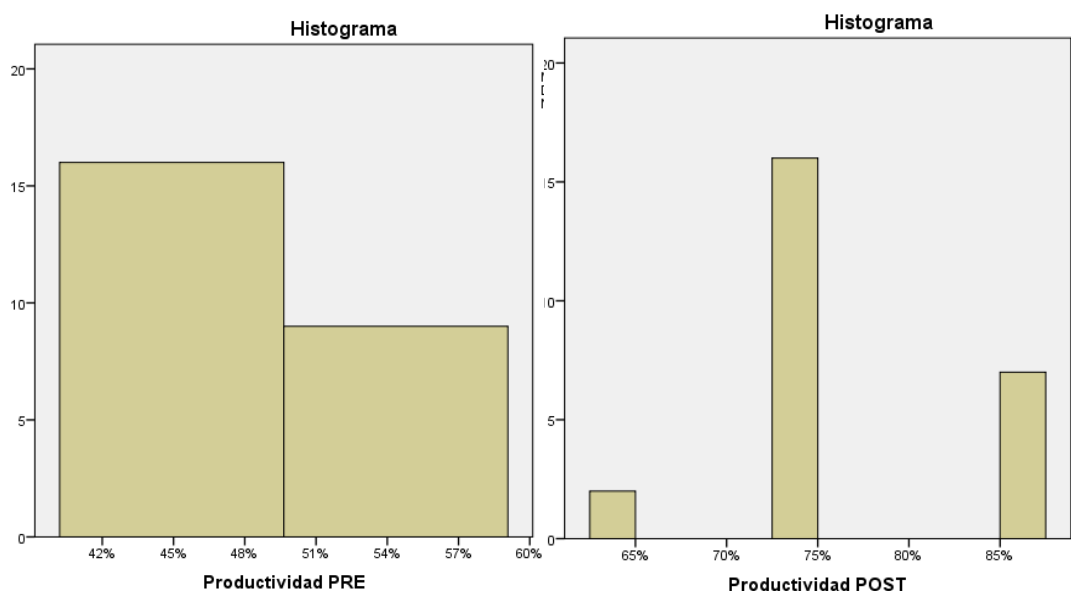
		Estadístico	Error típ.	
Productividad PRE	Media	48,32%	0,924%	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	46,41%	
		Límite superior	50,23%	
	Media recortada al 5%	48,18%		
	Mediana	44,93%		
	Varianza	21,362		
	Desv. típ.	4,622%		
	Mínimo	45%		
	Máximo	54%		
	Rango	9%		
	Amplitud intercuartil	9%		
	Asimetría	,621	,464	
	Curtosis	-1,762	,902	
Productividad POST	Media	77,23%	1,254%	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	74,64%	
		Límite superior	79,82%	
	Media recortada al 5%	77,44%		
	Mediana	74,95%		
	Varianza	39,343		
	Desv. típ.	6,272%		
	Mínimo	65%		
	Máximo	86%		
	Rango	21%		
	Amplitud intercuartil	11%		
	Asimetría	,109	,464	
	Curtosis	-,196	,902	

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se observa que la media antes de la implementación de la mejora es de 48.32% y después de la implementación es 77.23% teniendo un aumento de 28.29%. La mediana antes de la implementación de la mejora es de 44.93% y luego de la implementación 74.95% teniendo un incremento de 30.02%. esto evidencia un aumento de la productividad luego de la implementación del ciclo de Deming en la empresa.

También se muestra el histograma de los datos de Pretest y Posttest de la variable dependiente Productividad.

Figura 23. Histograma de los datos Pretest-Posttest de la variable Productividad



Fuente: SPSS

Del grafico anterior se puede apreciar la variación de los datos a través del histograma que nos proporciona la herramienta SPSS, teniendo como ejes a la frecuencia y la productividad obtenida en el Pretest y en el Posttest respectivamente.

4.1.2. Dimensión 1 - Eficiencia

También se mostrará el siguiente cuadro comparativo del desarrollo de los datos Pretest y Posttest usando la herramienta SPSS en la dimensión de la eficiencia.

Tabla 28. Resultado del análisis descriptivo de la dimensión eficiencia

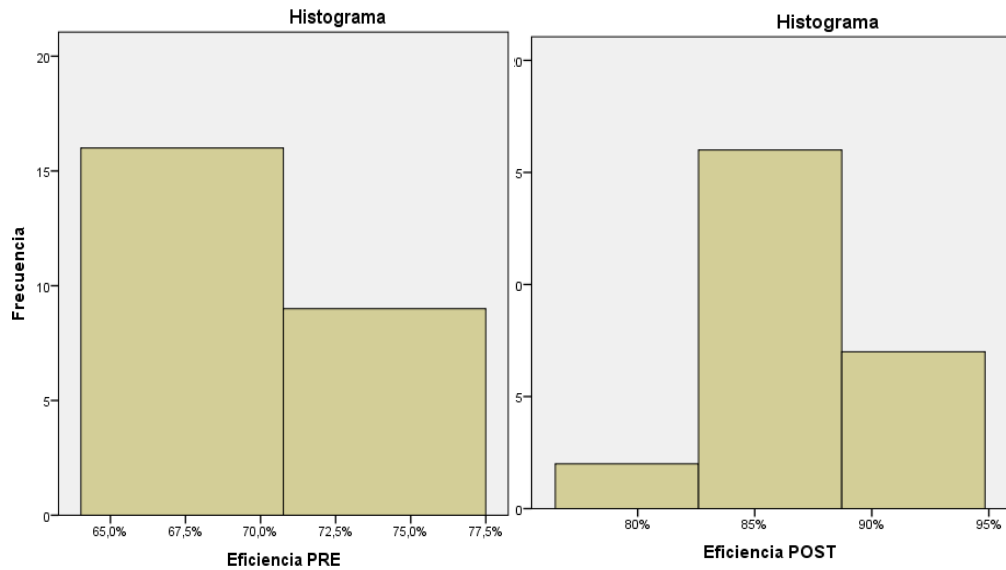
		Estadístico	Error típ.	
Eficiencia PRE	Media	69,81%	0,660%	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	68,45%	
		Límite superior	71,18%	
	Media recortada al 5%	69,71%		
	Mediana	67,39%		
	Varianza	10,899		
	Desv. típ.	3,301%		
	Mínimo	67%		
	Máximo	74%		
	Rango	7%		
	Amplitud intercuartil	7%		
	Asimetría	,621	,464	
	Curtosis	-1,762	,902	
	Eficiencia POST	Media	86,88%	0,707%
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	85,42%	
		Límite superior	88,34%	
Media recortada al 5%		87,02%		
Mediana		85,66%		
Varianza		12,479		
Desv. típ.		3,533%		
Mínimo		80%		
Máximo		92%		
Rango		12%		
Amplitud intercuartil		6%		
Asimetría		,000	,464	
Curtosis		-,024	,902	

