



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

“Aplicación de la herramienta Ciclo PHVA para incrementar la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A. Chorrillos 2018”

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

Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Br. Sarmiento Bobadilla Cristopher Alberto (ORCID: 0000-0002-9364-386X)

**ASESOR:**

Dr. Bravo Rojas Leonidas Manuel (ORCID: 0000-0001-7219-4076)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión empresarial y productiva

**Lima - Perú**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia, en especial a mis padres  
Alberto y Carolina, así mismo a mi hermana  
por su constante apoyo a lo largo de toda mi  
formación y logro personal.  
Por siempre en mi corazón.

A Dios todo poderoso, por mi presente y  
mi futuro. Mi eterno agradecimiento

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterno reconocimiento y agradecimiento a la Universidad Cesar Vallejo y a la plana docente que me acompañó durante estos años de sacrificio y estudios, por haberme formado en mí un profesional constituido, con principios y valores definidos. En especial, a mi asesor el Doctor Leónidas Bravo Rojas por haber transmitido su conocimiento, experiencia y consejos cruciales para el alcance de una meta más en mi vida personal y profesional, conseguir el título profesional de Ingeniero Industrial.

Del mismo modo, a la empresa Arin S.A, y a cada uno de sus colaboradores por abrirme las puertas a la experiencia laboral, su constante apoyo e información ofrecida durante todo el proceso de desarrollo del presente trabajo de investigación.

## PÁGINA DEL JURADO

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : FC-PP-PS-02.02 Versión : 01 Fecha : 23-05-2018 Página : 1 de 1
--	--------------------------------	--

El Jurado encargado de evaluar la Tesis presentada por Don (a):  
CRISTOPHER ALBERTO SARMIENTO BOBADILLA.

cuyo título es:

APLICACIÓN DE LA HERAMIENTA CICLO PHVA PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO  
PRODUCTIVO DE CASTING DE LA EMPRESA ARIN S.A.  
CHORRILLOS 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de  
preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:  
...13... (número) ...T.R.C.E... (letras).

Los Olivos, 12 de 07 del 2019

  
.....  
Presidente

  
.....  
Secretario

  
.....  
Vocal

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

### DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo **Cristopher Alberto Sarmiento Bobadilla** con DNI N° 77136096 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Lima, 12 de julio del 2019



Cristopher Alberto Sarmiento Bobadilla

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación de la herramienta ciclo PHVA para incrementar la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A., Chorrillos 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial.

El Autor

## ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
ÍNDICE	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
<b>I. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>II. Método</b>	<b>41</b>
2.1. Tipo y Diseño de la investigación	42
2.2. Operacionalización de variables	43
2.3. Población, muestra y muestreo	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	47
2.5. Métodos de análisis de datos	49
2.6. Aspectos éticos	50
<b>III. Resultados</b>	<b>119</b>
<b>IV. Discusión</b>	<b>136</b>
<b>V. Conclusiones</b>	<b>138</b>
<b>VI. Recomendaciones</b>	<b>139</b>
<b>Referencias</b>	<b>140</b>
<b>Anexos</b>	<b>143</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Desempeño del sector exportador de la industria joyera en el año 2015-2016	2
<b>Figura 2.</b> Ciclo PHVA	21
<b>Figura 3.</b> Las herramientas del ciclo PHVA según sus fases	25
<b>Figura 4.</b> Trascendencia de la productividad en las organizaciones	26
<b>Figura 5.</b> Características a tomar en cuenta dentro de un proceso productivo	28
<b>Figura 6.</b> Calculo del tamaño de la muestra	32
<b>Figura 7.</b> Escalas de valoración del ritmo de trabajo	32
<b>Figura 8.</b> Formula de tiempo básico o normal	33
<b>Figura 9.</b> Tipos de suplementos dentro de una operación	33
<b>Figura 10.</b> Ubicación de la empresa Arin S.A.	51
<b>Figura 11.</b> Organigrama organizacional de la empresa Arin S.A.	52
<b>Figura 12.</b> Productos cadenas a maquina	53
<b>Figura 13.</b> Productos cadena a mano	53
<b>Figura 14.</b> Productos casting	54
<b>Figura 15.</b> Productos elaborados	54
<b>Figura 16.</b> Productos Flex Bangles	54
<b>Figura 17.</b> Productos Omega / Avvoltos	55
<b>Figura 18.</b> Diagrama de Operaciones (DOP) del proceso de casting actual	56
<b>Figura 19.</b> Diagrama de operaciones del proceso (Pre Test)	60
<b>Figura 20.</b> Determinación de la oportunidad de mejora dentro del proceso productivo	82
<b>Figura 21.</b> Formato de oportunidad de mejora a la operación de buscar molde	83
<b>Figura 22.</b> Formato de oportunidad de mejora a la operación de inyectar cera	84
<b>Figura 23.</b> Formato de oportunidad de mejora a la operación de pesar pieza	85
<b>Figura 24.</b> Formato de oportunidad de mejora a la operación de retocar pieza	86
<b>Figura 25.</b> Formato de oportunidad de mejora a la operación de retocar pieza	87
<b>Figura 26.</b> Layout de la sección de casting (Pre Test)	89
<b>Figura 27.</b> Diagrama de recorrido del proceso (Pre Test)	90

<b>Figura 28.</b> Diagrama de actividades múltiples del proceso productivo	91
<b>Figura 29.</b> Layout de la sección de casting (Post Test)	92
<b>Figura 30.</b> Diagrama de recorrido del proceso (Post Test)	93
<b>Figura 31.</b> Formato de inventario de moldes de caucho de la sección de casting	94
<b>Figura 32.</b> Diagrama de Operaciones (DOP) del proceso de fabricación de árbol de cera (Post Test)	99
<b>Figura 33.</b> Regla de decisión para determinar el tipo de comportamiento de la muestra en estudio	128
<b>Figura 34.</b> Regla de decisión para determinar el tipo de comportamiento de la muestra en estudio	129
<b>Figura 35.</b> Regla de decisión para determinar el tipo de comportamiento de la muestra en estudio	132

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tabla de frecuencia de las principales causas de la baja productividad en el proceso productivo de Casting	7
<b>Tabla 2.</b> Diagrama de análisis del proceso (Pre Test)	61
<b>Tabla 3.</b> Toma de tiempos – Observaciones preliminares (Pre Test)	62
<b>Tabla 4.</b> Calculo del tamaño de la muestra (Pre Test)	63
<b>Tabla 5.</b> Toma de tiempos en base al tamaño de la muestra (Pre Test)	64
<b>Tabla 6.</b> Calculo del tiempo estándar (Pre Test)	65
<b>Tabla 7.</b> Consolidado de la eficacia del proceso de fabricación de árbol de cera (Pre Test)	67
<b>Tabla 8.</b> Consolidado de la eficiencia en el proceso de fabricación de árbol de cera (Pre Test)	69
<b>Tabla 9.</b> Consolidado de la productividad en el proceso de fabricación de árbol de cera (Pre Test)	70
<b>Tabla 10.</b> Causas críticas a atacar	71
<b>Tabla 11.</b> Matriz de afinidad	72
<b>Tabla 12.</b> Plan de implementación de la propuesta de mejora	73

<b>Tabla 13.</b> Inversión inicial del proyecto	76
Tabla 14. Cronograma del desarrollo del proyecto	77
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de piezas rechazadas (Pre Test)	95
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de piezas rechazadas (Post Test)	97
<b>Tabla 17.</b> Diagrama de Análisis de Proceso de la fabricación de árbol de cera (Post Test)	100
<b>Tabla 18.</b> Consolidado de las observaciones preliminares del proceso (Post Test) .....	101
<b>Tabla 19.</b> Calculo del tamaño de la muestra (Post Test)	102
<b>Tabla 20.</b> Toma de tiempos en base al tamaño de la muestra (Post Test)	103
<b>Tabla 21.</b> Cálculo del tiempo estándar (Post Test)	104
<b>Tabla 22.</b> Determinación del número de operarios	105
<b>Tabla 23.</b> Minutos estándar asignado a las actividades	106
<b>Tabla 24.</b> Balance de línea actual	107
<b>Tabla 25.</b> Balance de línea mejorado	107
<b>Tabla 26.</b> Indicadores de la variable independiente ciclo PHVA	109
<b>Tabla 27.</b> Comparativo de los resultados de la variable independiente antes y después de la implementación	109
<b>Tabla 28.</b> Comparativo de los resultados antes y después de la implementación	110
<b>Tabla 29.</b> Consolidado de la eficacia del proceso de fabricación de árbol de cera (Post Test)	111
<b>Tabla 30.</b> Consolidado de la eficiencia en el proceso de fabricación de árbol de cera (Post test)	112
<b>Tabla 31.</b> Consolidado de la Productividad en el proceso de fabricación de árbol de cera (Post Test)	113
<b>Tabla 32.</b> Flujo neto de efectivo proyectado – escenario optimista	114
<b>Tabla 33.</b> Flujo neto de efectivo proyectado – escenario moderado	116
<b>Tabla 34.</b> Flujo neto de efectivo proyectado – escenario moderado	117
<b>Tabla 35.</b> Flujo de efectivo neto – 3 escenarios	118
<b>Tabla 36.</b> Resumen de procesamiento de casos de la productividad del proceso productivo de Casting	120
<b>Tabla 37.</b> Análisis descriptivo de la productividad del proceso productivo de Casting antes de la implementación	120

<b>Tabla 38.</b> Análisis descriptivo de la productividad del proceso productivo de Casting después de la implementación	121
<b>Tabla 39.</b> Resumen de procesamiento de casos de la eficacia del proceso productivo de Casting	122
<b>Tabla 40.</b> Análisis descriptivo de la eficacia del proceso productivo de Casting antes de la implementación	122
<b>Tabla 41.</b> Análisis descriptivo de la eficacia del proceso productivo de Casting después de la implementación	123
<b>Tabla 42.</b> Resumen de procesamiento de casos de la eficiencia del proceso productivo de Casting	124
<b>Tabla 43.</b> Análisis descriptivo de la eficiencia del proceso productivo de Casting antes de la implementación	124
<b>Tabla 44.</b> Análisis descriptivo de la eficiencia del proceso productivo de Casting después de la implementación	125
<b>Tabla 45.</b> Prueba de normalidad aplicado a la productividad del proceso productivo de Casting con Kolmogrov-Smirnov	126
<b>Tabla 46.</b> Tabla comparativa de las de las medias de la productividad del proceso productivo de casting con T-Student	127
<b>Tabla 47.</b> Estadísticos de prueba T-Student de la productividad	128
<b>Tabla 48.</b> Prueba de normalidad de la eficacia del proceso productivo de Casting con Kolmogrov-Smirnov	130
<b>Tabla 49.</b> Tabla comparativa de las medias de la eficacia del proceso productivo de casting con Wicoxon	131
<b>Tabla 50.</b> Estadísticos de prueba Wicoxon de la eficiencia	131
<b>Tabla 51.</b> Prueba de normalidad de la eficiencia del proceso productivo de Casting con Kolmogrov-Smirnov	133
<b>Tabla 52.</b> Tabla comparativa de las medias de la eficiencia del proceso productivo de casting con Wicoxon.....	134
<b>Tabla 53.</b> Estadísticos de prueba Wilcoxon de la eficiencia .....	134

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Mercados de destino de la industria joyera en el año 2015-2016	3
<b>Gráfico 2.</b> Gráfico de producción mensual en gramos de la línea productiva de Casting	5
<b>Gráfico 3.</b> Diagrama Pareto de los principales problemas de la baja productividad en el proceso productivo de Casting	7
<b>Gráfico 4.</b> Porcentaje de los tipos de problemas más frecuentes que originan el rechazo de una pieza en cera	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Formato de recolección de datos y control de la producción de piezas en cera rechazadas	143
<b>Anexo 2.</b> Formato de recolección de datos y registro de piezas rechazadas en casting	143
<b>Anexo 3.</b> Registro de análisis de eficiencia, eficacia y productividad diaria	144
<b>Anexo 4.</b> Análisis y comprobación de la hipótesis general productividad en el proceso de casting mediante el estadígrafo T-Student	144
<b>Anexo 5.</b> Análisis y comprobación de la hipótesis específica eficiencia en el proceso de casting mediante el estadígrafo Wilcoxon	145
<b>Anexo 6.</b> Análisis y comprobación de la hipótesis específica eficacia en el proceso de casting mediante el estadígrafo Wilcoxon	145
<b>Anexo 7.</b> Formato de presentación de validación de instrumentos de investigación presentada al juicio de expertos	146
<b>Anexo 8.</b> Formato de exposición de matriz de Operacionalización de variables presentada al juicio de expertos	147

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Aplicación de la herramienta ciclo PHVA para incrementar la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018”. Tuvo como problema general ¿Cómo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018? Es por ello que el desarrollo y ejecución de la presente está enfocado a proporcionar un impacto positivo sobre la productividad de una de los procesos productivos más importantes de la empresa Arin S.A. La cual operativamente significa producir la máxima cantidad de bienes aprovechando al máximo los recursos empleados para su elaboración.

Este proyecto es de vital importancia, debido a que, mediante el mismo se busca generar y promover acciones de mejora continua que permitan reducir el porcentaje de piezas en cera rechazadas, y mejorar la eficacia y la eficiencia; los cuales aquejaban al proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A. Por tal motivo, se utilizaron herramientas de ingeniería industrial que permitan identificar el problema raíz y sus causales como el diagrama Ishikawa y el diagrama Pareto. De igual modo, se analizó y mejoró los métodos de métodos y tiempos, se desarrolló un mejoramiento del layout y se realizó un balance de línea.

Dichas herramientas y acciones se desarrollaron exitosamente gracias a que se ejecutaron desde el enfoque de la metodología del Ciclo PHVA la cual nos permitió aplicar cada acción efectivamente mediante su proceso cíclico de mejora continua Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Dando como resultado una mejora de las medias de la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A. de 46% (antes de la mejora) a 85% (después de la mejora) con la implementación del ciclo PHVA, respaldado con un nivel de significancia bilateral del 0.000.

Palabras clave: Ciclo PHVA, productividad, eficacia, eficiencia, porcentaje de piezas en cera rechazadas, proceso productivo de casting.

## **ABSTRACT**

This research entitled "Application of the PHVA cycle tool to increase the productivity of the Casting production process of the company Arin S.A, Chorrillos 2018". He had as a general problem how the application of the PHVA cycle tool increases productivity in the production process of Casting of the company Arin S.A, Chorrillos 2018? That is why the development and execution of this is focused on providing a positive impact on the productivity of one of the most important production processes of the company Arin S.A. Which operationally means to produce the maximum amount of goods taking full advantage of the resources used for its preparation.

This project is of vital importance, because it seeks to generate and promote continuous improvement actions that reduce the percentage of rejected wax parts and improve efficiency and effectiveness; which afflicted the Casting production process of the company Arin S.A. For this reason, industrial engineering tools were used to identify the root problem and its causes such as the Ishikawa diagram and the Pareto diagram. In the same way, the methods of methods and times were analyzed and improved, an improvement of the layout was developed and a line balance was made.

These tools and actions were successfully developed thanks to the fact that they were executed from the PHVA Cycle methodology approach, which allowed us to apply each action effectively through its cyclical process of continuous improvement Plan, Do, Verify and Act. Resulting in an improvement of the means of productivity of the Casting production process of the company Arin S.A. from 46% (before improvement) to 85% (after improvement) with the implementation of the PHVA cycle, backed with a level of bilateral significance of 0.000.

Keywords: PHVA cycle, productivity, efficiency, efficiency, percentage of wax parts rejected, casting production process.