Fuente: SPSS

Del cuadro anterior podemos observar el análisis descriptivo de los datos antes y después de la implementación, mencionando algunos como la media que antes de la implementación de la mejora es de 69.81% y luego de la implementación la media asciende a 86.88% evidenciando un aumento de 17.07%. en cuanto a la mediana se puede observar que antes de la implementación tenemos que es 67.39% y luego de la implementación de mejora es 85.66% obteniéndose un aumento de 18.27%. en cuanto a la desviación estándar tenemos que antes de la implementación es de 3.301% y luego de la implementación tenemos un 3.533% teniendo un aumento de 0.232%. esto nos

demuestra que la implementación del ciclo de Deming en el área de producción aumenta la eficiencia de la empresa INMETSA. También se muestra el histograma de los datos de Pretest y Postest de la dimensión eficiencia obtenidos de la herramienta SPSS.

Figura 24. Histograma de los datos Pretest-Postest de la dimensión eficiencia



Fuente: SPSS

4.1.3. Dimensión 2 - Eficacia

Luego se procede a realizar un cuadro comparativo del desarrollo de los datos encontrados en el Pretest y Postest usando la herramienta SPSS en la dimensión eficacia.

Tabla 29. Resultado del análisis descriptivo de la dimensión eficacia

Descriptivos

		Estadístico	Error típ.	
Eficacia PRE	Media	69,07%	0,653%	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	67,72%	
		Límite superior	70,41%	
	Media recortada al 5%	68,96%		
	Mediana	66,67%		
	Varianza	10,667		
	Desv. típ.	3,266%		
	Mínimo	67%		
	Máximo	73%		
	Rango	7%		
	Amplitud intercuartil	7%		
	Asimetría	,621	,464	
	Curtosis	-1,762	,902	
Eficacia POST	Media	88,75%	0,722%	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	87,26%	
		Límite superior	90,24%	
	Media recortada al 5%	88,89%		
	Mediana	87,50%		
	Varianza	13,021		
	Desv. típ.	3,608%		
	Mínimo	81%		
	Máximo	94%		
	Rango	13%		
	Amplitud intercuartil	6%		
	Asimetría	,000	,464	
	Curtosis	-,024	,902	

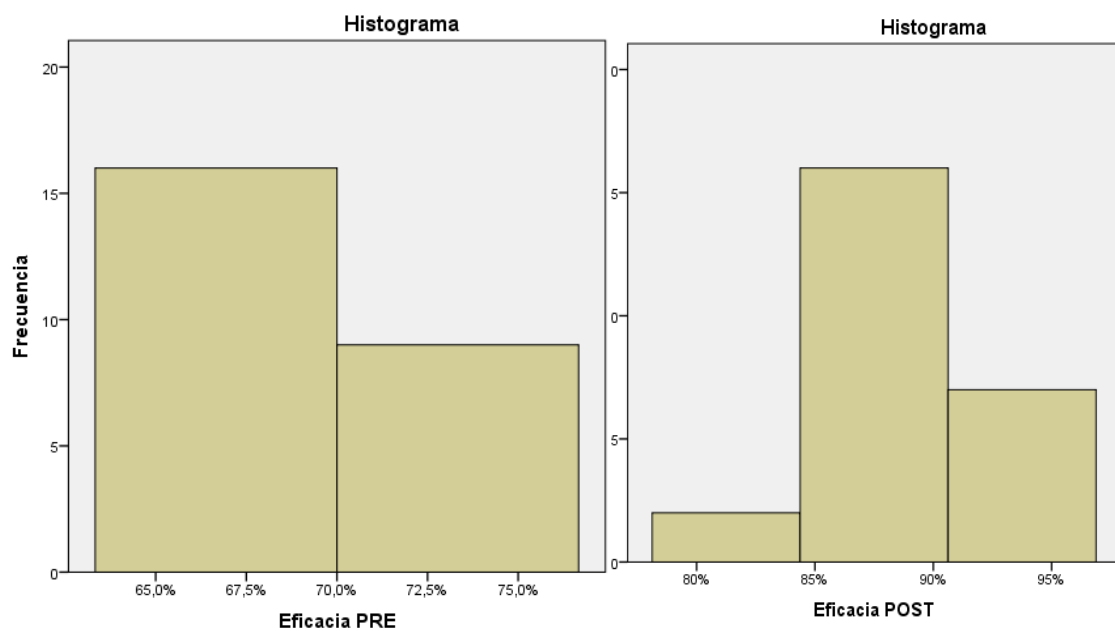
Fuente: SPSS

Del cuadro anterior se puede observar el análisis descriptivo de los datos obtenidos para el Pretest y Posttest, se puede apreciar que la media antes de la implementación es de 69.07% y la media luego de la implementación es de 88.75% en el cual se evidencia un aumento de 19.68%, en cuanto a la mediana se observa que antes de la

implementación es de 66.67% y luego de la implementación la mediana es de 87.50% teniendo un aumento en la mediana de 20.83% en cuanto a la desviación estándar tenemos que antes de la implementación es de 3.266% y luego de la implementación nos resulta que es de 3.608% presentándose un aumento de 0.342% resultando que la aplicación del ciclo de Deming logra aumentar la eficacia de la empresa.

También se muestra el histograma de los datos de Pretest y Posttest de la dimensión eficacia obtenidos de la herramienta SPSS.