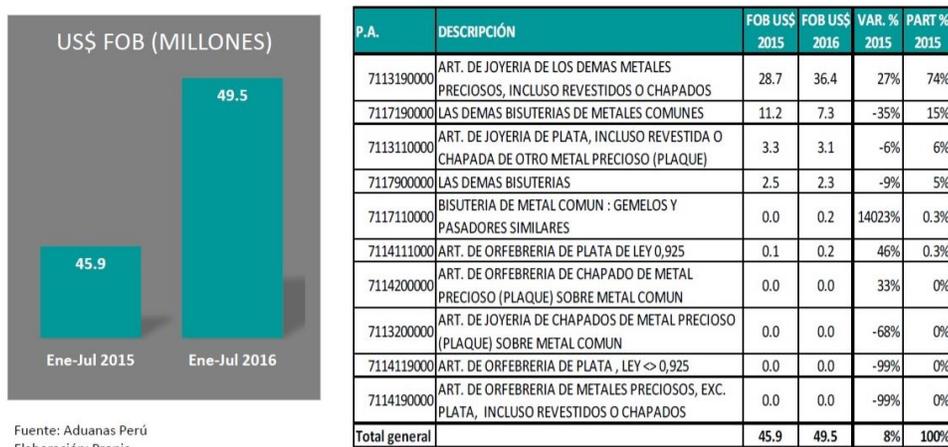
## **I. INTRODUCCIÓN**

## Realidad Problemática

Hoy en día, vivimos en un mundo globalizado y de carácter consumista en el que cada vez los mercados están exigiendo constantemente productos y/o servicios con calidad a bajos precios, con variedad, cantidad y disponibilidad en el momento y lugar oportuno. Comprometiendo a las empresas a buscar soluciones y mejoras constantes que aseguren el uso óptimo de sus recursos disponibles dentro de sus procesos productivos. Generando productos y/o servicios de calidad que logren ser capaz de abastecer a la incesante demanda y poseer una mayor participación dentro de los mercados. Pues de estas capacidades depende la supervivencia y éxito dentro de un mundo empresarial continuamente competitivo y versátil.

Dentro de este marco, el continente sudamericano se ha desarrollado de forma progresiva y apropiada durante los últimos años y producto de ello, un constante crecimiento en su economía. En especial, gracias a los grandes volúmenes de exportación generados cada año. Para ser más específico, dentro de este sector a nivel sudamericano, la industria de joyería fina se ha convertido en un gran potencial. Permittiéndonos ocupar como país el tercer puesto; detrás de Colombia y Brasil, en exportación de joyería fina (III Congreso Internacional de joyería y orfebrería 2016).

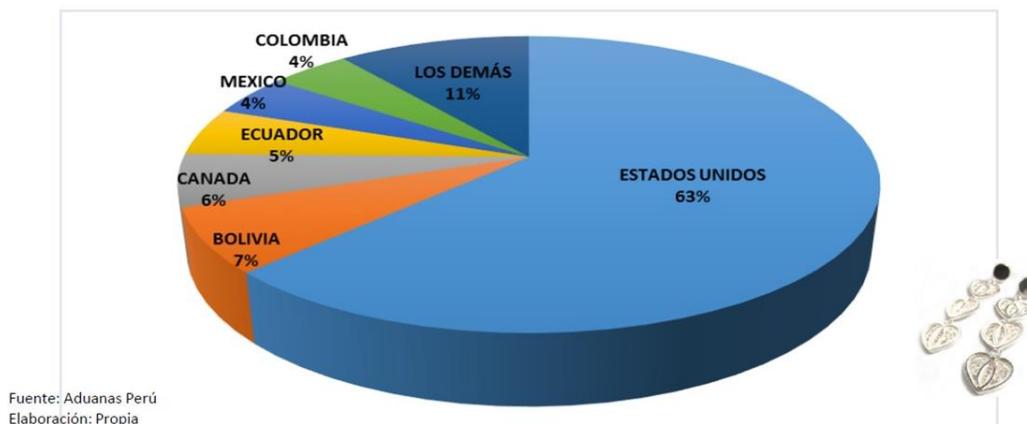
**Figura 1.** Desempeño del sector exportador de la industria joyera en el año 2015-2016



**Fuente:** Aduanas Perú

Formado parte los países de Estados Unidos (63%), Bolivia (7%) y Canadá (6%) como los principales mercados de destino para la industria joyera (III Congreso Internacional de joyería y orfebrería 2016).

**Gráfico 1.** Mercados de destino de la industria joyera en el año 2015-2016



**Fuente:** Aduanas Perú

El constante crecimiento y expansión de la industria joyera hacia nuevos mercados. Ha evidenciado la necesidad, por parte de las empresas, a promover la constante mejora de sus procesos. Ya que son conscientes de que la clave para conservarse y prosperar dentro de los cambiantes y exigentes mercados, es fundamental desarrollar continuamente mejor las cosas. Buscar la perfección.

Es por ello, que actualmente conceptos como el ciclo PHVA o ciclo de mejora continua se ha convertido entre las metodologías y filosofías más representativas en la búsqueda hacia la mejora de la productividad dentro de los procesos productivos. Sin embargo, hallamos un concepto extenso, mas no totalmente comprendido, una herramienta desarrollado, pero no adoptada.

Puesto que para autores como Fernández (2010), el principal objetivo de toda empresa es ser más productivos, y por consecuencia, obtener el máximo beneficio con la menor cantidad de recursos. No obstante, dicho objetivo demanda la necesidad de un compromiso continuo hacia

la mejora de todos sus procesos productivos basados en una herramienta confiable como lo es el ciclo PHVA (p. 22).

La actual empresa en estudio es Arin S.A, localizada en el distrito de Chorrillos y dedicada la fabricación y exportación de fina joyería de oro y plata. Con una experiencia de más de 30 años dentro del mercado nacional e internacional. Logrando el primer lugar, por más de 25 años, en ranking de empresas exportadoras peruanas.

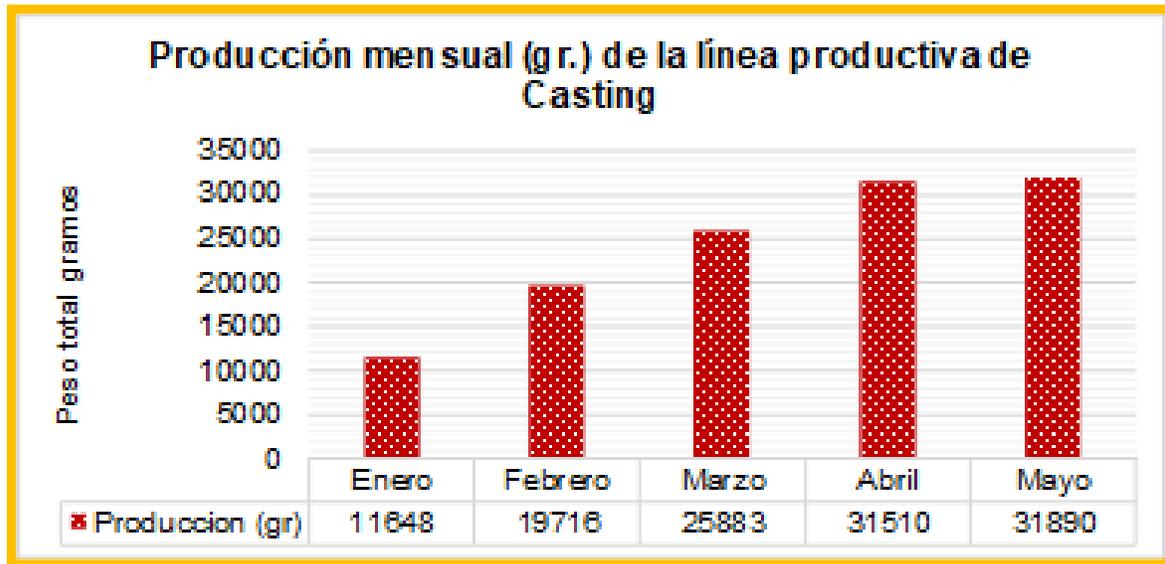
Siendo su principal misión la de entregar a sus consumidores una amplia y variada gama de productos, de calidad y con la cantidad y disponibilidad en el momento.

Sin embargo, en la actualidad, Arin S.A está atravesando por una serie carencias y deficiencias que afectan primordialmente a la productividad de unas de sus líneas productivas más importantes. Como, por ejemplo, el aumento en los volúmenes de material rechazado, la disminución en la eficacia y eficiencia de la línea productiva. Los cuales tienen como resultado, un incremento en costos por logística inversa, en costos por reproceso, al igual que horas de trabajo y recursos extras.

Actualmente, Arin S.A. labora de acuerdo a pedidos, esa es la razón por la cual se fabrican una gran variedad de productos y semiproductos que, a su vez, pueden también variar de acuerdo a especificaciones como: peso, kilate, espesor, entre otros. Dicha variedad de productos y semiproductos están estratificadas en 6 líneas productivas.

Determinándose que, durante los últimos meses, en la línea productiva de Casting, se ha estado dando un incremento considerable en los volúmenes de material exportados, como se puede observar en el siguiente gráfico.

**Gráfico 2.** Gráfico de producción mensual en gramos de la línea productiva de Casting

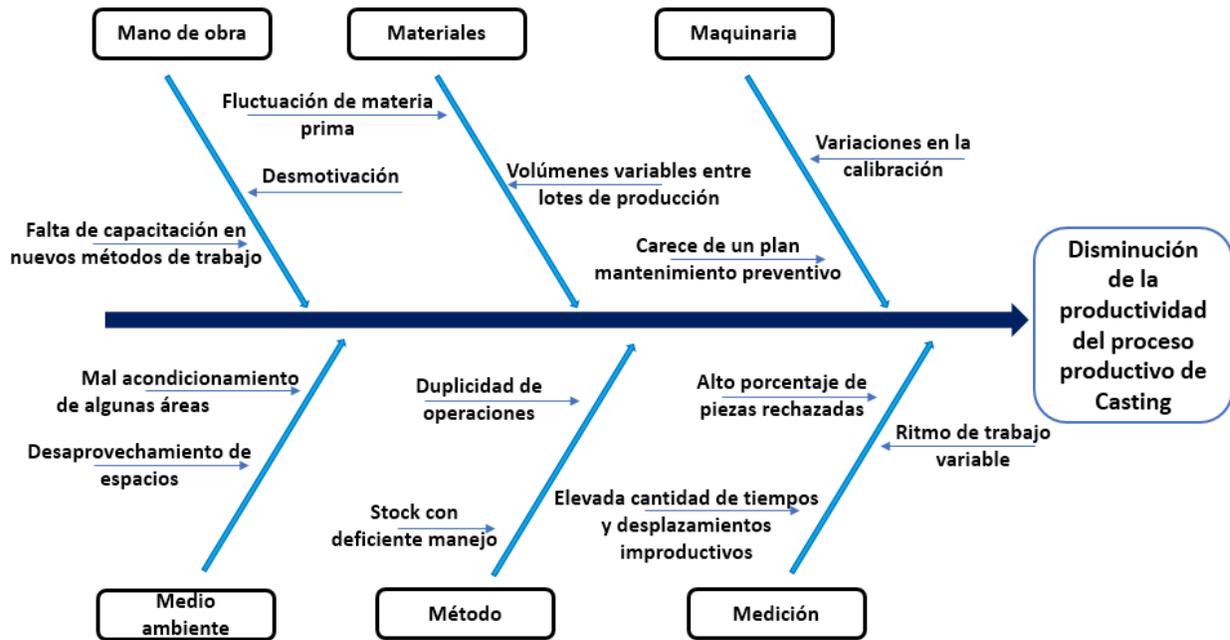


**Fuente:** Elaboración propia

Posteriormente, se llevó a cabo una reunión constituida por el gerente general, el jefe de planta, la jefa y el practicante de ingeniería de mejora de procesos y los jefes de la línea productiva de Casting, en la cual mediante la técnica de lluvias de ideas se logró recoger la información necesaria que nos permita identificar los problemas y sus principales causas (Ver anexo). Determinándose que la mejora de la productividad en la línea productiva de casting es el factor que mejor se ajusta a las necesidades y objetivos a corto y largo plazo de la empresa.

A modo de evidenciar y resaltar de manera estratificada el problema principal y sus causas más determinantes, se desarrolló un Diagrama Causa-Efecto sobre la línea productiva de Casting, el cual se muestra a continuación:

**Figura 3.** Diagrama Causa – Efecto del proceso productivo de Casting



**Fuente:** Elaboración propia

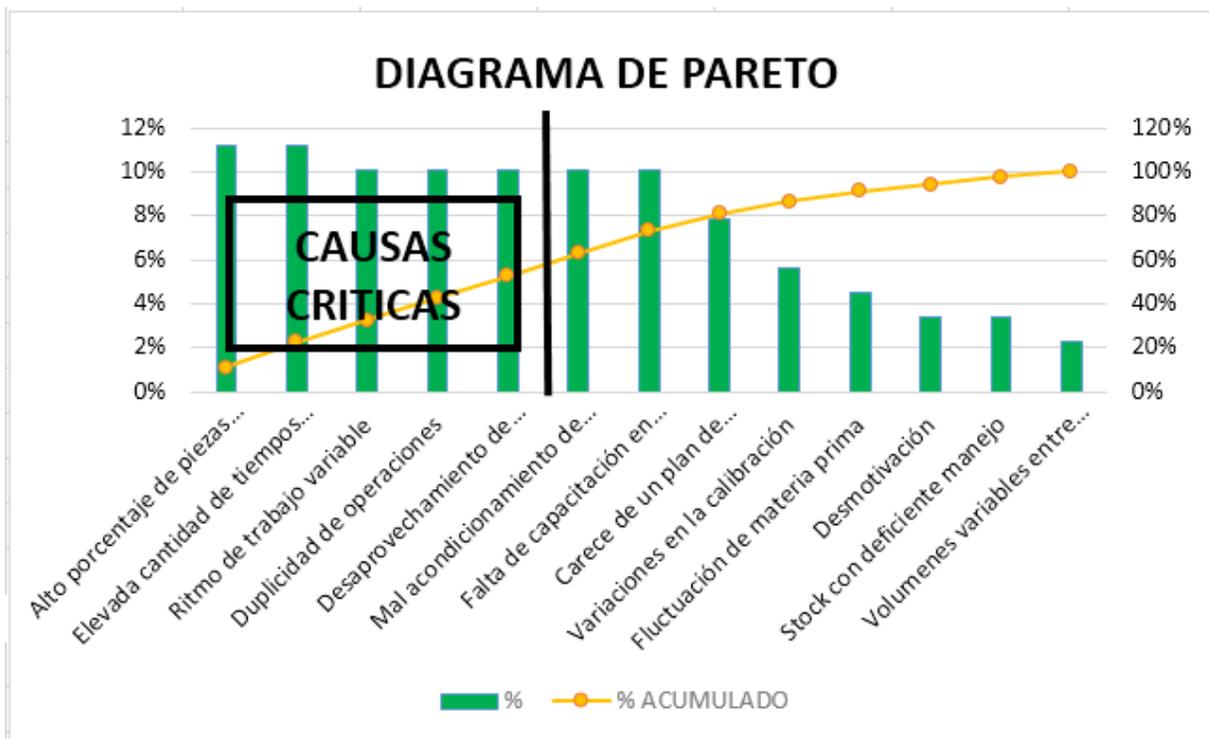
De igual modo, se analizó cada una de las causas más relevantes que contribuían a la baja productividad en la línea productiva de Casting, representados en una tabla de frecuencias y un diagrama Pareto.

**Tabla 1.** Tabla de frecuencia de las principales causas de la baja productividad en el proceso productivo de Casting

N°	CAUSAS	PUNTAJE	%	% ACUMULADO	CLASE
1	Alto porcentaje de piezas rechazadas	10	11%	11%	A
2	Elevada cantidad de tiempos y desplazamientos improductivos	10	11%	22%	
3	Ritmo de trabajo variable	9	10%	33%	
4	Duplicidad de operaciones	9	10%	43%	
5	Desaprovechamiento de espacios	9	10%	53%	
6	Mal acondicionamiento de algunas áreas	9	10%	63%	
7	Falta de capacitación en nuevos métodos de trabajo	9	10%	73%	
8	Carece de un plan de mantenimiento preventivo	7	8%	81%	B
9	Variaciones en la calibración	5	6%	87%	
10	Fluctuación de materia prima	4	4%	91%	
11	Desmotivación	3	3%	94%	C
12	Stock con deficiente manejo	3	3%	98%	
13	Volumenes variables entre lotes de producción	2	2%	100%	

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 3.** Diagrama Pareto de los principales problemas de la baja productividad en el proceso productivo de Casting



**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede apreciar en el grafico 2, las causas críticas que influyen en la disminución de productividad del proceso productivo de casting son: el alto porcentaje de piezas rechazadas, elevada cantidad de tiempos y desplazamientos improductivos, ritmo de trabajo variable, Duplicidad de operaciones, desaprovechamiento de espacios y el mal acondicionamiento de algunas áreas.