Figura 25. Histograma de los datos Pretest-Posttest de la dimensión



Fuente: SPSS

4.2. Análisis inferencial

Se presentará un antes y después del análisis de datos de este trabajo de investigación teniendo como base la variable dependiente que es la productividad con sus respectivas dimensiones que son la eficiencia y la eficacia. Para esto se hará uso del estadígrafo SPSS para saber si los datos que tenemos presentan un comportamiento paramétrico o no paramétrico para luego hacer contraste con las hipótesis que está conformado por una general o dos específicas a través de la comparación de medias. Ya que el número de datos es menor o igual

a 30 se usará el análisis de normalidad del estadígrafo de Shapiro Wilk que se presenta con una determinada regla de decisión.

4.2.1. Análisis de la hipótesis general - Productividad

Ha: La aplicación del ciclo PHVA mejorara la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Ho: La aplicación del ciclo PHVA no mejorara la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Ya que la cantidad de datos obtenidos son menores a 30 se usará la prueba de normalidad Shapiro Wilk, y de acuerdo a la siguiente regla de decisión:

Regla de decisión:

Si $\rho_{valor} \leq 0.05$, los datos de la muestra no provienen de una distribución normal o no paramétrica.

Si $\rho_{valor} > 0.05$, los datos de la muestra provienen de una distribución normal o paramétrica.

Tabla 30. Prueba de normalidad de la variable dependiente
productividad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Productividad PRE	,409	25	,000	,610	25	,000
Productividad POST	,362	25	,000	,743	25	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se muestra que la significancia de la productividad en la etapa de Pretest es 0.00 siendo este menor a 0.05 el cual resulta ser de comportamiento no paramétrico, y para la productividad en la etapa Postest es 0.00 siendo este menor a 0.05 el cual resulta también de comportamiento no paramétrico.

Luego de haber realizado el análisis de normalidad se evidencio que los datos obtenidos tanto como en el Pretest y en el Postest son de

comportamiento paramétrico el cual se deberá usar el estadígrafo Wilcoxon para la contratación de la hipótesis general sea veraz o nulo.

Regla de decisión

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 31. Contrastación de la hipótesis general

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 Productividad PRE	48,32%	25	4,622%	0,924%
Productividad POST	77,23%	25	6,272%	1,254%

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se evidencia que la media para la productividad antes es 48.32% siendo este valor menor que la media de la productividad después 77.23%, es por ello que podemos decir que no se cumple con H_0 , por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos dice que la aplicación del ciclo PHVA no mejorara la productividad, y se acepta la hipótesis general H_a el cual nos dice que la aplicación del ciclo PHVA mejorara la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Para demostrar que el análisis realizado es verdadero, se procederá al análisis a través del Pvalor o significancia de resultados realizado por la prueba del Wilcoxon mostrando la siguiente regla de decisión:

Regla de decisión:

Si $P_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $P_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 32. Prueba Wilcoxon

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Productividad PRE y Productividad POST es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se puede observar que la significancia desarrollada por la aplicación de prueba Wilcoxon a la variable dependiente Productividad en la etapa Pretest y Posttest es de 0.000, este resultado es menor que 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación la cual es la siguiente: La aplicación del ciclo PHVA mejorará la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.

4.2.2. Análisis de la hipótesis específica - Eficiencia

Ha: La aplicación del ciclo PHVA mejorará la eficiencia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Ho: La aplicación del ciclo PHVA no mejorará la eficiencia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Ya que la cantidad de datos obtenidos son menores a 30 se usará la prueba de normalidad Shapiro Wilk, y de acuerdo a la siguiente regla de decisión:

Regla de decisión:

Si $\rho_{valor} \leq 0.05$, los datos de la muestra no provienen de una distribución normal o una no paramétrica.

Si $\rho_{valor} > 0.05$, los datos de la muestra provienen de una distribución normal o paramétrica.

Tabla 33. Prueba de normalidad de la dimensión eficiencia

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia PRE	,409	25	,000	,610	25	,000
Eficiencia POST	,355	25	,000	,744	25	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se muestra que la significancia de la eficiencia en la etapa de Pretest es 0.00 siendo este menor a 0.05 el cual resulta ser de comportamiento no paramétrico, y para la eficiencia en la etapa Postest es 0.00 siendo este menor a 0.05 el cual resulta también de comportamiento no paramétrico.

Luego de haber realizado el análisis de normalidad se evidenció que los datos obtenidos tanto como en el Pretest y en el Postest son de comportamiento no paramétrico el cual se deberá usar el estadígrafo Wilcoxon para la contratación de la hipótesis específico sea veraz o nulo.

Regla de decisión

$$H_0: \mu_{Ea} \geq \mu_{Ed}$$

$$H_a: \mu_{Ea} < \mu_{Ed}$$

Tabla 34. Contrastación de la hipótesis específico

Estadísticos de muestras relacionadas					
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Eficiencia PRE	69,81%	25	3,301%	0,660%
	Eficiencia POST	86,88%	25	3,533%	0,707%

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se evidencia que la media para la eficiencia antes es 69.81% siendo este valor menor que la media de la eficiencia después 86.88%, es por ello que podemos decir que no se cumple con H_0 , por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos dice que la

aplicación del ciclo PHVA no mejorara la eficiencia, y se acepta la hipótesis general H_a el cual nos dice que la aplicación del ciclo PHVA mejorara la eficiencia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Para demostrar que el análisis realizado es verdadero, se procederá al análisis a través del Pvalor o significancia de resultados realizado por la prueba del Wilcoxon mostrando la siguiente regla de decisión:

Regla de decisión:

Si $P_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $P_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 35. Prueba Wilcoxon a la dimensión eficiencia

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Eficiencia PRE y Eficiencia POST es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se puede observar que la significancia desarrollada por la aplicación de prueba Wilcoxon a la dimensión Eficiencia en la etapa Pretest y Posttest es de 0.000, este resultado es menor que 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis específica de la investigación la cual es la siguiente: La aplicación del ciclo PHVA mejorará la eficiencia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.

4.2.3. Análisis de la hipótesis específica - Eficacia

Ha: La aplicación del ciclo PHVA mejorará la eficacia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Ho: La aplicación del ciclo PHVA no mejorará la eficacia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Ya que la cantidad de datos obtenidos son menores a 30 se usará la prueba de normalidad Shapiro Wilk, y de acuerdo a la siguiente regla de decisión:

Regla de decisión:

Si $\rho_{valor} \leq 0.05$, los datos de la muestra no provienen de una distribución normal o una no paramétrica.

Si $\rho_{valor} > 0.05$, los datos de la muestra provienen de una distribución normal o paramétrica.

Tabla 36. Prueba de normalidad de la dimensión eficacia

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia PRE	,409	25	,000	,610	25	,000
Eficacia POST	,355	25	,000	,744	25	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se muestra que la significancia de la eficacia en la etapa de Pretest es 0.00| siendo este menor a 0.05 el cual resulta ser de comportamiento no paramétrico, y para la eficacia en la etapa Posttest es 0.00 siendo este menor a 0.05 el cual resulta también de comportamiento no paramétrico.

Luego de haber realizado el análisis de normalidad se evidenció que los datos obtenidos tanto como en el Pretest y en el Posttest son de comportamiento paramétrico el cual se deberá usar el estadígrafo

Wilcoxon para la contratación de la hipótesis específico sea veraz o nulo.

Regla de decisión

$$H_o: \mu_{Ea} \geq \mu_{Ed}$$

$$H_a: \mu_{Ea} < \mu_{Ed}$$

Tabla 37. Contratación de la hipótesis específico

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Eficacia PRE	69,07%	25	3,266%	0,653%
	Eficacia POST	88,75%	25	3,608%	0,722%

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se evidencia que la media para la eficacia antes es 69.07% siendo este valor menor que la media de la eficacia después 88.75%, es por ello que podemos decir que no se cumple con Ho, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos dice que la aplicación del ciclo PHVA no mejorara la eficacia, y se acepta la hipótesis específico Ha el cual nos dice que la aplicación del ciclo PHVA mejorara la eficacia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálica S.A., Puente Piedra, 2021.

Para demostrar que el análisis realizado es verdadero, se procederá al análisis a través del Pvalor o significancia de resultados realizado por la prueba del Wilcoxon mostrando la siguiente regla de decisión:

Regla de decisión:

Si $P_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $P_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 38. Prueba Wilcoxon a la dimensión eficacia
Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Eficacia PRE y Eficacia POST es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Fuente: SPSS

De la tabla anterior se puede observar que la significancia desarrollada por la aplicación de prueba Wilcoxon a la dimensión Eficacia en la etapa Pretest y Posttest es de 0.000, este resultado es menor que 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis específica de la investigación la cual es la siguiente: La aplicación del ciclo PHVA mejorará la eficacia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.

V. DISCUSIONES

La presente investigación se logró cumplir con los objetivos planteados inicialmente gracias a la correcta implementación del ciclo PHVA al área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A. de las cuales se obtuvieron como resultado el incremento de la variable dependiente productividad y las dimensiones eficiencia y eficacia.

En cuanto a la productividad tenemos que en la etapa pretest fue de 48% y en la etapa posttest tenemos que fue 77% teniendo un aumento de la productividad en 29%. En cuanto a la dimensión eficiencia tenemos que en la etapa pretest fue de 70% y en la etapa posttest tenemos que fue de 87% teniendo un aumento de la eficiencia en 17%. En cuanto a la dimensión eficacia tenemos que en la etapa pretest fue de 69% y en la etapa posttest tenemos que fue de 89% teniendo un aumento de la eficacia en 20%.

Los resultados obtenidos en la investigación se asemejan a los obtenidos por Benites, Javes y Ulloa (2021) en su artículo de investigación titulado "Application of the PHVA cycle to increase productivity in the Frescor production area of ARY Servicios Generales S.A.C, 2020" el cual tiene como objetivo principal incrementar la productividad a través del uso del ciclo PHVA en el área de producción de la empresa ARY Servicios Generales S.A.C. en donde el autor logró la mejora de procesos en el área de producción, encontrando actividades que no generen valor así como encontrar tiempos muertos de los trabajadores logrando así pasar de tener una productividad en el pretest de 41% a tener una productividad en el posttest de 57% evidenciando un aumento de la productividad en 16% que a comparación con este trabajo de investigación el aumento de la productividad es menor en 13% el cual se puede deber a que el autor hace la implementación solo a un producto de toda su producción, el cual es el blanqueador de 4L.

También podemos realizar una comparación en cuanto al aumento de la productividad con el siguiente autor Rodríguez (2021) en su tesis titulado “Aplicación del ciclo de Deming para mejorar la productividad en el proceso de alcachofas cuartos marinados en una empresa agroindustrial” el cual tuvo como objetivo principal la determinación de cómo influye la aplicación del ciclo de Deming en la productividad de alcachofa marinados en una empresa agroindustrial” en donde el autor logro aumentar la productividad con la adecuada implementación de la herramienta de mejora y con la elaboración del principio de Pareto, matriz de mejora, diagrama de Ishikawa y una gráfica de control. La productividad antes de la implementación para este autor fue de 48% y luego de la implementación fue de 74% obteniendo un aumento en la productividad de 26% siendo este resultado obtenido mayor que del presente trabajo de investigación en 4% el cual sirve como buen referente para futuras implementación de mejora continua a través del ciclo de Deming.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación en cuanto a la dimensión eficiencia se comparan con los obtenidos por Chávez y Fernández (2020) en su trabajo de investigación titulado “Aplicación del ciclo de Deming en el proceso de producción de waffers para aumentar la productividad en la empresa Jaen Steel S.A.C. de la ciudad de Cajamarca, 2020” el cual se tuvo como objetivo principal el aumento de la productividad en la producción y fabricación de waffers en una empresa del sector minero, donde el autor logro incrementar su eficiencia aplicando el ciclo de Deming teniendo como eficiencia antes de la implementación de 58% y para después de la implementación su tuvo un eficiencia de 80% obteniendo un aumento de 22% el cual es un valor de aumento parecido al presente trabajo de investigación, el motivo puede ser que ambas empresas trabajan con el acero y con la misma maquina cortadora la cual es la CNC máquina de corte pero con aplicación en distintas partes del proceso de producción.