Por las razones previamente mencionadas, es de vital importancia la implementación del ciclo de mejora continua que certifique una mejora de la productividad en la línea productiva de Casting. Al considerarse como una metodología imprescindible y necesaria al momento de generar o buscar una mejora considerable en la productividad y calidad de los procesos productivos de Arin S.A, dando como resultado un avance de la empresa hacia nuevos y mayores mercados.

De acuerdo con Camisón y otros (2007), el ciclo de mejora continua o PHVA es una metodología básica y elemental que mejora la calidad y productividad de todo proceso. Y su implementación posee un efecto beneficioso para una adecuada y eficiente gestión de procesos y recursos de cualquier tipo de compañía. El cual orienta a los procesos productivos a mejorar, buscar y optimizar la calidad y la productividad de forma continua en una empresa (Mejía, 2006).

El presente proyecto de investigación busca la solución y mejora de los factores que actualmente afectan a la empresa, los cuales se traducen en un escaso logro y establecimiento de objetivos con respecto a la productividad y calidad. Así como, generar un interés en la mejora continua de todos los procesos productivos de Arin S.A.

## **Trabajos previos**

### **A nivel nacional**

OCROSPOMA Solís, Isac. “Aplicación del ciclo Deming para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Tecnipack S.A.C, Ate-2017”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú, 2017. 167pp. La presente tesis tuvo como objetivo principal incrementar la productividad de la empresa en estudio.

Para ello, realizo un estudio de la problemática de la empresa mediante herramientas como el diagrama causa-efecto y el diagrama de Pareto. Estas herramientas le permitieron identificar el problema principal y determinar acciones de mejora que le permita incrementar la productividad.

Dentro de la propuesta de mejora se realizó la implementación de un plan anual de mantenimiento correctivo, un manual de procedimiento y las 5 S. Los cuales le permitieron incrementar la productividad de 35.57% a 74.37%, la eficiencia de 61.80% a 91.70% y la eficacia de 61.83% a 89.37%.

El trabajo en mención, favoreció a la aplicación de las herramientas de identificación del problema y en la ejecución de la metodología del ciclo PHVA.

ROSAS Jiménez, Dipson. “Implementación del ciclo Deming para incrementar la productividad en el área de picking de la empresa corporación Lindley”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú, 2017. 171pp. La presente tesis tuvo como objetivo principal disminuir los tiempos de preparación de pedidos de la empresa en estudio.

Para el desarrollo, se propuso la implementación de herramientas como las 5S, el rediseño de un Layout y la aplicación de un software que facilite y optimice el desarrollo de los procesos. Todo ello logrando una sinergia, gracias al ciclo Deming, que le permite la utilización de diversas herramientas y técnicas de forma sistemática. Logrando un aumento de la productividad de 0.67 a 0.85, representando un incremento del 27%.

Este proyecto apporto en el rediseño del lay-out de la empresa en estudio, Optimizando la distribución de máquinas y puestos de trabajo que permitan lograr una mayor fluidez en el

proceso productivo mediante la aplicación de herramientas como el diagrama de relación de actividades y el diagrama de recorrido.

Este proyecto aportó en la aplicación del estudio de métodos y tiempos. Detectando aquellas actividades pertenecientes al proceso productivo que no generaban valor agregado mediante herramientas como el diagrama de análisis de procesos, el diagrama de recorrido y la toma de tiempos.

ALVAREZ Huarca, Omar. “Aplicación del estudio de métodos para mejorar la productividad en el proceso de la línea de confección de ropa en la empresa Creaciones Kevin de S.A., La Victoria 2017. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú, 2017. 174 pp. La presente tuvo como objetivo mejorar la capacidad productiva de la empresa en estudio.

Para ello, el desarrollo se basó en la aplicación de estudio de trabajo sobre el proceso de confección de polos

Concluyendo que mediante la aplicación de estudio de trabajo se pudo reducir procedimientos monótonos, optimizar los tiempos de producción, reducir los porcentajes de errores en la confección, entre otras. Dando como resultado un incremento de la eficacia de 87% a 98%, la eficiencia de 85% a 97% y la productividad de 73.94% a 95.06% después de aplicado las acciones de mejora.

Este proyecto aportó en la aplicación de estudio de métodos y tiempos, Detectando aquellas actividades que no generan valor agregado, eliminando procedimientos repetitivos mediante la aplicación de herramientas como el diagrama de operaciones, el diagrama de análisis del proceso y la toma de tiempos.

REYES Lozano, Marlon. “Implementación del ciclo de mejora continua Deming para incrementar la productividad de la empresa calzados León en el año 2015”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo–Perú, 2015. 148pp. La tesis mencionada tiene como finalidad incrementar la productividad de la empresa en estudio basado en la implementación del ciclo Deming.

Para el desarrollo y ejecución del proyecto se analizó y describió la realidad problemática, para posteriormente determinar los indicadores y herramientas de gestión de la calidad que logren alcanzar el objetivo del proyecto. La mejora se ejecutó en el proceso productivo de la empresa de calzados y tuvo la implementación de herramientas como las 5S, BPM, Capacitaciones, entre otras.

Finalmente, gracias a las acciones de mejora implementadas se logró obtener un aumento de 25% y un 4% en la productividad de la fuerza laboral y la materia prima respectivamente. Dichos resultados reflejaron una relación costo beneficio de 2.41.

El trabajo en mención apporto en la aplicación del ciclo PHVA. Aplicando las acciones pertinentes de cada fase basadas en el uso de los 7 pasos del mejoramiento continuo y la aplicación del diagrama Ishikawa y Pareto para detectar el problema raíz y las causas que influyen en su aparición.

ARANA Ramírez, Luis. “Mejora de productividad en el área de producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad de San Martín de Porres. Lima – Perú, 2015. 266pp. La tesis citada tiene como objetivo la mejora de los procesos productivos de la empresa en estudio para lograr una mayor competitividad y ofrecer mejores productos.

Para ello, el desarrollo se basó en el estudio de maquinarias y de los procesos. Para ello, se tomó como base el Ciclo de mejora continua y una serie de herramientas y estrategias como 5S, QFD, tormenta de ideas, Taguchi, Cuadros de control de calidad, Estudio de tiempos, entre otras. Así mismo, según lo analizado se necesitó la inversión en maquinaria.

Concluyendo que a causa de la implementación del ciclo PHVA, se pudo reducir los tiempos de fabricación, mejorando los procesos y obteniendo productos de calidad, además de incrementar las ventas. Logrando mejorar la productividad en un 1, 01% en el área, consiguiendo una eficiencia total de 73.75% y un ahorro estimado mensual de S/. 10 000.00.

El trabajo en mención, favoreció en la aplicación de estudio de tiempos y métodos que evidencio aquellos factores improductivos dentro del proceso productivo. Además, se realizó

las acciones de mejora correspondientes en cada fase del ciclo PHVA que lograron incrementar la productividad.

### **A nivel internacional**

ANDRADE Merrill, Paul. “Propuesta de un sistema de gestión orientado a la mejora continua de los procesos de producción de la empresa pesquera Centromar S.A”. Tesis (Magister Administración de empresas). Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador, 2017. 110pp. La tesis citada tuvo como objetivo implementar un sistema de gestión de mejora continua para mejorar los procesos productivos.

Para ello, realizo un conjunto de procedimientos y metodologías como: la conformación de equipos de trabajo, diseño de mejoras en los procesos productivos y la evaluación de indicadores basados en la mejora continua. Logrando un ahorro en los costos de producción y mantenimiento de \$ 23,619.79 a 32,209.65 y de 11,534.34 a 4,505.4 respectivamente, y una relación beneficio/costo de 2.37.

De la presente tesis se puede destacar la implementación de herramientas de ingeniería como: el diagrama Ishikawa, Pareto entre otros. Identificando las acciones de mejora que den solución al problema principal mediante la optimización de los recursos de la empresa.

IBAÑEZ Niklitschek, Christopher. “Diseño de propuestas de mejora para el área de producción en la empresa Puerto de Humos S.A”. Tesis (Ingeniería Civil - Industrial). Universidad Austral de Chile. Puerto Montt – Chile, 2016. 111pp. La tesis citada tiene como objetivo principal el diseño de propuestas de mejora para el área de producción.

Dicha finalidad se basa en la necesidad de hallar nuevas mejoras en los procesos productivos de la empresa, para ello se realizó el uso de herramientas apoyadas en la metodología y técnicas de mejora continua. Entre las herramientas utilizadas tenemos las 5S, estudio del trabajo y manufactura esbelta. Concluyéndose en una serie de estrategias que permiten mejorar diversos escenarios negativos e improductivos dentro de los procesos de la empresa.

El trabajo en mención, favoreció en la aplicación de estudio de tiempos y métodos que evidencio aquellos factores y tiempos improductivos dentro del proceso productivo.

PEREZ, Ramos y DE LAVALLE, Karent. “Mejoras de la productividad en el área de producción de la empresa Carto Centro, C.A. empleando herramientas básicas de calidad”. Tesis (Ingeniería Industrial). Universidad Central de Venezuela. Maracay – Venezuela, 2014. 194pp. Los autores de la presente tesis buscaron mejorar la productividad de la producción mediante el uso de metodologías orientadas a la calidad.

Dichas metodologías se basaron en la recolección y estudio de la situación problemática actual dentro del proceso productivo de la empresa, entre otros. Logrando concluir que dentro del proceso productivo de la empresa existen cuatro factores claves que mejoran la productividad: Establecimiento de equipos y métodos de trabajo, la reestructuración organizativa y de recursos de la empresa y la capacitación constante a los colaboradores. Obteniendo una rentabilidad del 79.27% y una relación beneficio/costo de 17.93.

De la presente se puede destacar la implementación de herramientas básicas de calidad como: el diagrama Ishikawa, Pareto entre otros. Identificando las acciones de mejora que den solución al problema principal mediante la optimización de los recursos de la empresa.

ALZATE Guzmán y SANCHEZ Castaño. “Estudio de métodos y tiempos de la línea productiva de calzado tipo clásico para dama en la empresa de calzado Caprichosa para para definir un nuevo método de producción y determina el tiempo estándar de fabricación”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira – Colombia, 2013. 186pp. La presente tesis tiene como objetivo establecer nuevos métodos para la fabricación de calzados.

Para ello, se realizó mediciones, análisis y evaluaciones más destacados con base en la producción, para de esta manera identificar el nuevo método de fabricación. De acuerdo con las conclusiones descritas por el investigador la implementación de estudio de trabajo logro: identificar la sucesión de actividades y métodos más adecuados para la fabricación de calzados, se determinó el tiempo estándar del proceso productivo y logro establecer propuestas de mejora en distintas áreas de trabajo.

Con respecto a este antecedente, es necesario destacar como el autor de la presente determina el problema raíz y sus causas más relevantes. Para posteriormente plantear e implementar las acciones de mejora más acorde a las causas encontradas. Implementando nuevos métodos que reduzcan los tiempos de ejecución de las actividades y mejoren la capacidad productiva de la empresa.

SANCHEZ Racines, Sergio. “Aplicación de las 7 herramientas de la calidad a través del ciclo de mejora continua de Deming en la sección de hilandería en la fábrica pasamanería S.A”. Tesis (Ingeniería Industrial). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador, 2013. 96pp. La tesis citada tiene como finalidad mejorar la calidad y productividad de la empresa en la sección de hilandería.

Para ello el autor de la presente se basó en la aplicación de las 7 herramientas básicas de mejora de la calidad con el apoyo de la metodología del ciclo de mejora continua. Logrando desplegar dicha metodología en las áreas de recursos humanos, administración y marketing. Determinando que el ciclo Deming incrementa la calidad y mejora la productividad.

Con respecto al presente antecedente, el desarrollo de la implementación del ciclo PHVA. Desarrollando cada etapa respaldado de la aplicación de las 7 herramientas básicas de calidad. Permitiendo utilizar determinadas herramientas y acciones de mejora en las diversas etapas que contempla el ciclo de mejora.

LOPEZ Salazar, Edwin. “Análisis y propuesta de mejoramiento de la producción en la empresa Vitefama”. Tesis (Ingeniería Industrial). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Cuenca – Ecuador, 2013. 115pp. En la presente tesis, el autor tiene como objetivo mejorar la productividad del proceso productivo de fabricación de muebles en la empresa.

Para ello, empleo una serie de herramientas enfocadas en el estudio de métodos de trabajos y tiempos que le permitiesen analizar e identificar los posibles problemas, así como, oportunidades de mejora. Entre las herramientas que utilizo están diagramas de flujo, diagrama de operaciones, toma de tiempos, entre otros.

El autor de la presente concluyó que la implementación del estudio de trabajo logro incrementar el margen de utilidad en un 2% y 4% para las mesas y sillas por cada mueble producido por la empresa.

Respecto a la tesis mencionada, cabe destacar la aplicación del estudio de métodos y tiempos sobre el proceso a mejorar, eliminados movimientos innecesarios, disminuyendo tiempos muertos e implementando nuevos métodos de trabajo y un mejor control sobre las operaciones ejecutadas.

## **Teorías relacionadas el tema**

### **Ciclo PHVA (Variable Independiente)**

El ciclo de mejora continua o PHVA, es un proceso cíclico compuesto de cuatro fases vitales, que, implementados y desarrollados de forma sistemática, busca la mejora continua de los procesos de una organización. Orientado a la solución y mejora de problemas mediante una constante participación y retroalimentación (Singh, 1997).

De acuerdo con García (2016), el ciclo PHVA es la metodología más utilizada a la hora de implementar un proceso de gestión y/o un sistema de mejora continua en una organización. Su objetivo primordial es la autoevaluación, destacando los aspectos positivos a fin de mantener, mejorar los aspectos negativos en los que se deberá enfocar y actuar.

Según Escalante (2014), el ciclo PHVA es un conjunto de acciones, actividades y procedimientos que se desenvuelven en una gran diversidad de contextos, con el propósito de mejorar y/o solucionar aspectos de forma sistemática, lógica y racional (p.30). Así mismo, Gutiérrez (2010), menciona que el ciclo PHVA es un ciclo que dentro de una organización está en continuo movimiento. Estando estrechamente ligado a la planificación, implementación, verificación y mejora constante tanto de procesos como productos.

Dentro de este contexto, García, Quispe y Ruez (2003), explican que los procesos raramente suceden en forma separada, puesto que la salida de un proceso conforma la entrada de otros subsecuentes. Por lo cual, el ciclo PHVA permite distinguir con claridad en continuo flujo de tangibles e intangibles entre procesos hasta llegar a su dependencia. Pudiendo ser aplicado en cada proceso sin afectar la intervención de clientes internos y/o externos (p. 92).

Finalmente, García (2003), realiza la importancia de establecer un sistema de mejora continua que este visiblemente orientado a los procesos productivos. Pues, el éxito y liderazgo de las empresas se lograrán en la medida que se tenga la capacidad y habilidad para mantener la excelencia y constante desarrollo de sus procesos productivos, continuamente encaminados a

la satisfacción del cliente (p. 94). Generando a lo largo de todo el proceso cíclico una constante retroalimentación y mejora (Masaaki, 1998).

## **Mejora Continua**

Autores como Kabboul (1994), definen a la mejora continua como un proceso sistemático, viable y accesible de transformación al que todas y cada una de las organizaciones tienen la oportunidad de aplicar para reducir la brecha tecnológica y avanzar hacia mayores y nuevos mercados.

Así mismo, Gutiérrez (2010), expresa su entendimiento de la mejora continua como una cadena sistemática y coherente de gestionar y optimizar los procesos de una organización. Determinando los posibles aspectos a solucionar, para tomar nuevas posturas que permitan normalizar los resultados positivos obtenidos para examinar y planear nuevos y mejores niveles de desempeño.