Por último, en los resultados obtenidos para la dimensión eficacia realizamos la contrastación con el autor (2018) en su trabajo de investigación titulado “El ciclo de Deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil” el cual tiene como objetivo principal la determinación de la aplicación del ciclo de Deming para mejorar la productividad en los procesos de la empresa de Servicios Textiles Asociados S.A.C. donde el autor tiene como valor de la eficacia antes de la implementación el valor de 31.48% y después de la implementación tiene 67.32% evidenciando un aumento de la eficacia en 46.71% siendo este valor, en comparación con el aumento de este trabajo de investigación, mucho mayor ya que es una empresa textil el cual la producción diaria es mucho mayor a la producción de una metalmecánica.

VI. CONCLUSIONES

Luego de realizar el procedimiento de implementación de la mejora continua usando las herramientas de mejora continua como el ciclo de Deming, se llegaron a las siguientes conclusiones.

- Se concluye que se logró aumentar la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A. trabajando en la solución de los primeros cinco causantes de baja productividad encontrados luego de la realización del diagrama de Pareto las cuales son: no estandarización de procesos, falta de control de stock, falta de limpieza en las áreas, falta de orden de trabajo y la falta de auxiliar. La productividad antes de la implementación fue de 48% y luego de la implementación del ciclo de Deming ascendió a 77% evidenciando un aumento de 29%.
- Se concluye que se logró aumentar la eficiencia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A. luego de que la implementación del ciclo de Deming fue satisfactoria, ya que se logró aprovechar más el tiempo útil de trabajo de la máquina de soldar semi-automaquina Corimpex, el cual nos daba como valor en la etapa pretest una eficiencia de 70% y luego de la implementación nos da una eficiencia de 87% teniendo así un aumento en la eficiencia de 17%.
- Se concluye que se logró aumentar la eficacia en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A. luego de implementación del ciclo de Deming ya que se incrementó el número de pases de soldeo de las vigas realizados por la maquina semiautomática durante el horario laboral frecuente, antes de la implementación tenemos que la eficacia fue de 69% y luego de la implementación tenemos que la eficacia fue de 89% teniendo un incremento de 20%.

VII. RECOMENDACIONES

Luego de realizar el trabajo de investigación y ya con los resultados obtenidos se hace las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda seguir con los procesos estandarizados para el soldeo de vigas metálicas para puentes de alma llena para seguir obteniendo buenos resultados y con la mejora continua de procesos. De igual manera se deberá seguir supervisando al personal para seguir reduciendo tiempos muertos en la producción, no solo en este parte del proceso de fabricación de puentes sino también en otras áreas de la parte de producción de la empresa.
- Se recomienda a la empresa Inversiones Metálicas S.A. seguir realizando la mejora continua a través de la implementación del ciclo de Deming a otras áreas de la producción ya que este con este método se obtuvo buenos resultados en el área de soldeo mediante la máquina Corimpex.
- Se recomienda aprovechar al máximo los recursos utilizados y no utilizados en el proceso de fabricación de puentes ya que durante la implementación se observó que hay material para ser reutilizados o en todo caso pueden ser comercializados como chatarra el cual puede ser una fuente de ingresos extras para la empresa para la compra de EPP'S o de algún otro insumo que se requiera, siempre y cuando sigan lo planificado en la implementación del ciclo de Deming.

REFERENCIAS

ALEGRE, ALAN (2017) implementación de un plan de mejora continua en el área de ensamblaje para incrementar la productividad de la empresa INDAL SRL, SJL, 2017” p108.

ATENCIO, Josselyn. Mejora continua de los procesos en la empresa Lavandería Millenium de la ciudad de Lacatunga. (titulo de ingeniera comercial) Ambato: Pontificia Universidad Católica de Ecuador sede Ambato. 93pp.

ARIAS, Liliana. Alternativas para optimizar los tiempos y costos en el proceso de soldadura en el área de wáter de la empresa Independence Drilling S.A. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Bogotá: Fundación Universitaria los Libertadores, facultad de ingenierías. 2015. 129pp.

A review of TPM to implement OEE technique in manufacturing industry. INDUSTRIAL ENGINEERING JOURNAL. 2018. N°6, 2018, Vol. XI. ISSN:2581-4915.

Abdelkader M, Kholif, Abou El Hassan, Dina y Mohamed Abd El Gilil, Khorshid. 2018. 3, Dokki, Giza, Egipto: Universidad de El Cairo, 2018, Vol. 38. 01496085. Improving the quality control process using the PDCA cycle.

BARONA, Katherine. Mejora continua en el área productiva de la empresa de calzado KF Barona basado en un enfoque por procesos para incrementar la competitividad. (titulo de ingeniera comercial) Ambato: Pontificia Universidad Católica de Ecuador sede Ambato 2016. 97pp.

BARRIOS, María. Círculo de Deming en el departamento de producción de las empresas fabricantes de chocolate artesanal de la ciudad de Quetzaltenango. (licenciatura en administración de empresas) Quetzaltenango: Universidad Rafael Landívar 2015. 115pp.

Benites Aliaga, Ricardo Steiman, Benites Aliaga, Alex Antenor, Javez Valladares, Santos Santiago, Ulloa Bocanegra, Segundo Gerardo Application of the PHVA cycle to increase productivity in the Frescor production area of ARY Servicios Generales S.A.C, 2020. Journal of business and entrepreneurial studies [en línea]. 2021, 5(3), [fecha de Consulta 8 de mayo de 2022]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573669774004>

BORJAS, MIGUEL, Metodología de la investigación para Ingenieros. PERÚ. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo .2016.38pp

CALDERON, Jose. Aplicación del ciclo de Deming para incrementar la productividad reduciendo las mermas de preformas de bebidas gasificadas en Arca Continental Lindley – planta Trujillo. (maestro en ingeniería industrial) Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo 2019. 105pp.

CASTELLANOS, Ivan. El ciclo de Deming para mejorar la productividad en los procesos de una empresa textil. (título de ingeniero industrial) Huancayo: Universidad Peruana los Andes 2018. 85pp.

CHALEN, Janner. Aplicación de un modelo de gestión de procesos mediante la metodología PHVA para la optimización de procesos en la empresa Xomer CIA. LDTA de la ciudad de Riobamba. (título de magister en gestión industrial y sistemas productivos) Riobamba: Escuela Superior politécnica de Chimborazo 2017. 103pp.

CHAVEZ, Edwin y Fernandez Martin. Aplicación del ciclo de Deming en el proceso de producción de Waffers para aumentar la productividad en la empresa Jaen Steel S.A.C. de la ciudad de Cajamarca, 2020. (título de ingeniero industrial) Cajamarca: Universidad Privada del Norte 2020. 58pp.

CRUELLES, José. Mejora de métodos y tiempos de fabricación. México: Alfa omega Grupo Editor, S.A. de, C.V. 2013. 340 pp. ISBN: 9786077076148

DEMING, W. Out of the crisis: quality, productivity and competitive position. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 507 pp.

DIAZ (2018), en su trabajo de grado titulado "Management indicators for the continuous improvement of tile production that allows management to reduce material waste and defective production, optimizing the profitability of the company Caso Cerámica Carabobo C.A".

FLORES G., y MAS C. (2015) Aplicación de la metodología PHVA para la mejora de la productividad en el área de producción de la empresa KAR & MA S.A.C. (Tesis de pregrado) recuperado de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1981>

GARCÍA, Roberto. Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo. 5ª ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2009. 459 pp. ISBN: 9789701046579

GUTIÉRREZ, H. (2017) Calidad Total y Productividad. 4ta. México. McGraw- Hill Educación, 2010. 76p. ISBN: 978-607-15-0315

HERNÁNDEZ, Sampieri, FERNÁNDEZ, Collado., Y BAPTISTA, Lucio Metodología de la investigación .6º ed.Mexico: Mc Graw Hill.2014.556 pp

Heydari (2018), En su tesis titulada "Enablers of Continuous Improvement When Using a PDCA Cycle".

Izquierdo, Henry, Rodríguez Monroy, Carlos, Ortiz, Alexis Gestión ambiental en PYMES industriales. Interciencia [en línea]. 2013, 38(3), 179-185[fecha de Consulta 13 de Julio de 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33926977006>

Jagusiak-Kocik, M. 2017. PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company-a case study. s.l.: Production Engineering Archives, 14, 2017.

M, Kholif, Abou El Hassan, Dina y Mohamed Abd El Gilil, Khorshid. 2018. 3, Dokki, Giza, Egipto: Universidad de El Cairo, 2018, Vol. 38. 01496085.

Implementation of model for improvement (PDCA-cycle) in dairy laboratories.

OCROSPOMA (2017) Aplicación del Ciclo de Deming para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Tecnipack S.A.C 2017, para optar el título de ingeniero industrial por la Universidad César Vallejo, Lima.

OROZCO (2016), en su investigación "PDCA application to improve the quality circles in the Cable Service Companies in the Municipality of San Pedro Sacatepéquez Department of San Marcos".

PEJ-Shan, Li-Fei & Zuway-R, (2017). En su tesis titulada "Applying the Deming Cycle perspective on pre-service training mechanism for novice school and professional counselors in elementary and senior secondary school"

Villamil Sandoval, Diana Carolina, Moyano Hernández, Faber Andrés Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental. Revista Politécnica [en línea]. 2021, 17(34), 55-69[fecha de Consulta 13 de Julio de 2022]. ISSN: 1900-2351. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607869210004>

REYES, Marlon. Implementación del ciclo de mejora continua Deming para aumentar la productividad. Tesis para optar al Título de Ingeniero Industrial. Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2015. 148 p.

RODRIGUEZ, Marianela. Aplicación el ciclo de Deming para mejorar la productividad en el proceso de alcachofa cuartos marinados en una empresa agroindustrial. (título de ingeniera industrial) Trujillo: Universidad Cesar Vallejo 2021. 93pp.

RODRIGUEZ, Marco. Métodos de investigación: Diseño de proyectos y desarrollo de tesis en ciencias administrativas, organizacionales y sociales. Editorial Pandora. México. 2010. ISBN: 9786077929178

RUIZ, Heber. Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa Agrosemillas Don Benjamín E.I.R.L. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo 2017. 112pp.

VAZQUES Cid de León, Carlos, Gracida Gracida, Enrique Baruc, Montesinos González, Salvador, Maya Espinoza, Ivonne Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming. Revista Venezolana de Gerencia [en línea]. 2020, 25(92), 1863-1883[fecha de Consulta 8 de mayo de 2022]. ISSN: 1315-9984. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29065286036>

Villamil Sandoval, Diana Carolina, Moyano Hernández, Faber Andrés Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental. Revista Politécnica [en línea]. 2021, 17(34), 55-69[fecha de Consulta 13 de Julio de 2022]. ISSN: 1900-2351. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607869210004>