Para Deming (1982), nos recalca que el mejoramiento continuo es un proceso constante en el cual se busca lograr esa perfección, es por ello que la mejora continua describe a la perfección la esencia de la calidad y evidencia lo que las organizaciones precisan hacer si buscan ser competitivas y altamente productivas a lo largo del tiempo.

García, Quispe y Ruez (2003), define al proceso de mejora continua como un mecanismo, efectivo, rentable y accesible al que toda organización tiene la oportunidad de implementar con el objetivo de disminuir una brecha corporativa que la tecnología ha generado entre las empresas de países desarrollados y las empresas de países en vías de desarrollo.

Finalmente, la NTP-ISO 9000:2001, menciona al proceso de mejora continua como una actividad recurrente a la hora de buscar incrementar la capacidad de una organización para cumplir con las necesidades fijadas, generalmente implícitas u obligatorias.

Tomando como base las definiciones previas, podemos decir que la mejora continua representa modificar una actividad o proceso para volverlo más eficiente, versátil y efectivo. Tomando en cuenta que dicha mejora continua debe ser económica y rentable. Además, esta

mejora debe dar pase a futuras posibles mejoras y garantice un mejor aprovechamiento de los recursos logrados.

### **Objetivos de la Mejora Continua**

Según Castillo (1998), la mejora continua engloba una serie de aspectos primordiales que integrados de manera progresiva y armoniosa se lograra poseer una serie de características que permitan convertir a la empresa en una competidora de excelencia.

Este proceso de mejoramiento continuo es una actividad muy demandada para mejorar la calidad y productividad que, además, genera y promueve una serie de aspectos, valores, actitudes y objetivos organizaciones esenciales para conducir a una organización a un poder organizacional competitivo a largo plazo (Deming, 1993). Entre los objetivos primordiales y más importantes del mejoramiento continuo tenemos:

**Satisfacer a los clientes y consumidores**, mediante la entrega de bienes de alta calidad. El lograr unos altos niveles de satisfacción y de manera constante incrementa la lealtad de los consumidores, los cuales se reflejan en los altos niveles de rentabilidad (Castillo, 1998, p. 43). Esta mejora continua además de mejorar la productividad y la calidad tiene como finalidad promover un espíritu competitivo dentro de la organización que a largo plazo se traducirá a menor costos, menor reprocesos y más producción con menos esfuerzo y recursos (Deming, 1982).

Sin embargo, para el logro de estos altos niveles de satisfacción, la empresa debe enfocarse a la reducción de costos, reducir los ciclos productivos y mejorar los niveles de productividad y calidad (Castillo, 1998, p. 43).

El segundo aspecto de gran importancia es el **Generar valor agregado**, reduciendo de manera progresiva y sistemática los niveles de errores y los desperdicios producidos en el ciclo productivo de la empresa (Castillo, 1998, p. 43).

Y finalmente, el tercer aspecto es **Incrementar la eficacia y la eficiencia**, son los objetivos primordiales a alcanzar en todo sistema de mejoramiento continuo. De modo que su desarrollo

dentro de las actividades de la empresa debe ser de forma progresiva, armoniosa e integral (Castillo, 1998, p. 43).

### **Fases del ciclo PHVA**

De acuerdo con Gutiérrez (2010), el ciclo PHVA o de mejora continua está compuesto de cuatro fases consideradas indispensables para su implementación y realización (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), las cuales se definen operativamente a continuación:

**Primera Fase, Planificar:** Consiste en seleccionar un proceso susceptible de mejora, posteriormente se delimitará, evaluará, y definirá la dimensión del problema a resolver. Investigando a su vez cuales son las causas más notables que contribuyen a su existencia y determinando posibles decisiones que puedan contrarrestarlas o neutralizarlas (Gutiérrez, 2013, p. 12).

En la planificación se llevará a cabo las bases para conseguir los objetivos, determinando la situación actual basado en un diagnostico que identifique el problema y su repercusión dentro y/o fuera de la empresa. Para posteriormente establecer objetivos y definir indicadores que nos ayuden a medir los resultados (Vargas y Aldana, 2011, p. 148).

Para ello los colaboradores involucrados realizan un análisis y selección exhaustiva de uno o más metodologías, recursos, tecnologías, etc. Que se adecuen a las necesidades y objetivos del proceso productivo y de la organización. Para luego llevar a cabo la documentación de dicho conjunto de recursos previamente seleccionados para que mediante el análisis de información recolectada se establezca o modifique objetivos. Finalmente se deberá tomar en cuenta la relación costo beneficio de las soluciones, de acuerdo a ello se realizará un plan de acción de mejora (Krajeswski, Ritzman y Malhotra, 2013, p.163).

**Segunda Fase, Hacer:** Para Gutiérrez (2010), es la correcta ejecución de los recursos, métodos y tecnologías. Así como también la implementación de sistemas de control y recolección de información planificadas anteriormente (Krajeswski, 2013, p.87). Mientras que

para Camisón, Cruz y González (2006), es la implementación de todo el plan diseñado, en el cual las medidas determinadas se complementen y se provea el conocimiento y la información adecuada a cada uno de los colaboradores involucrados.

Así mismo, se debe preparar las acciones pertinentes a la superación de problemas y/o irregularidades que entorpezcan o incumplan con los objetivos o expectativas que se tiene con respecto al proceso (Krajeswski, 2013, p.87). Dicha superación se debe considerar por concluido cuando se suprima el problema o irregularidad. De igual forma, la solución debe acaparar la dimensión de la problemática en su posible totalidad, ser rentable y con un periodo de implementación sensato (Summer, 2006).

**Tercera Fase, Verificar:** Según Gutiérrez (2008), consiste en la evaluación de la efectividad de los procesos productivos mejorados, controlando los resultados y desviaciones en base a indicadores que reflejen lo que se busca lograr y ponderando las acciones ejecutadas para una futura toma de decisiones.

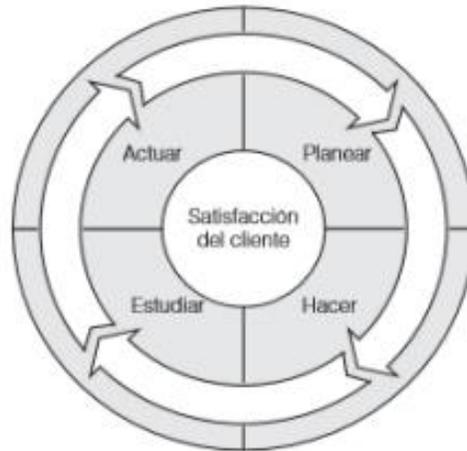
En esta fase es importante analizar que todas las acciones aplicadas están en orden y resulte tal cual se preveo (Krajeswski, 2013, p.87). Es esa razón, es de vital importancia analizar y estudiar la repercusión y alcance de los resultados, identificando si se han alcanzado lo deseado, documentando las variaciones y revisando los problemas o errores que hayan surgido durante el desarrollo del proceso (Summer, 2006).

Esto logrará que las acciones correctivas o de mejora implementadas se puedan mostrar y evidenciar para luego efectuar una relación comparativa eficaz entre el antes y después de las acciones implementadas (Gutiérrez, 2010). Es por ello, que Gutiérrez (2008), recalca que la retroalimentación efectiva es de vital importancia para evitar la repetición de defectos.

**Cuarta Fase, Actuar:** Finalmente, esta fase radica en la toma de medidas que permitan acoger las acciones emprendidas, abandonar o reiniciar el proceso cíclico. En el caso las acciones den los resultados esperados y se adopte, debe asegurarse y normalizarse mediante una documentación adecuada que logre su estandarización. Describiendo lo aprendido y como se ha ejecutado y desarrollado a lo largo del proceso (Gutiérrez, 2008).

Y si en el caso, al finalizar este proceso cíclico, las acciones correctivas o de mejora no cubrieron con las expectativas o no resultaron. Se deberá replantear todo lo desarrollado anteriormente, identificando y evidenciando los problemas que persisten, para posteriormente examinar nuevas estrategias que logren resolverlos, contrarrestarlos o eliminarlos (Gutiérrez, 2010).

**Figura 2.** Ciclo PHVA



**Fuente:** Summer (2006)

### **La metodología de los 7 pasos de Deming para alcanzar la mejora continua**

La finalidad del proceso de mejora de la calidad basado en los 7 pasos de Deming es establecer y gestionar las actividades requeridas y necesarias para llevar a cabo las acciones de mejoras exitosamente (Demetrio, 2007).

Entre los objetivos a lograr están: Identificar y analizar todo aquello de debe y necesite ser medido y mejorado, Comprender las variables a medir y la razón de su implementación en un sistema o proceso, Monitorear y alinear continuamente los resultados obtenidos y requeridos por la empresa buscando que se cumplan con los requerimientos esperados (Giraldo, 2015).

Cada uno de los pasos del proceso de mejora continua está perfilado a apoyar y percibir de una manera más simple todo lo que sucede dentro de una empresa. Esta serie sistemática de pasos, en conjunto, son la fuerza detrás de la mejora continua de una empresa (Giraldo, 2015).

**Primer paso, Identificar y determinar el problema a estudiar:** Este paso inicial tiene el objetivo de identificar, definir y describir la realidad actual de cómo se desarrolla las actividades dentro de una empresa. Dicho estudio nos permitirá tener una base de información objetiva que sirva de apoyo y respalde la identificación del problema y sus causas más relevantes sin afectar las políticas organizacionales de la empresa como: la misión, visión y valores (Demetrio, 2007).

**Segundo paso, descifrar el problema y establecer estrategias de mejora:** Para ello es sumamente necesario analizar y comprender de manera clara tipo de problema, su impacto y sus causas. Exhibiendo al problema en la magnitud verdadera en la que se desarrolla dentro de la empresa con el objetivo de estudiar en qué condiciones su comportamiento varío y si afecta en una determinada parte de la empresa o en toda. Para de baso a los conocimientos obtenidos establecer las estrategias de mejora más acordes y factibles (Demetrio, 2007).

**Tercer paso, llevar a cabo un cronograma de implementación de la acción de la mejora:** Dicho paso nos permite establecer y conocer dentro de cuánto tiempo de llevará a cabo las acciones de mejora. Es necesario entender que la medición de todas las actividades forma parte de la gestión de la mejora continua (Demetrio, 2007).

**Cuarto paso, estudiar y analizar las causas que incitan el problema y sus dimensiones:** El propósito en este paso es analizar de manera estructurada las causas que originan el problema, es por ello que herramientas como el diagrama Ishikawa permite estudiar el nivel de criticidad de las causas del problema (Bonilla, 2010).

**Quinto paso, Determinar, escoger y esquematizar las posibles estrategias y acciones de mejora:** Este paso consiste en evaluar las causas más relevantes que originan el problema dentro de un o una serie de actividades. Para posteriormente, con la información obtenida, tener una visión global del problema y de la realidad problemática de la empresa al momento de escoger y determinar las posibles acciones o estrategias de mejora (Demetrio, 2007).

**Sexto paso, Implementar y analizar los resultados alcanzados:** Es uno de los pasos más cruciales debido a que se dará la implementación de todo lo planteado anteriormente de manera eficaz. Para posteriormente, analizar los resultados alcanzados y realizar un análisis comparativo entre la situación inicial y después de lo implementado. Generando a lo largo del

proceso de implementación una retroalimentación adecuada que permita generar nuevos conocimientos y estrategias a fin de gestionar dichos problemas presentados (Demetrio, 2007).

**Séptimo paso, Estandarizar y controlar las nuevas actividades:** Finalmente, en este paso se buscará definir la mejor estrategia o acción de mejora que pueda mantenerse durante un determinado tiempo. Exponiendo los resultados y generando conocimiento a todos los involucrados, que busquen generar nuevas ideas en la búsqueda de nuevas y mejores oportunidades de mejora (Bonilla, y otros, 2010).

### **Herramientas del Ciclo PHVA**

De acuerdo con autores como Evans y Lindsay (2008), mencionan que el Ciclo de mejora continua o Ciclo PHVA posee un enfoque creativo, dinámico y versátil. Permitiendo la integración de diferentes y diversas herramientas para su desarrollo, por lo cual resulta fácil y práctico de implementar y entender, pues están diseñadas para la comprensión de los colaboradores pertenecientes a los diversos niveles organizacionales (Evans y Lindsay, 2008, p. 663).

**Gráfico de Pareto:** Es una herramienta gráfica que tiene como objetivo identificar los problemas y sus causas, desde la menos hasta la más relevante, que contribuyen a una situación determinada dentro de un proceso (Christensen, 2013, p. 23).

Dicho diagrama o gráfico se basa en que el 80% de los efectos o resultados está en manos del 20% de las posibles causas u orígenes (Summer, 2006, p. 244).

**Diagrama Causa-efecto:** También conocido como diagrama Ishikawa, en memoria de su creador, es una herramienta que tiene como finalidad identificar el problema general, determinando y estratificando las posibles causas que lo originan (Escalante, 2014).

Logrando evidenciar y desglosar los orígenes del problema estratificados estratégicamente en seis aspectos: Materia Prima, Mano de Obra, Maquinaria, Método de trabajo, Medición y Medio ambiente (Bonilla y otros, 2010).

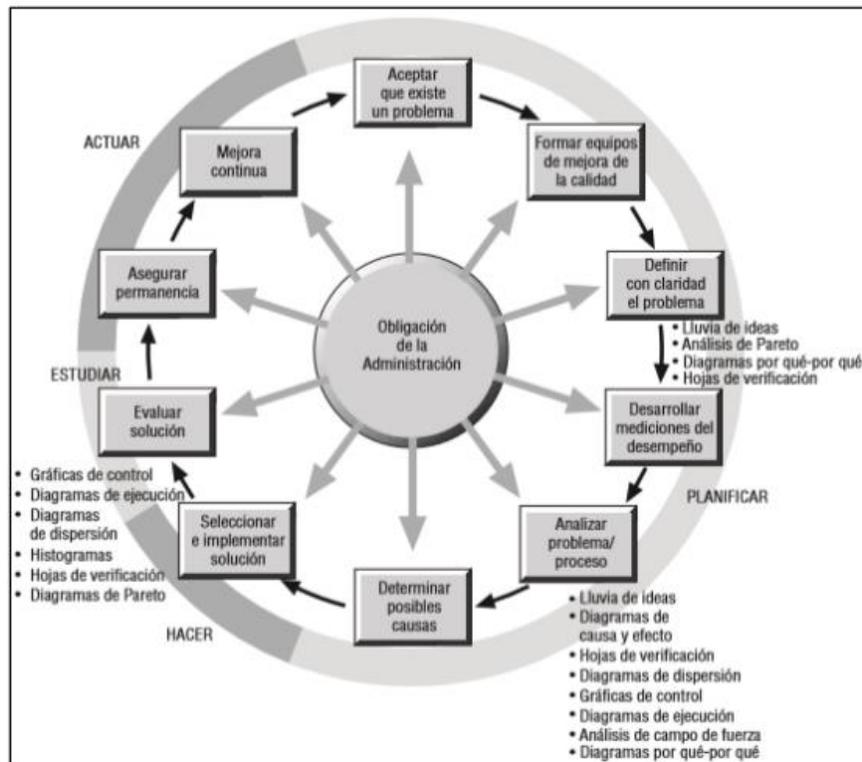
**Hoja de verificación:** Según Escalante (2006), las hojas de verificación son herramientas basadas en formatos para recopilar y analizar información de un proceso de manera estructurada. Dicha estructura permite definir el problema, describiendo las causas y sirviendo como base para otras herramientas de control como el Diagrama de Pareto (Bonilla y otros, 2010).

**Diagrama de flujo:** De acuerdo con Christensen (2013), el diagrama de flujo es una herramienta grafica que expone la secuencialidad de operaciones dentro de un proceso, con la finalidad de mostrar detalladamente cada acción que comprende, sus parámetros, puntos críticos, problemas, entre otros.