ANEXOS

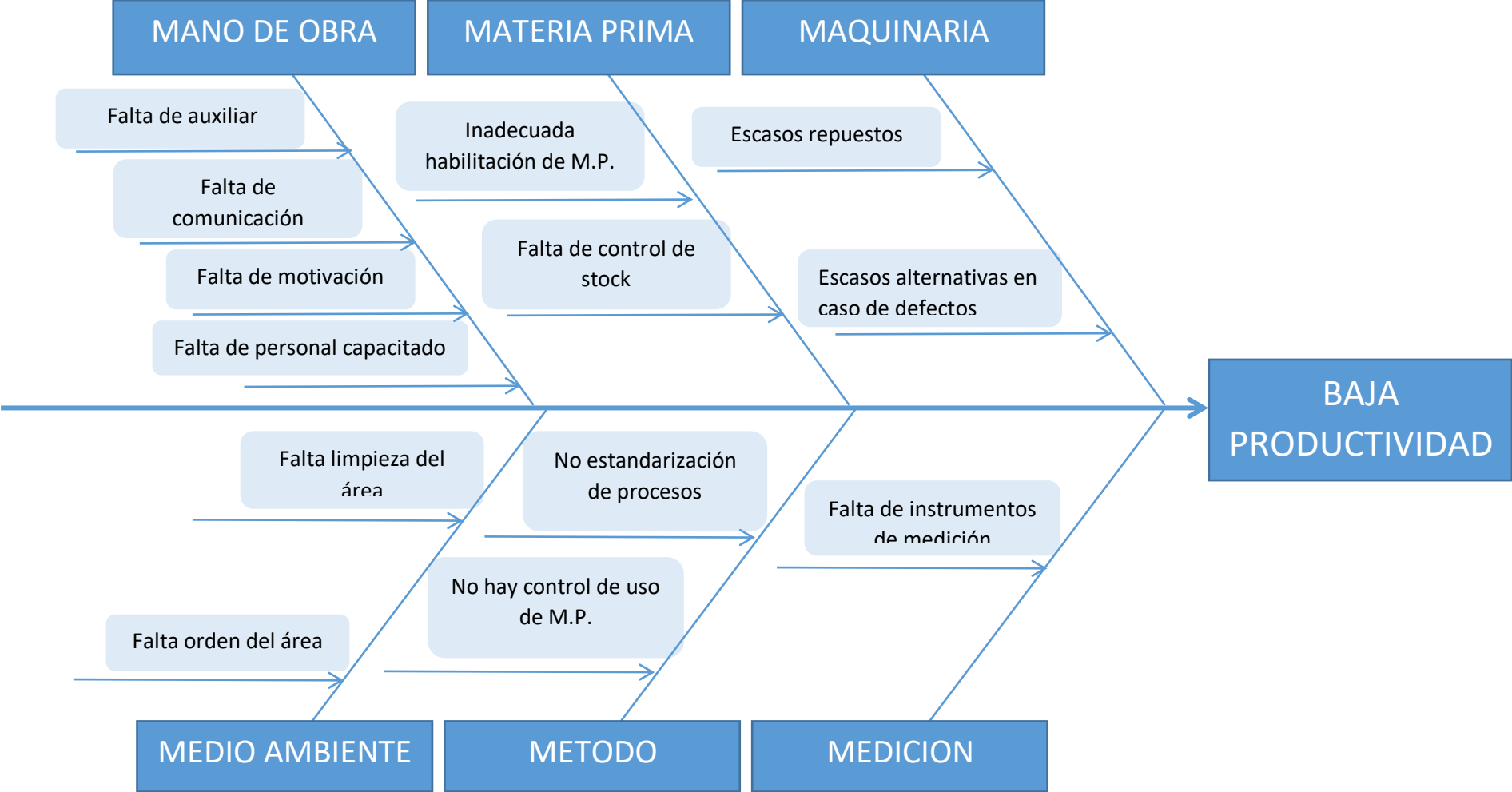
Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

<p>Problema General ¿De qué manera la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la productividad en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.?</p>	<p>Objetivo General Determinar cómo la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la productividad en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.</p>	<p>Hipótesis General La aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejorara la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.</p>
<p>Problema Especifico 1 ¿De qué manera la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficacia del área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.?</p>	<p>Objetivo Especifico 1 Determinar cómo la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficacia en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.</p>	<p>Hipótesis Especifico 1 La aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejorara la eficacia del área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.</p>
<p>Problema Especifico 2 ¿De qué manera la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficiencia del área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.?</p>	<p>Objetivo Especifico 2 Determinar cómo la aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejora la eficiencia en el área de producción de la empresa Inversiones Metálicas S.A.</p>	<p>Hipótesis Especifico 2 La aplicación del ciclo PHVA (ciclo de Deming) mejorara la eficiencia del área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A., Puente Piedra, 2021.</p>

Anexo 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V.I. Ciclo Deming	El ciclo Deming está determinado por cuatro pasos que son: planificar, hacer, actuar y verificar (PHVA) o por sus siglas en ingles PDCA: Plan, Do, Check and Act., esta es una herramienta de mejora continua de la calidad. (Deming, 1986 y 1989)	Herramienta de mejora continua, la cual nos permite mejorar procesos a través de sus dimensiones Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.	Planificar	Nivel de cumplimiento por fase:	Razón
			Hacer	$NC = \frac{AR}{AP} \times 100\%$ <p>Donde: AR: Actividades realizadas AP: Actividades planificadas</p>	
			Verificar	Nivel de cumplimiento por fase:	
			Actuar	$NC = \frac{ER}{ET} \times 100\%$ <p>Donde: ER: Elementos rechazados ET: Elementos totales</p>	
V.D. Productividad	Varios estudios miden la productividad por medio del total de ventas o ingresos generados en un período determinado o a través de ratios de ventas para el total de trabajadores. (Arévalo, Nájera y Piñero, 2018)	Se define productividad como el indicador que se mide a través de la eficiencia y la eficacia	Eficiencia	Índice de eficiencia $EFICIENCIA = \frac{TRP}{TPP} \times 100\%$ <p>Donde: TRP: Tiempo real de producción TPP: Tiempo programado de producción</p>	Razón
			Eficacia	Índice de eficiencia $EFICACIA = \frac{EP}{ETP} \times 100\%$ <p>Donde: EPR: Elementos producidos EPP: Elementos totales programadas</p>	Razón

Anexo 3. Diagrama causa – efecto en la empresa Inversiones Metálicas S.A.