**Hojas de recolección de datos:** Para Miranda y otros (2007), son herramientas o formatos cuya finalidad es poseer un registro de las operaciones presentes en la búsqueda de mejoras o soluciones, sirviendo, a su vez, para el desarrollo de histogramas.

**Histogramas:** Según autores como Bonilla y otros (2010), lo definen como un diagrama de barras cuya finalidad es exponer la tendencia que tienen los datos de una variable en específico. Permitted determinar la capacidad de un proceso analizando las variaciones de los parámetros propios del proceso, y ayudando a interpretar los problemas para analizarlos fácilmente mediante resultados concretos (Miranda y otros, 2007).

**Figura 3.** Las herramientas del ciclo PHVA según sus fases



**Fuente:** Evans y Lindsay (2008)

### La productividad (Variable dependiente)

Según Laos (1993), señala que la productividad es la relación entre la producción o volumen producido real y el uso real de factores o insumos que sirvieron para su elaboración.

Drucker (1990), define a la productividad como el punto de equilibrio en el cual todos los componentes de la producción que se emplean generan el más elevado volumen de bienes.

Mientras que para Lauzel (1999), la productividad es un indicador que manifiesta de qué manera los recursos utilizados para la producción de productos y/o servicios están siendo aprovechados adecuadamente.

Tomando como base las definiciones previamente mencionadas podemos decir que la productividad es la actitud organizacional que busca e intenta lograr el máximo aprovechamiento de los recursos empleados para producir la máxima cantidad de bienes.

## Importancia de la productividad

Según Felsing y Runza (2002), actualmente muchas empresas que buscan alcanzar una competencia internacional son conscientes acerca de su productividad y están constantemente y con gran interés en mejorar dicho indicador.

Este interés se orienta en tres importantes aspectos: **Aspecto tecnológico**, en el cual el enfoque está orientado en la búsqueda de mayores y/o mejores equipamientos y procesos tecnológicos; **Aspecto administrativo**, el cual está encaminado a identificar y definir estrategias administrativas dentro de las estructuras o procesos de una empresa; y el **Aspecto conductual**, el cual se orienta a la mano de obra, buscando estrategias que aumenten su desempeño dentro de su trabajo y que estén alineados con los objetivos de la empresa (Felsing y Runza, 2002).

Así mismo, Cruelles (2013), menciona que la importancia de la productividad radica en la reacción en cadena que se genera dentro de la empresa al mejorarla, traduciéndose este fenómeno en una serie de factores que incrementen el valor agregado del producto y se obtenga una larga lista de beneficios y ahorros para las empresas.

En el caso de la presente investigación, nos enfocaremos primordialmente el aspecto Administrativo y conductual para lograr cada uno de nuestros objetivos planteados. Debido a que la empresa posee un aspecto tecnológico bastante desarrollado dentro del proceso productivo.

**Figura 4.** Trascendencia de la productividad en las organizaciones



**Fuente:** Ocrospoma (2017)

## **Importancia de los indicadores de la productividad**

De acuerdo con Prescott (1997), quien fue premio nobel en economía en el año 2014, menciona y enfatiza la importancia de la productividad dentro de una empresa como fuente necesaria y vital del crecimiento.

Resaltado lo anteriormente mencionado por Reyes (2010), quien menciona que el comportamiento de la productividad en las empresas pertenecientes afecta en un 80% a la economía de países desarrollados y aproximadamente un 40% en países en vías de desarrollo. Por tal motivo el crecimiento de una empresa y un país radica en la habilidad de incrementar y mejorar la productividad.

Como lo menciona Krugman (1997), la productividad es una capacidad y habilidad que, a largo plazo lo, es todo para una empresa. Esta capacidad y habilidad de una empresa de mejorar su nivel de competitividad en el tiempo depende, exclusivamente, de su habilidad de incrementar los volúmenes de bienes producidos por trabajador. Es por ello, que la importancia de la productividad radica en encontrar medios esenciales que sean determinantes a la hora de medir, analizar y mejorar la productividad. Estos medios son los indicadores

Según el centro europeo de empresas innovadoras (2008), los indicadores de productividad son de suma importancia para cuantificar el desempeño de los procesos productivos de la empresa, así como el valor agregado de sus bienes y, por tanto, son herramientas de diagnóstico que permiten contribuir al plan estratégico y al mejoramiento continuo de toda empresa.

Por las razones previamente mostradas, que la presente investigación se desarrolla y ejecuta en función del establecimiento de indicadores acordes a los objetivos y necesidades de la empresa, siendo el porcentaje de piezas en cera rechazadas, la eficacia y la eficiencia los indicadores que nos permitirán analizar, medir, controlar y finalmente mejorar la productividad del proceso productivo.

**Figura 5.** Características a tomar en cuenta dentro de un proceso productivo



**Fuente:** García, Quispe y Ruez (2003)

### **Eficacia**

Autores como Fernández-Rios y Sánchez (1997), definen a la eficacia como la capacidad administrativa que posee una empresa para alcanzar los objetivos o metas trazadas, incluyendo la eficiencia y componentes.

Dicha capacidad tiene como prioridad enfocar la gestión de los recursos de una organización en el logro de resultados previstos (Quijano, 2006). Aquel logro de resultados impacta en la productividad influenciada por el intercambio de conocimientos y estrategias, así como, el compromiso de los colaboradores o equipos de trabajo.

Cabe recalcar que la eficacia y la eficiencia son complementos que trabajan mutuamente en el desarrollo de las actividades cotidianas de una empresa formando el equilibrio buscado que mejore la productividad.

### **Eficiencia**

Según autores como Fernández (2012), entienden a la eficiencia como el uso adecuado de los medios de producción (recursos) disponibles.

Dicha eficiencia significa para Pérez (2013), el lograr que la productividad sea favorable, alcanzando óptimos resultados productivos con la menor cantidad establecida de recursos.

En otras palabras, es lograr que una empresa sea capaz de tener procesos estables y capaces de obtener la mayor cantidad de bienes con la menor cantidad de recursos sin afectar la calidad (Álvarez, Ibarra, Isturiz y Key, 2011, p.9).

En este aspecto, la norma NTP-ISO 9001:2001, hace un realce de la importancia y la estrecha relación que tiene la constante identificación, implementación, gestión y mejora continua de la eficiencia de los procesos productivos necesarios para lograr una mejora en la productividad de una organización. Teniendo como ventaja que los resultados obtenidos de este enfoque pueden ser trabajados paulatinamente hasta alcanzar con los objetivos de mejora establecidas (García, Quispe y Ruez, 2003, p. 91).

Por otra parte, autores como Celis (2017), menciona que los desperdicios en producción son sumamente significativos al momento de demostrar la eficiencia de la mano de obra, la maquinaria, procedimientos u otros recursos que se llevan a cabo para producir un bien.

Mientras que, Sakthindhasan y Vendan (2010), mencionan que un desperdicio es cualquier medio de producción o recurso que no aporta ningún valor al producto e impide mejorar la productividad y calidad en una organización. Estas pueden hallarse dentro y a lo largo de los procesos, y se manifestaran en la baja productividad, baja calidad, en jornadas laborales y uso de recursos más prolongados y costosos (Sakthindhasan y Vendan, 2010, P. 580).

Así mismo, García, Quispe y Ruez (2003), recalcan que la mayoría de fallos o ineficiencias que conforman los desperdicios y/o despilfarros son desconocidos, pues dentro de los procesos productivos de una empresa son considerados como “normales”, y en muchas ocasiones son ignorados y frecuentemente ocultados. Lo cual impiden buscar soluciones que eviten su repetición y que permitan mejorar la productividad de una organización (p. 91).

Y si bien es cierto, ningún proceso productivo es perfecto, pues siempre habrá actividades que no generen valor agregado. Es de vital importancia comprender la relación y repercusión de los desperdicios dentro de los procesos productivos y la empresa en general, así como su

acertada clasificación y medición para su eliminación o reducción dentro de los ciclos productivos (Freiheit y Gopinath, 2012, p.136).

La relación entre la eficiencia y la productividad se denota en la adecuada y constante gestión y optimización de los recursos de la empresa. Actuando con calidad, sin evadir las fallas o desperfectos en los procesos productivos, y buscando objetivos y resultados positivos (García, Quispe y Ruez, 2003, p. 91).

### **Estudio de métodos**

De acuerdo con Kanawaty (1996), el estudio de métodos es un proceso sistematizado de examinar y evaluar todos los modos existentes y proyectados de ejecutar una o varias actividades con la finalidad de realizar mejoras (p. 70).

Estas mejoras deben llevarse a cabo considerando tres aspectos importantes: las consideraciones económicas, técnicas y humanas; que permitan alcanzar resultados de gran impacto en un periodo relativamente breve de tiempo. Apoyándose a su vez, de herramientas y métodos que optimicen el desarrollo de la misma (Kanawaty, 1996, p.71).

### **Herramientas para el estudio de métodos**

**Diagrama de análisis del proceso**, esta herramienta es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, demoras, inspecciones y almacenajes que se llevan a cabo en un proceso (García, 1998).

**Diagrama de operaciones (DOP)**, es una representación gráfica en el cual se muestran los puntos en los cuales los materiales y subensambles son introducidos en el proceso, así como la secuencia de operaciones y/o inspecciones (Krick, Edward, 2002)

**Diagrama de recorrido**, es una herramienta complementaria al diagrama de análisis del proceso que permite evidenciar los transportes realizados en un proceso dentro de un plano de instalaciones con el objetivo de eliminarlos o reducirlos en cantidad y distancia (Maynard, 1991).

**Diagrama Hombre - Máquina**, es una herramienta grafica que permite relacionar las operaciones del hombre con el funcionamiento de las maquinas que trabajan intermitentemente. Indicando la relación exacta en tiempo del operador como de las maquinas (Addam, Everett, 1991).

**Diagrama bimanual**, también conocido como diagrama de mano izquierdo y mano derecha es un instrumento que representa todos los movimientos y pausas realizadas por las manos en la ejecución de una actividad. Busca reducir y optimizar el uso equilibrado de ambas manos y se suele emplear en operaciones con movimientos altamente repetitivos y de gran volumen (Maynard, 1991).

### **Estudio de tiempos**

Según Kanawaty (1996), es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar y determinar los tiempos y ritmos de trabajo con respecto a la ejecución de una actividad definida, ejecutada bajo condiciones determinadas y herramientas establecidas (p. 273).

Entre las herramientas fundamentales para el estudio de tiempos están: **el cronometro** que permita calcular los tiempos, **un tablero de observaciones** que permita registrar la toma de tiempo y **formularios de estudio de tiempos** que permitan reunir y analizar los datos (Addam, Everett, 1991).

### **Etapas del estudio de tiempos**

De acuerdo con Addam, Everett (1991), una vez elegido el trabajo que se va a analizar, el estudio de tiempos consta de 8 etapas siguientes:

Primera etapa, registrar toda la información concerniente a la tarea, operador y ambiente donde se realiza la operación.

Segunda etapa, Descomponer y registrar la operación en elementos

Tercera etapa, Examinar y verificar el desempeño de los métodos y movimientos. Además, se tiene que determinar el tamaño de la muestra, el cual puede ser determinado mediante una formula científica basado en un método estadístico.

**Figura 6.** Cálculo del tamaño de la muestra

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

siendo:

- $n$  = tamaño de la muestra que deseamos determinar;
- $n'$  = número de observaciones del estudio preliminar;
- $\Sigma$  = suma de los valores;
- $x$  = valor de las observaciones.

**Fuente:** Kanawaty (1996)

Cuarta etapa, Medir y registrar el tiempo invertido por el operario en cada elemento de la operación

Quinta etapa, Determinar simultáneamente la velocidad o ritmo de trabajo con el que el operador desempeña cada elemento de la operación. Para determinar el ritmo del trabajo es necesario comparar acertadamente el ritmo de trabajo observado con el ritmo de trabajo tipo mediante el uso de unas escalas de valoración.

**Figura 7.** Escalas de valoración del ritmo de trabajo

Cuadro 17. Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

Escala				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable	
60-80	75-100	100-133	0-100 (forma binomial)		(m/h)	(km/h)
0	0	0	0	Actividad nula		
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	2	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	3	4,8
80	100	133	100 <b>(Ritmo tipo)</b>	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	4	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio	5	8,0
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos períodos; actuación de «virtuosos», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes	6	9,6

**Fuente:** Kanawaty (1996)

Sexta etapa, Convertir los tiempos observados a tiempos normales o básicos

**Figura 8.** Formula de tiempo básico o normal

Tiempo básico es el que se tarda en efectuar un elemento de trabajo al ritmo tipo, o sea:

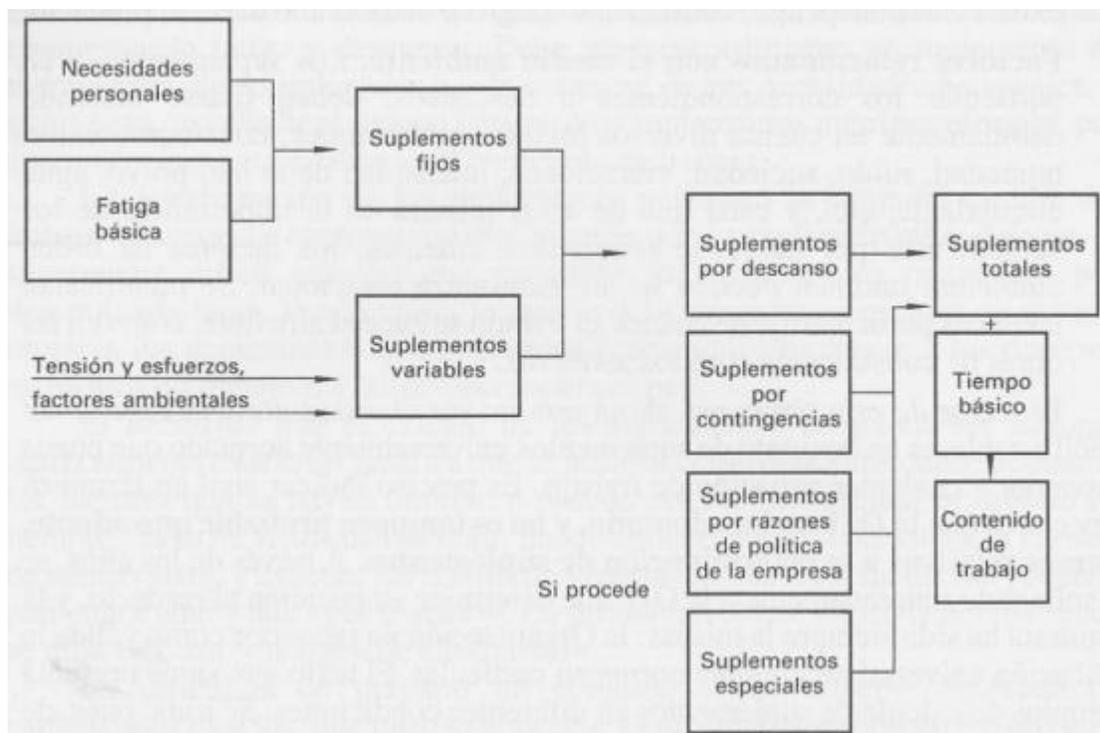
$$\frac{\text{Tiempo observado} \times \text{Valor del ritmo observado}}{\text{Valor del ritmo tipo}}$$

Conversión es el cálculo del tiempo básico a partir del tiempo observado.

**Fuente:** Kanawaty (1996)

Séptima etapa, Determinar los suplementos acordes a la operación analizada

**Figura 9.** Tipos de suplementos dentro de una operación



**Fuente:** Kanawaty (1996)

Octava etapa, Determinar el tiempo estándar de los elementos de la operación

$$\textit{Tiempo Estandar} = \textit{Tiempo normal} * (1 + \textit{Suplementos})$$

### **Proceso productivo de Casting**

#### **a) Anillo**

Es un accesorio de joyería, en forma de circunferencia, en particular de metal o algún otro material que se lleva en el dedo de la mano como adorno o símbolo de un estado o cargo (Real Academia Española).

#### **b) Dije**

Es una alhaja o joya de metal o piedras preciosas que cuelga de una cadena o pulsera (Real Academia Española).

#### **c) Vulcanizado**

El proceso consiste en endurecer el caucho para formar un molde con las características de la pieza original que se desea fabricar, para ello se tiene que llevar a cabo una serie de actividades: primero se cortan dos piezas de caucho para luego sobreponer los cauchos en la pieza original, poner el caucho dentro de la matriz de aluminio, colocarlo en la maquina vulcanizadora para calentar el caucho hasta hacerlo compacto, dejar enfriar el caucho, cortarlo por la mitad y finalmente inspeccionar el molde de caucho (Zeballos y Medina, 2017, p. 60).

#### **d) Inyectado de cera**

Este proceso consiste en introducir cera fundida en un molde de caucho, obteniendo una pieza duplicada de la original, para ello se tiene que llevar a cabo una serie de actividades: digitar en el panel de la maquina inyectora los parámetros a trabajar, colocar el molde sobre la pinza de la maquina inyectora, digitar para dar inicio al proceso, esperar el inyectado de cera, retirar el molde, esperar que enfríe, destapar el molde y finalmente retirar la pieza en cera del molde de caucho (Urbina y Vázquez, 2017, p. 72).

#### **e) Retocado de pieza en cera**

El proceso consta de unir las piezas en cera a un tronco de cera, llamado también árbol de cera, para ello se tiene que llevar a cabo una serie de actividades: aplicar benzina a la pieza en

cera, limpiar la pieza en cera y unir la pieza en cera al tronco de cera con ayuda del caudín a un ángulo de 80 °. (Singh R, Singh S, Hashmi, 2016, p. 4).

#### **f) Preparado del cilindro y ensamble con árbol de cera**

En este proceso se ensambla el árbol de cera con el cilindro, para ello se tiene que llevar a cabo una serie de actividades: Pesar el árbol de cera, introducir el árbol de cera dentro del cilindro, colocar una plástica alrededor del cilindro y sellar el cilindro con cinta de embalaje (Urbina y Vázquez, 2017, p. 72).

#### **g) Revestido del árbol de cera con yeso**

Para ello, el yeso mezclado es vertido al cilindro para luego dejarlo reposar, para ello se tiene que llevar a cabo una serie de actividades: verter sobre la maquina mezcladora de yeso las cantidades establecidas de yeso y agua, esperar hasta conseguir una mezcla homogénea, llenar el cilindro con la mezcla, esperar hasta que el yeso compacte y retirar la plástica del cilindro (Zeballos y Medina, 2017, p. 62).

#### **h) Recocido del árbol de cera**

Este proceso consta de quemar la cera por medio del calor para obtener un molde de yeso donde se inyectará el metal líquido, para ello se tiene que llevar a cabo una serie de actividades: Colocar el cilindro en el interior del horno de recocido y dar inicio al proceso (Urbina y Vázquez, 2017, p. 72).

#### **i) Inyectado de metal**

En este proceso se inyecta el metal líquido dentro del molde de yeso para conseguir un árbol de metal, donde las piezas en metal tengan la misma forma que las piezas en cera (Singh R, Singh S, Hashmi, 2016, p. 7).

#### **j) Retirado de yeso y limpieza**

Posteriormente, el yeso es retirado mediante agua a presión para conseguir tener solamente el árbol con las piezas de metal (Urbina y Vázquez, 2017, p. 72).

### **k) Cortado y acabado de piezas**

En este proceso las piezas de metal se cortan, limpian y se colocan en un tambor giratorio llamado “Tómbola”, el cual les dará un pulido y brillo mediante pines (Urbina y Vázquez, 2017, p. 72).

### **l) Pulido**

Este proceso consta de pulir las piezas de metal mediante una serie de rodillos pulidores y abrillantadores, que le otorgan a la pieza un brillo y acabado esperado (Urbina y Vázquez, 2017, p. 72).

## **Formulación del Problema**

### **Problema General**

¿Cómo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018?

### **Problemas Específicos**

¿Cómo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018?

¿Cómo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia general en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018?

## **Justificación del Problema**

### **Justificación Práctica**

La presente investigación es sumamente importante para el desarrollo del proceso productivo de casting de la empresa Arin S.A. Debido a existe la necesidad de mejorar la productividad, donde se pueda reducir el número de piezas en cera rechazadas e incrementar la eficacia y la eficiencia del proceso productivo. Todo ello, sin afectar la misión, visión y los objetivos de la organización, ya que son el motor que impulsa a la empresa y sus colaboradores a su progreso diario.

Actualmente, el proceso productivo de casting requiere de una serie de estrategias que logren reducir y eliminar deficiencias, así como, mejorar y optimizar los recursos utilizados. Es por ello que el ciclo PHVA nos permitirá realizar una adecuada y eficaz gestión de los recursos y capacidades de la empresa.

Gracias a su metodología basada en la mejora continua nos permitirá planificar, identificando y delimitando los problemas existentes en el proceso productivo para posteriormente planear e implementar posibles acciones correctivas o de mejora. Consecuentemente de la

implementación de dichas acciones de mejora, nos ayudará a evaluar y controlar el desempeño de los procesos productivos de casting mediante indicadores enfocados a la mejora de la productividad. Para finalmente, en base a los resultados obtenidos, adoptar y estandarizar todas las acciones de mejora implementadas a lo largo del proceso de mejora.

### **Justificación Teórica**

La presente investigación se realiza con el propósito de establecer mejoras dentro de un proceso productivo que van desde la reducción del número de material rechazado, hasta el incremento de la eficacia y la eficiencia basados en el ciclo PHVA o de mejora continua. Según Escalante (2014), el ciclo PHVA es un conjunto de acciones, actividades y procedimientos que se desenvuelven en una gran diversidad de contextos, con el propósito de mejorar y/o solucionar aspectos de forma sistemática, lógica y racional (p.30).

Es por esa razón que el ciclo PHVA nos brindara la ayuda sistemática necesaria para generar una búsqueda de la perfección y el éxito de la organización, debido a que dentro del proceso productivo de casting es vital añadir el mayor valor posible al producto y aprovechar al máximo las capacidades y recursos de la empresa.

Dentro del marco de gestión, el ciclo PHVA tiene la capacidad de desenvolverse a lo largo de todos los procesos de la empresa gracias a su metodología versátil basada en la planeación, ejecución, verificación y el mejoramiento continuo.

Dicho mejoramiento continuo nos permitirá mejorar la productividad dentro de los procesos productivos, analizando la realidad problemática actual, evaluando los resultados provenientes de las acciones implementadas y normalizando los cambios adoptados para su permanencia a lo largo del tiempo.

### **Justificación Económica**

La presente investigación es de vital importancia para generar en la empresa una mayor ventaja competitiva y una mayor participación en el mercado nacional e internacional con

relación a sus competencias gracias al ciclo PHVA. Dicho ciclo permitirá a la empresa Arin S.A. tener la capacidad necesaria para responder y satisfacer de manera eficaz, versátil y rápida la constante y creciente demanda de la joyería fina a nivel mundial.

Como se mencionó en el III Congreso Internacional de joyería y orfebrería en el 2016, Perú se encuentra en tercer puesto a nivel latinoamericano de exportación de fina joyería y tiene un gran potencial para el desarrollo y expansión de dicha industria.

Sin embargo, actualmente la empresa está teniendo una gestión deficiente de la productividad dentro de uno de sus procesos productivos, los cuales denotan una serie de falencias que afectan a la eficacia y la eficiencia. Causando un incremento de materiales rechazados, reprocesos entre otros aspectos que general la necesidad de llevar a cabo horas y recursos extras que se convierten en una serie de costos improductivos e innecesarios para la empresa Arin S.A.

Es por ello, que mejorar la productividad de sus procesos productivos significara una mayor capacidad de respuesta frente al incremento constante de la demanda de joyería, permitiendo a su vez enfocar el negocio hacia nuevos y mayores mercados que permitan generar un alto ingreso económico para la empresa.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis General**

La aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

### **Hipótesis Específicas**

La aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

La aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar de qué modo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

### **Objetivos Específicos**

Establecer de qué modo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

Demostrar de qué modo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Tipo y Diseño de la investigación**

### **Tipo de investigación**

#### **a) Aplicada**

La presente investigación es de tipo *aplicada*, debido a que se caracteriza por el requerimiento y uso de teorías existentes que permitan servir de apoyo y base para resolver la realidad problemática del fenómeno en estudio (Valderrama, 2002, p. 39).

Para efecto de la presente se tomarán teorías relacionadas al ciclo PHVA para dar solución al problema de la baja productividad de la línea productiva de Casting de la empresa Arin S.A.

### **Tipo de estudio**

#### **a) Explicativa**

El tipo de estudio de la presente investigación es explicativo, puesto que centra su interés en responder y explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se desarrolla, o la relación de dos o más variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

*La presente se enfocará en responder, explicar y exponer las razones que origina la baja productividad de la línea productiva de Casting, su relación con el ciclo PHVA y bajo qué condiciones el ciclo PHVA afectará positivamente en la eficacia, eficiencia y productividad.*

### **Diseño de investigación**

#### **a) Experimental**

La presente está basada en un diseño de investigación *experimental*, debido a que pretende estudiar el impacto de las acciones de cambio mediante la manipulación de la variable experimental no probada (Kirk, 1995, p. 6).

## **b) Cuasi - experimental**

Siendo de tipo **cuasi-experimental**, debido a que manipula la variable independiente para ver la consecuencia y relación con una o más variables dependientes donde los sujetos de observación no han sido escogidos aleatoriamente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 127).

Para efecto de la presente se utilizará la metodología del ciclo PHVA para analizar su impacto sobre la eficacia, eficiencia y productividad del proceso de Casting antes y después de su implementación.

**GE : 01 02 X 03 04**

X: Tratamiento

O1, O2: Observación previo a la implementación

O3, O4: Observación posterior a la implementación

## **2.2. Operacionalización de variables**

### **Definición conceptual**

#### **Variable Independiente: Ciclo PHVA**

Conjunto de acciones, actividades y procedimientos que se desenvuelven en una gran diversidad de contextos, con el propósito de mejorar y/o solucionar aspectos de forma sistemática, lógica y racional (Escalante, 2014, p.30).

#### **Dimensiones:**

Planear

Hacer

Verificar

Actuar

### **Variable Dependiente: Productividad**

Conjunto de procedimientos, métodos, técnicas o herramientas que permiten la elaboración de productos y/o servicios, gracias a la implementación sistemática de estrategias y medidas que tienen como objetivo primordial incrementar el valor de dichos bienes para poder satisfacer necesidades (Cruelles, 2005, p.215).

#### **Dimensiones:**

Eficiencia

Eficacia

## Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
<b>Variable Independiente</b>  <b>Ciclo PHVA</b>	Es una Metodología sistemática que permite lograr una mejora continua en la productividad y calidad de todos los procesos (Escalante, 2013).	El ciclo PHVA nos permite identificar las actividades con mayores deficiencias dentro de los procesos, y contribuye a la mejora y solución mediante la adaptación de las acciones de mejora a los procesos sus mediante 4 fases:	Planificar	N° Actividades planeadas	Nominal
			Hacer	AI: % Actividades implementadas NAI: N° de Actividades implementadas TAP: Total de actividades planteadas  $\%AI: \frac{NAI}{TAP} \times 100$	Razón
			Verificar	AV: % Actividades verificadas NAV: N° de actividades verificadas TAE: Total de actividades ejecutadas  $\%AV: \frac{NAV}{TAE} \times 100$	Razón
			Actuar	PE: % Procedimientos estandarizados NAE: N° Actividades estandarizadas TAE: Total de actividades ejecutadas  $\%PE: \frac{NAE}{TAE} \times 100$	Razón
<b>Variable Dependiente</b>  <b>Productividad</b>	Es un indicador que manifiesta de qué manera los recursos utilizados para la producción de bienes están siendo aprovechados adecuadamente (Lauzel, 1999).	La productividad es un indicador que nos evidencia la relación existente entre la producción lograda y los recursos empleados para su fabricación en Arin S.A	Eficacia	E: Eficacia PF: Piezas producidas PP: Piezas programadas  $\%E: \frac{PF}{PP} \times 100$	Razón
			Eficiencia	EF: Eficiencia CU: Capacidad utilizada CI: Capacidad instalada  $\%EF: \frac{Ci}{CU} \times 100$	Razón

### **2.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Es el conjunto de individuos u objetos de una misma familia que concuerdan en una lista de especificaciones y/o características determinadas y cuyos elementos se buscan conocer, analizar y/o estudiar dentro de un marco de investigación (Lerma, 2009, p. 72).

Para el ejercicio de la presente investigación, la población está conformada por 50 Órdenes de Producción Diaria del proceso productivo de Casting.

#### **Muestra**

Es un subconjunto representativo de la población de interés, sobre el cual se recopilará la información necesaria que permitan, en base a lo recolectado, efectuar una serie de mediciones y estudio de valores estimados para las variables en estudio (Pineda et al, 1994, p. 108).

La muestra de la presente investigación, se tomará una muestra de 50 Órdenes de Producción Diaria del proceso productivo de Casting. Posteriormente estas órdenes serán analizadas en el estudio pre test y post test.

#### **Muestreo**

El muestreo es la manera de seleccionar una parte representativa de la población, la cual permite evaluar los parámetros y características de la población para la investigación (Valderrama, 2013, p. 188).

En la presente investigación no hay muestreo porque la muestra es igual a la población.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validación y confiabilidad**

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Con el propósito de alcanzar cada uno de los objetivos definidos para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se ha de utilizar e implementar las técnicas e instrumentos de recolección de datos mencionados a continuación:

#### **Observación**

Es una técnica que permite el uso sistemático de nuestros sentidos para la búsqueda de información que requerimos para dar solución o mejorar algún aspecto o fenómeno de la realidad (Sabino, 1992).

La observación, comprendida como técnica de investigación científica, es considerada un proceso riguroso. Mediante la cual permite conocer, de manera directa, el objeto de estudio a fin de describir y analizar escenarios sobre la realidad estudiada (Bernal, 2010).

En esta investigación se hará uso de la técnica de observación puesto que mediante esta técnica se va a conseguir la información y registro de los eventos de los cuales se procesarán y estudiarán los datos.

#### **Medición**

La medición es el procedimiento mediante el cual se vincula la matemática (números) con objetos o fenómenos basados en ciertas reglas (Fernández y Barbei, 2006).

En la presente investigación se empleará la medición porque se utilizarán datos cuantitativos.

#### **Recolección histórica de datos**

En el proceso de recolección de información pueden llevarse a cabo diversas técnicas, en su mayoría, establecidas y diseñadas por el propio investigador (Carrasco, 2007).

En la presente investigación se empleará la recolección histórica de datos, con el objetivo de conseguir aquellos datos que faciliten al investigador el verificar y mejorar los aspectos determinados. Es por ello que para la ejecución de la investigación se emplearon los siguientes instrumentos:

*-Registro de producción diaria:*

Este registro se va a emplear para llevar un control diario de los volúmenes de producción real con respecto a sus volúmenes de producción establecidos.

*-Registro de toma de tiempos:*

Este registro se va a emplear para llevar un control de los tiempos de producción diarios que se generan dentro del proceso productivo de casting, su frecuencia y tipos de tiempos improductivos.

*-Registro de piezas en cera rechazadas:*

Este registro se va a emplear para llevar un control de las piezas en cera rechazadas, el motivo del rechazo y el total de piezas fabricadas.

## **Validez**

La validez simboliza la posibilidad de que una investigación tenga la capacidad de responder a las interrogantes formuladas (Rasque, 2003). Según Balestrini (1997), a toda investigación se le debe poner en juicio de expertos que permitan realizar una serie de correctivos a fin de refinarlos y validarlos.

La presente investigación se someterá a juicio de 3 docentes expertos de la carrera de Ingeniería Industrial pertenecientes a la Universidad Cesar Vallejo. Y de acuerdo a sus correcciones y recomendación pertinentes al tema en estudio se realizará las modificaciones correspondientes (Ver anexos).