Fuente: elaboración propia

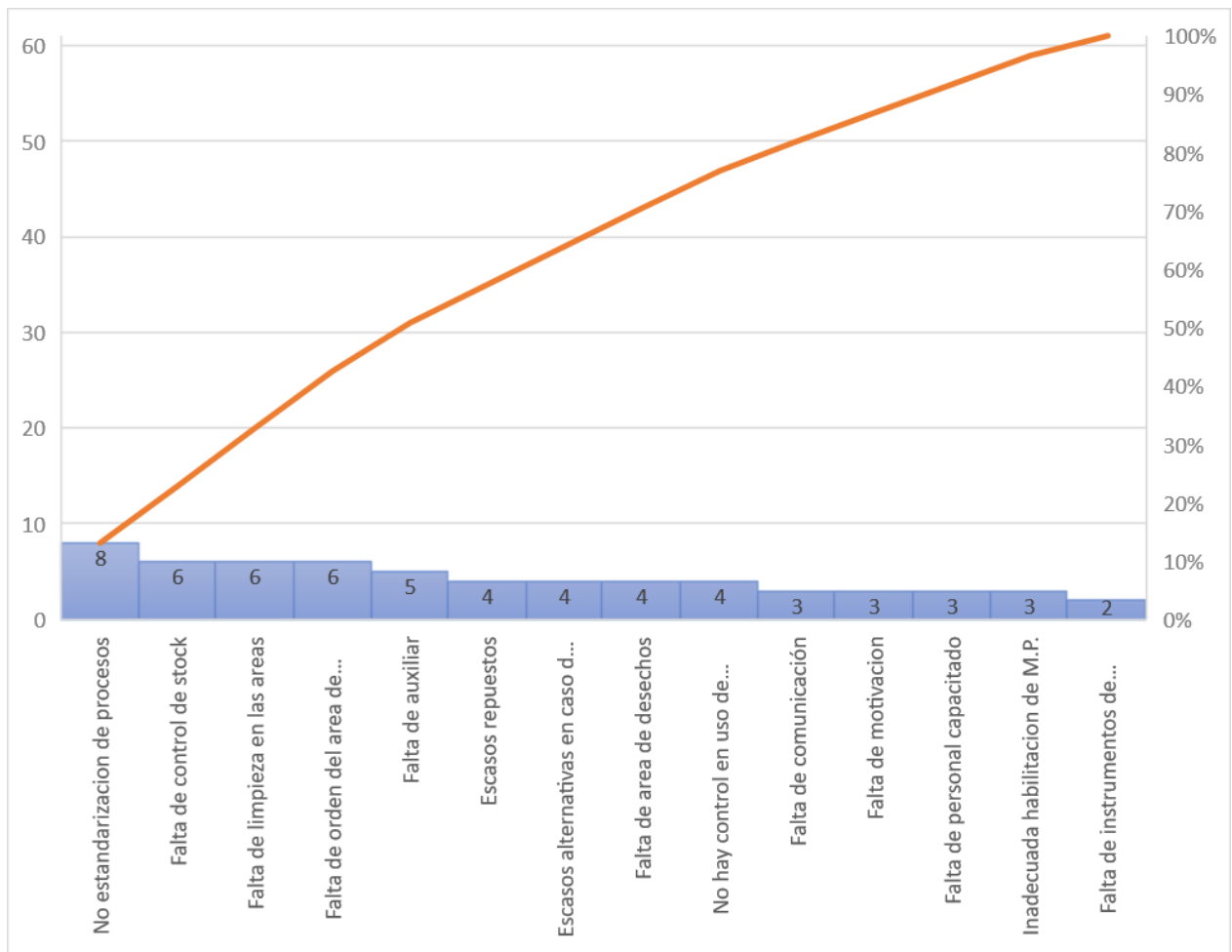
Anexo 4. Matriz de correlación de causas

MATRIZ DE CORRELACION																	
Causas de baja productividad en la empresa			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	FRECUENCIA
1	Falta de auxiliar	C1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	5
2	Falta de comunicación	C2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
3	Falta de motivacion	C3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	Falta de personal capacitado	C4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3
5	Inadecuada habilitacion de M.P.	C5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
6	Falta de control de stock	C6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	6
7	Escasos repuestos	C7	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	4
8	Escasos alternativas en caso de defectos	C8	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	4
9	Falta de limpieza en las areas	C9	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	6
10	Falta de area de desechos	C10	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	4
11	Falta de orden del area de trabajo	C11	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	6
12	No estandarizacion de procesos	C12	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8
13	No hay control en uso de materia prima	C13	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4
14	Falta de instrumentos de medicion	C14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
TOTAL																	61

Fuente: elaboración propia

Anexo 5. Diagrama de Pareto

Causas de baja productividad en la empresa	frecuencia	frecuencia acumulada	frecuencia porcentual parcial	frecuencia porcentual acumulada
No estandarizacion de procesos	8	8	13%	13%
Falta de control de stock	6	14	10%	23%
Falta de limpieza en las areas	6	20	10%	33%
Falta de orden del area de trabajo	6	26	10%	43%
Falta de auxiliar	5	31	8%	51%
Escasos repuestos	4	35	7%	57%
Escasos alternativas en caso de defectos	4	39	7%	64%
Falta de area de desechos	4	43	7%	70%
No hay control en uso de materia prima	4	47	7%	77%
Falta de comunicaci3n	3	50	5%	82%
Falta de motivacion	3	53	5%	87%
Falta de personal capacitado	3	56	5%	92%
Inadecuada habilitacion de M.P.	3	59	5%	97%
Falta de instrumentos de medicion	2	61	3%	100%
	61		100%	



Fuente: elaboraci3n propia

Anexo 6. Constancia de autorización



INVERSIONES METALICAS S.A.

CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

EL QUE SUSCRIBE ING. GUILLERMO MAZA SILUPÚ GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA INVERSIONES METÁLICAS S.A. HACE CONSTAR:

Que el Sr. Tomas Enrique Anculle Asencios, identificado con DNI N° 72468308, viene realizando su trabajo de investigación titulado: "Aplicación del ciclo PHVA para mejorar la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A. Puente piedra, 2021", utilice y obtenga la información necesaria para la elaboración de su respectivo trabajo.

Se expide la presente constancia a solicitud de la persona interesada para los fines de estudio mencionados.

Puente Piedra, 01 de julio del 2022

 INVERSIONES METALICAS S.A.

Ing. Guillermo Maza Silupu
Gerente General

Fuente: elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PAZ CAMPAÑA AUGUSTO EDWARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "

"Aplicación del ciclo PHVA para mejorar la productividad en el área de producción en la empresa Inversiones Metálicas S.A. Puente piedra, 2021"

", cuyo autor es ANCULLE ASENCIOS TOMAS ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 07 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PAZ CAMPAÑA AUGUSTO EDWARD DNI: 07945812 ORCID: 0000-0001-9751-1365	Firmado electrónicamente por: AEPAZC el 22-07- 2022 17:10:26

Código documento Trilce: TRI - 0325427