## **Confiabilidad**

La confiabilidad de un instrumento se obtiene cuando se produce resultados consistentes, aplicándose en diferentes periodos de tiempo y muestra la concordancia entre los resultados obtenidos en las diferentes aplicaciones del instrumento (Valderrama, 2013, p. 215).

La confiabilidad de la presente investigación estará determinada por la información (real y transparente) sobre la producción del proceso productivo de Casting brindados por la empresa Arin S.A. Con respecto a las herramientas empleadas mostradas en la presente, son desarrolladas por la empresa y por el investigador.

### **2.5. Métodos de análisis de datos**

**A nivel descriptivo:** Para el ejercicio de la presente investigación, se efectuará el levantamiento de información mediante la metodología e instrumentos planteados para posteriormente reflejar los resultados por medio de indicadores acordes a las variables de estudio.

Con respecto a los análisis de datos cuantitativos se empleará la desviación estándar, moda, media y mediana. De ser datos cualitativos, se analizará haciendo uso de gráficos, porcentajes y tablas de frecuencia.

**A nivel Inferencial:** A modo de analizar y comprobar la hipótesis planteada en la presente investigación, se llevará a cabo mediante el software SPSS 22.

De contar con una información de comportamiento normal, se analizará con la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, de no serlo se analizará con la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para luego comprobar la hipótesis mediante el estadígrafo T-Student o el estadígrafo Wilcoxon.

## **2.6. Aspectos éticos**

El presente trabajo de investigación respeta los derechos del autor de las diversas fuentes de información empleadas para la ejecución y desarrollo. Así mismo, respeta la veracidad y aboga por la transparencia de los resultados obtenidos a lo largo del proceso de desarrollo de la investigación.

De igual modo, el investigador se responsabiliza por la confiabilidad de la información brindada por la empresa en estudio y por la identidad de las personas expuestas en la presente investigación.

## **2.7. Desarrollo de la propuesta**

### **Situación Actual de la empresa en estudio**

#### **a) Descripción general de la compañía**

Arin S.A. es una compañía peruana constituida el 10 de octubre de 1958, Especializándose en la fabricación y exportación de joyería fina de oro y plata; y caracterizada por su innovación y creatividad.

#### **Información General:**

Razón social: Arin S.A.

RUC: 20100078369

Sector económico de desempeño: Fabricación de joyas y artículos conexos

Marca de actividad de comercio: Importador / Exportador

#### **Ubicación:**

País: Perú

Ciudad: Lima

Distrito: Chorrillos

Dirección: Av. Jirón El Amauta 197 Urbanización San Juan Bautista.

**Figura 10.** Ubicación de la empresa Arin S.A.



**Fuente:** Google maps

**Contacto:**

Teléfono: (01) 2547892

Página Web: [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

**Marco Organizacional**

**Misión:**

Garantizamos en cada una de nuestras finas joyas, toda nuestra dedicación y pasión, reflejando en ellas el arte, de nuestros colaboradores y la innovación y la calidad de nuestros productos. Agregamos valor a nuestros recursos minerales transformándolos en complementos que realcen la belleza que reside en cada ser humano.

**Visión:**

Consolidarnos como una de las mejores empresas productoras y exportadores de joyas libres de cadmio de toda Sudamérica. Con nuestra tecnología, innovación y responsabilidad social y medioambiental posicionarnos en un mercado europeo para el año 2021.



**Figura 12.** Productos cadenas a maquina



**Fuente:** [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

**Cadenas a mano:** Línea productiva que a diferencia de la mencionada previamente el proceso productivo es realizado manualmente. Caracterizadas por ofrecer un aspecto artístico y de talento humano para el desarrollo de cadenas de metal precioso.

**Figura 13.** Productos cadena a mano



**Fuente:** [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

**Casting:** Es la línea productiva que fabrica una producción en serie de diversas piezas de joyería. Proceso por el cual, a partir de un modelo en cera con el diseño y características deseadas, se fabrica la pieza de joyería final. Caracterizada por poseer una amplia gama de productos de diversos tamaños y modelos.

**Figura 14.** Productos casting



**Fuente:** [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

**Elaborados:** Línea productiva que ensambla todo tipo de joyerías provenientes de otras líneas, Caracterizadas por su versatilidad a la hora de producir todo tipo de aretes, anillos, collares, brazaletes, entre otros.

**Figura 15.** Productos elaborados



**Fuente:** [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

**Flex-Bangles:** Línea productiva que fabrica todo tipo de aretes, anillos y brazaletes compuestos de una lámina o tubo de metal precioso.

**Figura 16.** Productos Flex Bangles



**Fuente:** [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

**Omegas-Avvoltos:** Línea productiva que basadas en la fabricación de un tejido interno y una lámina de metal preciosos en forma de espiral que se complementan para la fabricación de finos collares y/o pulseras.

**Figura 17.** Productos Omega / Avvoltos

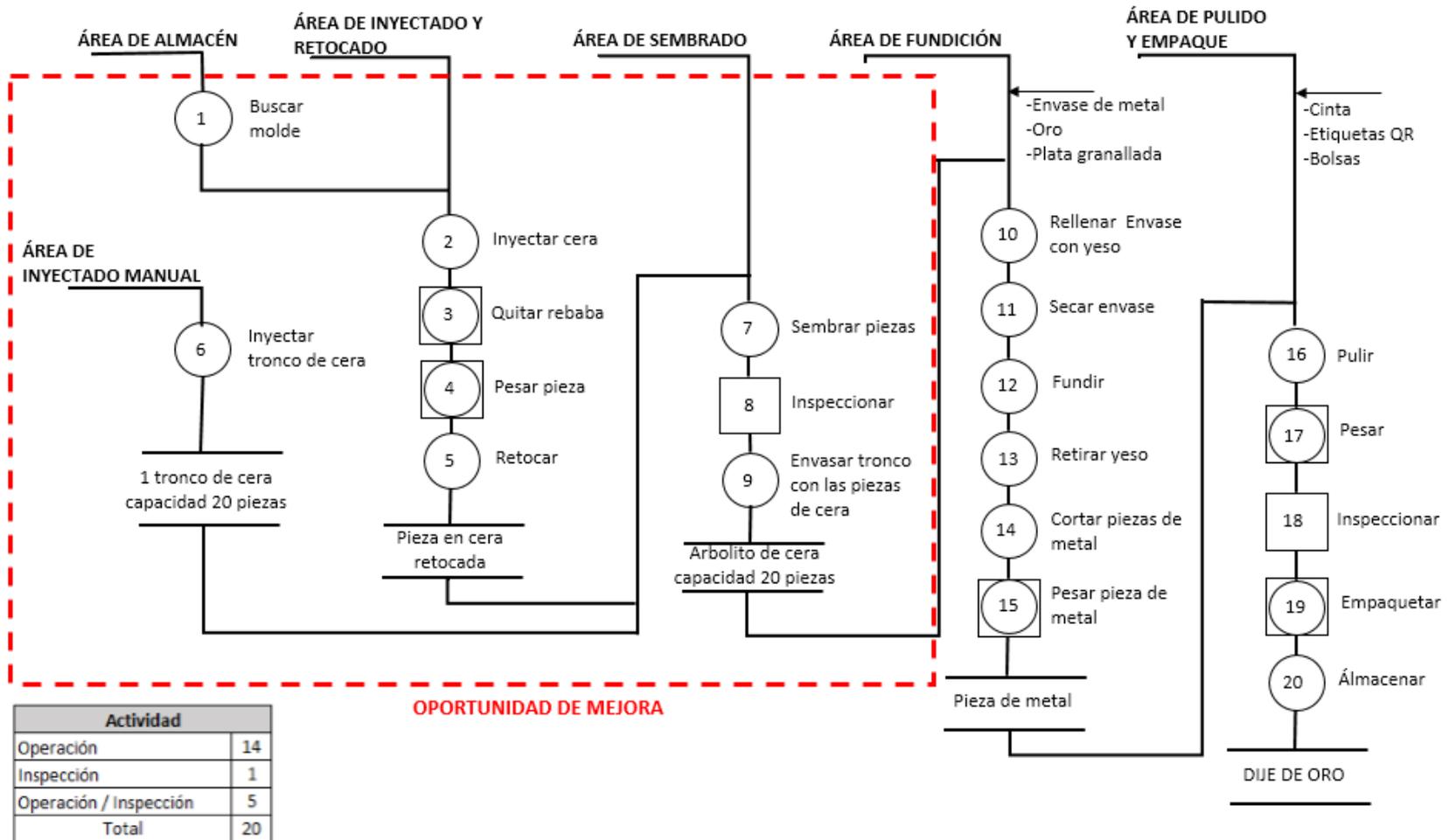


**Fuente:** [www.arinsa.com.pe](http://www.arinsa.com.pe)

#### **b) Descripción del proceso productivo**

Las operaciones de la línea productiva de casting de la empresa Arin S.A. materia del presente estudio y que son parte del proceso de elaboración del Dije de Oro, como la búsqueda de moldes, el inyectar cera, quitar rebaba, pesar pieza, retocar, inyectar tronco de cera, sembrar pieza, inspeccionar, etc. Son detallados gráficamente en el siguiente Diagrama de operaciones del proceso (DOP):

**Figura 18.** Diagrama de Operaciones (DOP) del proceso de casting actual



**Fuente:** Elaboración propia

### **Área de almacén**

- Todos los moldes de producción para la fabricación de dijes de metal precioso son almacenados aquí.

Resultado esperado: Moldes en buen estado y clasificados para una fácil y eficiente búsqueda.

### **Área de inyectado y retocado**

- Los moldes son inyectados con cera líquida por medio de acción al vacío.
- Se verifica que las piezas no tengan fallas, se quitan las posibles imperfecciones
- Se verifica que el peso actual sea igual al peso requerido.
- Las piezas en cera son retocadas, limpiadas y acondicionadas.

Resultado esperado: Piezas en cera en perfecto estado y con el peso requerido

### **Área de inyectado manual**

- Se inyecta un “tronco de cera” con capacidad para 20 dijes.

Resultado esperado: Un tronco de cera en perfecto estado.

### **Área de sembrado**

- Las piezas de cera son unidas al tronco de cera con capacidad para 20 piezas.
- Se inspecciona que las piezas estén a una altura, distancia e inclinación óptima con respecto al tronco de cera.
- Se envasa el árbol de cera.
- Se acondiciona para pasar al siguiente proceso.

Resultado esperado: Un árbol de cera en las condiciones requeridas.

### **Área de fundición.**

- El envase se rellena con yeso.
- Se coloca en un horno de secado a una temperatura y tiempo preestablecido para un óptimo secado.
- El envase se coloca en un horno mediante el cual por acción del calor la cera es derretida.
- Se reemplaza por Oro o Plata líquida que posterior a su secado se obtendrá un árbol de metal precioso.
- Se retira el yeso del envase por medio de agua a presión y se cortan las piezas de metal.
- Finalmente, las piezas de metal son pesadas e inspeccionadas para verificar si cumplen con los parámetros requeridos.

Resultado esperado: Piezas de metal en óptimas condiciones y dentro de los parámetros establecidos.

### **Área de pulido y empaque**

- La pieza de metal es pulida, luego pesada e inspeccionada.
- Finalmente, la pieza pulida es empaquetada y almacenada en la bóveda de productos terminados listos para exportar.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha de trabajar sobre las operaciones más críticas del proceso y las cuales estarán sujetas a las mejoras realizadas (OPORTUNIDAD DE MEJORA). De acuerdo a ello se realizará el correspondiente estudio e implementación del ciclo PHVA para mejorar el proceso productivo de casting.

#### **c) Determinación y análisis de los indicadores del proceso productivo actual**

La determinación y análisis del proceso productivo actual de Casting se desarrolla en base a los datos recolectados provenientes de los registros utilizados y el software de la empresa en estudio (Ver anexos).

Actualmente, las actividades que se desarrollan en este proceso productivo, en su mayoría, requieren de una interacción eficiente entre Hombre - Máquina, lo que de por sí ya presenta limitaciones, siendo la más importante la que se refiere a los tiempos.

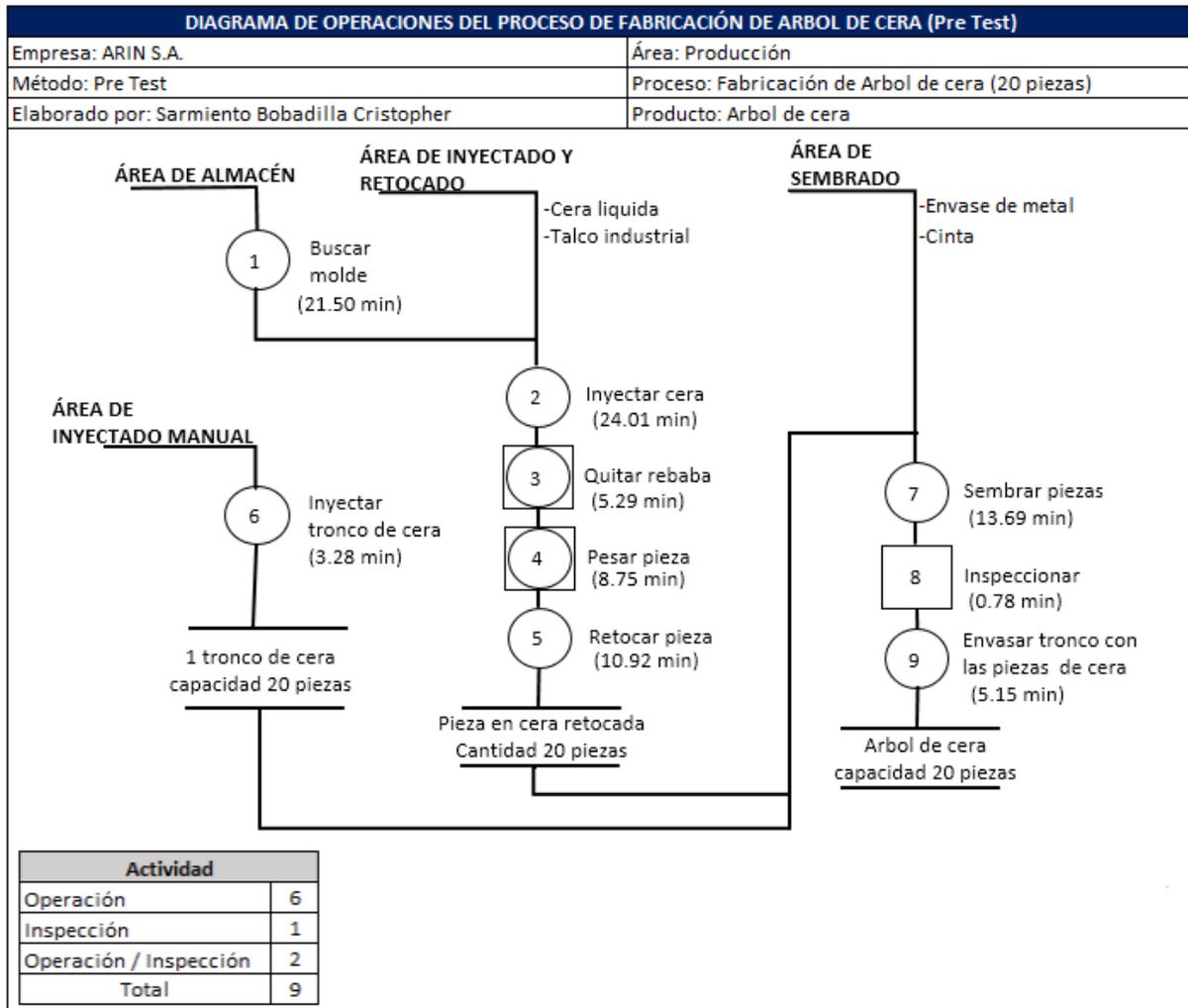
Esto limita nuestra capacidad productiva y atención oportuna de las órdenes de pedidos, además de incurrir en sobrecostos por mano de obra y recursos cuando no se llega a la capacidad de producción diaria o cuando hay productos de mala calidad (piezas defectuosas).

Según los propios informes de la empresa, el problema de la baja productividad del proceso productivo de casting se ha magnificado debido al incremento potencial de las órdenes de pedido y volúmenes de producción. Viéndose imposibilitados de cumplir con las proyecciones de la demanda o cubrir los pedidos con la capacidad actual que cuenta dicha línea productiva.

Es por ello, que en base a los problemas identificados y sus causas analizadas dentro del proceso productivo de Casting. Se han definido una serie de indicadores acordes y afines a lograr el objetivo general de la presente investigación Dichos indicadores nos permitirán medir el rendimiento del proceso productivo de casting, evaluar, analizar e implementar las mejoras correspondientes a fin de lograr un Incremento de la eficacia y la eficiencia; dando como consecuencia un incremento de la productividad del proceso productivo de casting.

Para el desarrollo de la presente investigación se identificó, mediante el uso de ingeniería de estudio de métodos, el flujo de actividades dentro del proceso productivo de casting,

**Figura 19.** Diagrama de operaciones del proceso (Pre Test)



Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, Se muestra el conjunto de actividades que conforman el proceso actual de fabricación de un árbol de cera compuesto por 20 piezas. El cual consta de 9 operaciones: Buscar molde, Inyectar cera, Quitar rebaba, Pesar pieza, Retocar pieza, Inyectar tronco de cera, Sembrar pieza, Inspeccionar, Envasar tronco con piezas de cera.

De igual manera, se analizó la secuencia todas las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y almacenajes que ocurren durante el proceso de fabricación de un árbol de cera mediante un Diagrama de Análisis de Operaciones (DAP).

**Tabla 2.** Diagrama de análisis del proceso (Pre Test)

CURSOGRAMA ANALITICO DAP (Pre Test)									
Diagrama núm: 1		Hoja núm: 1 de 2		Resumen tiempo de ciclo					
Producto: Arbol de cera (20 piezas)		Actividad		Actual	Propuesta	Economía			
Proceso: Producción de arbol de cera		Operación		8					
Método: Pre Test		Trasporte		8					
Operario(s): Abraham S., Demetria L., Zulema S.		Espera		0					
Aprobado por: Rubio Falcon Carlos		Inspección		1					
Fecha: 23/04/2018		Almacenamiento		0					
N°	Descripción	Dis-tancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	→	⬇	□	▽	
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	15	0.54	○	→				
2	Buscar molde		20.29	○	→				
3	Trasladar molde al área de inyectado	15	0.67	○	→				A mano
4	Inyectar cera		24.01	○	→				
5	Quitar rebaba		5.29	○	→				
6	Trasladar pieza hasta la balanza	3	4.17	○	→				A mano
7	Pesar la pieza		4.45	○	→				
8	Trasladar pieza al área de retocado	4	0.12	○	→				A mano
9	Retocar pieza		10.82	○	→				
10	Trasladar pieza al área de sembrado	2	0.10	○	→				A mano
11	Dirigirse hacia la inyectora manual	4	0.13	○	→				
12	Inyectar tronco de cera		3.05	○	→				
13	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	4	0.10	○	→				A mano
14	Sembrar pieza		13.69	○	→				
15	Inspeccionar		0.78				⬇		
16	Envasar Arbolito de cera		4.98	○	→				
17	Trasladar al área de lavado	5	0.17	○	→				A mano
<b>Total</b>		<b>52</b>	<b>93.36</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 2, se muestra la secuencia de actividades dentro del proceso, con su respectivo tiempo estándar y longitud de desplazamiento. El cual evidencia que el proceso ACTUAL está compuesto de 8 operaciones, 8 actividades de transporte y 1 actividad de inspección; teniendo un total de 17 actividades.

Con la finalidad de efectuar la medición del trabajo de las operaciones de del proceso productivo, se realizó el estudio de tiempos para identificar y establecer los tiempos

Estándares de las diversas operaciones que ocurren en el proceso productivo de fabricación de un árbol de cera compuesto de 20 piezas.

Para ello, previamente se realizó la toma de tiempo de una cantidad de 20 observaciones preliminares.

**Tabla 3.** Toma de tiempos – Observaciones preliminares (Pre Test)

TOMA DE TIEMPO - PROCESO DE FABRICACION DE ARBOL DE CERA (Pre Test)																					
Sección: Casting		Estudio núm.: 1										Operario(s): Abraham S., Demetria L., Zulema S.									
Operación: Fabricacion Arbol de cera / Estudio de tiempos n°1		Hoja núm.: 1 de 2																			
Producto: Arbol de cera (20 piezas)		Comienzo: 25/04/2018										Observado por: Sarmiento Bobadilla Christopher									
Material: Cera		Termino: 28/04/18										Comprobado por: Rubio Falcon Carlos									
Cantidad: 1																					
N°	Descripción	Numero de Observaciones (Minutos)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	0.50	0.43	0.47	0.42	0.45	0.48	0.47	0.50	0.48	0.52	0.54	0.45	0.46	0.51	0.57	0.48	0.46	0.50	0.52	0.50
2	Buscar molde	16.82	18.23	15.40	17.07	19.82	15.82	19.07	16.07	16.98	15.82	16.90	16.07	15.82	16.82	16.65	15.48	19.32	17.07	15.98	16.40
3	Trasladar molde al área de inyectado	0.60	0.65	0.55	0.60	0.62	0.60	0.63	0.60	0.58	0.63	0.57	0.56	0.49	0.53	0.51	0.53	0.59	0.68	0.53	0.65
4	Inyectar cera	19.50	22.33	22.00	20.50	21.00	20.50	21.33	20.25	19.92	20.42	22.33	19.50	22.75	20.08	22.48	21.08	21.25	22.67	22.00	22.93
5	Quitar rebaba	5.42	4.92	4.17	5.17	5.42	4.58	4.42	4.50	5.17	4.33	5.17	4.42	4.83	5.17	4.75	4.50	4.67	5.08	5.00	4.42
6	Trasladar pieza hasta la balanza	3.33	3.67	3.33	4.00	3.67	3.33	4.00	4.00	4.00	3.33	3.00	4.02	3.33	3.30	3.67	3.33	3.67	3.33	3.67	4.00
7	Pesar la pieza	4.08	4.67	3.50	3.83	3.75	3.92	4.25	3.75	3.58	4.08	4.33	4.17	3.58	3.75	3.50	3.58	3.57	3.62	3.57	3.61
8	Trasladar pieza al área de retocado	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.10	0.10	0.12	0.11	0.10	0.11	0.11
9	Retocar pieza	11.17	10.00	9.83	10.21	10.00	9.92	9.79	10.21	10.67	10.04	11.50	10.00	9.92	9.88	11.17	10.58	10.46	11.29	9.79	10.04
10	Trasladar pieza al área de sembrado	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10	0.08
11	Dirigirse hacia la inyectora manual	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	0.11	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.11
12	Inyectar tronco de cera	3.05	2.88	2.70	2.63	3.17	2.57	2.65	3.12	2.97	2.87	2.93	2.63	3.00	2.90	2.53	3.25	3.02	3.10	2.59	2.94
13	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09
14	Sembrar pieza	12.00	13.84	14.00	12.14	12.33	12.67	13.10	13.27	13.67	12.38	12.33	13.57	13.68	13.54	12.33	12.97	13.33	13.54	13.67	13.69
15	Inspeccionar	0.75	0.63	0.67	0.65	0.62	0.70	0.75	0.70	0.75	0.68	0.71	0.64	0.68	0.68	0.70	0.64	0.66	0.71	0.63	0.67
16	Envasar Arbolito de cera	3.96	3.97	3.85	4.00	4.67	4.00	4.22	4.67	4.00	4.25	5.00	4.67	4.33	3.67	4.67	4.21	4.05	4.12	4.03	3.87
17	Trasladar al área de lavado	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16	0.14	0.15	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16	0.14
<b>Total de minutos</b>		<b>81.71</b>	<b>86.77</b>	<b>81.02</b>	<b>81.76</b>	<b>86.03</b>	<b>79.63</b>	<b>85.26</b>	<b>82.18</b>	<b>83.38</b>	<b>79.93</b>	<b>85.90</b>	<b>81.22</b>	<b>83.44</b>	<b>81.37</b>	<b>84.08</b>	<b>81.19</b>	<b>85.62</b>	<b>86.31</b>	<b>82.57</b>	<b>84.25</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Posteriormente de haber realizado la toma de tiempo de las observaciones preliminares, se calculará el valor del promedio representativo de muestra para cada elemento o actividad mediante el método estadístico. Utilizando la fórmula para determinar el tamaño de la muestra. La cual se muestra a continuación:

**Tabla 4.** Cálculo del tamaño de la muestra (Pre Test)

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS (Pre Test)					
Empresa:	ARIN S.A.	Área:	Producción		
Método:	Pre Test	Proceso:	Fabricacion de Arbol de cera		
Elaborado por:	Sarmiento Bobadilla Christopher	Producto:	Arbol de cera (20 piezas)		
ITEM	DESCRIPCIÓN	$\sum x$	$(\sum x)^2$	$\sum x^2$	$n = \left( \frac{40 \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	9.71	4.74	94.28	9
2	Buscar molde	337.58	5729.33	113962.51	9
3	Trasladar molde al área de inyectado	11.70	6.90	136.97	12
4	Inyectar cera	424.83	9048.13	180477.70	4
5	Quitar rebaba	96.08	464.34	9232.01	9
6	Trasladar pieza hasta la balanza	71.99	261.05	5182.08	12
7	Pesar la pieza	76.70	296.20	5883.40	11
8	Trasladar pieza al área de retocado	2.16	0.23	4.67	9
9	Retocar pieza	206.46	2137.04	42625.04	4
10	Trasladar pieza al área de sembrado	1.79	0.16	3.20	12
11	Dirigirse hacia la inyectora manual	2.43	0.30	5.89	6
12	Inyectar tronco de cera	57.50	166.22	3306.25	9
13	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	1.79	0.16	3.20	12
14	Sembrar pieza	262.05	3441.60	68671.95	4
15	Inspeccionar	13.62	9.30	185.41	5
16	Envasar Arbolito de cera	84.20	356.79	7089.08	11
17	Trasladar al área de lavado	3.03	0.46	9.16	4

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4 nos muestra que el tamaño de la muestra de la actividad de dirigirse hacia el almacén de moldes de 9, buscar molde es 9, trasladar molde al área de inyectado es 12, inyectar cera es 4, quitar rebaba es 9, trasladar pieza hasta la balanza es 12, pesar la pieza es 11, trasladar pieza al área de retocado es 9, así sucesivamente. El mayor número de la muestra fue de 12 y el menor de 4 ciclos.

Luego del cálculo del tamaño de la muestra por actividad, se realizó una toma de tiempo posterior. La cual se muestra a continuación:

**Tabla 5.** Toma de tiempos en base al tamaño de la muestra (Pre Test)

TOMA DE TIEMPOS- NÚMERO DE MUESTRAS (Pre Test)														
Empresa: ARIN S.A.							Área:			Producción				
Método: Pre Test							Proceso:			Fabricación de Arbol de cera				
Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher							Producto:			Arbol de cera (20 piezas)				
N°	Descripción de la Actividad	MÚMERO DE MUESTRAS (Pre Test)												Prom.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	0.51	0.47	0.49	0.50	0.48	0.53	0.48	0.47	0.50				0.49
2	Buscar molde	17.02	19.05	18.65	18.47	19.00	17.98	18.52	18.34	18.67				18.41
3	Trasladar molde al área de inyectado	0.61	0.63	0.62	0.62	0.60	0.61	0.61	0.62	0.63	0.61	0.62	0.61	0.62
4	Inyectar cera	21.53	22.00	21.94	21.67									21.79
5	Quitar rebaba	5.09	4.96	4.83	4.96	5.04	4.88	4.96	5.01	5.04				4.97
6	Trasladar pieza hasta la balanza	3.67	3.64	3.98	3.76	4.01	3.68	3.84	3.67	3.92	3.85	3.75	3.77	3.80
7	Pesar la pieza	3.85	4.15	4.20	3.96	3.92	4.10	4.05	3.87	3.92	4.03	4.06		4.01
8	Trasladar pieza al área de retocado	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.09	0.10	0.11	0.11				0.11
9	Retocar pieza	9.92	10.12	9.96	9.98									10.00
10	Trasladar pieza al área de sembrado	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09
11	Dirigirse hacia la inyectora manual	0.11	0.13	0.12	0.13	0.11	0.12							0.12
12	Inyectar tronco de cera	2.76	3.00	2.86	3.05	2.94	2.79	2.87	2.99	3.01				2.92
13	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09
14	Sembrar pieza	12.45	12.68	12.57	12.43									12.53
15	Inspeccionar	0.65	0.72	0.68	0.70	0.61								0.67
16	Envasar Arbolito de cera	4.56	4.44	4.39	4.67	4.68	4.98	4.25	4.35	4.26	4.42	4.37		4.49
17	Trasladar al área de lavado	0.16	0.14	0.15	0.16									0.15

**Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, se determinó el factor de valoración, el tiempo normal o base, los tiempos suplementarios y el tiempo estándar por actividad.

**Tabla 6.** Cálculo del tiempo estándar (Pre Test)

CALCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR (Pre Test)										
Empresa: ARIN S.A.				Área: Producción						
Método: Pre Test				Proceso: Fabricación de Arbol de cera						
Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Cristopher				Producto: Arbol de cera (20 piezas)						
Proceso de producción del arbol de cera		Promedio de t. observado	F. Valoración Esc.Britanica	Tiempo Normal	Suplementos %					Tiempo Estandar
Nº	Descripcion de la Actividad				FB	NP	C	PE	E	
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	0.49	100	0.49	2%	5%	1%	1%	0%	0.54
2	Buscar molde	18.41	95	17.49	4%	5%	4%	1%	2%	20.29
3	Trasladar molde al área de inyectado	0.62	100	0.62	2%	5%	1%	1%	0%	0.67
4	Inyectar cera	21.79	95	20.70	4%	5%	4%	1%	2%	24.01
5	Quitar rebaba	4.97	95	4.73	4%	5%	2%	1%	0%	5.29
6	Trasladar pieza hasta la balanza	3.80	100	3.80	2%	5%	2%	1%	0%	4.17
7	Pesar la pieza	4.01	100	4.01	4%	5%	1%	1%	0%	4.45
8	Trasladar pieza al área de retocado	0.11	100	0.11	2%	5%	1%	1%	2%	0.12
9	Retocar pieza	10.00	95	9.50	4%	5%	4%	1%	0%	10.82
10	Trasladar pieza al área de sembrado	0.09	100	0.09	2%	5%	1%	1%	0%	0.10
11	Dirigirse hacia la inyectora manual	0.12	100	0.12	2%	5%	1%	1%	0%	0.13
12	Inyectar tronco de cera	2.92	95	2.77	3%	5%	1%	1%	0%	3.05
13	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	0.09	100	0.09	2%	5%	1%	1%	0%	0.10
14	Sembrar pieza	12.53	95	11.91	4%	5%	4%	1%	1%	13.69
15	Inspeccionar	0.67	105	0.71	3%	5%	1%	1%	0%	0.78
16	Envasar Arbolito de cera	4.49	100	4.49	3%	5%	2%	1%	0%	4.98
17	Trasladar al área de lavado	0.15	100	0.15	2%	5%	1%	1%	0%	0.17
<b>Tiempo estandar total (min)</b>										<b>93.36</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 6, el tiempo estándar promedio obtenido fue de 93.36 min por cada árbol de cera de 20 piezas. Con este tiempo estándar nuestra capacidad de producción es de 5 árboles de cera (o 100 piezas) considerando una jornada laboral de 8 horas.

Del análisis de los tiempos obtenidos también se ha podido determinar qué actividades que denotan un porcentaje de tiempo significativo dentro del proceso productivo de fabricación de árbol de cera: Buscar molde (20.29 min), Inyectar cera (24.01 min), Retocar pieza (10.82 min), Sembrar pieza (13.69 min). Así mismo, se identificó que la operación de inyectar cera es el cuello de botella del proceso 24.01 min (26 % del tiempo total del proceso).

Gracias al estudio de trabajo realizado se va a determinar y evaluar los resultados de los indicadores establecidos antes y después de la implementación del ciclo PHVA en el proceso productivo de casting.

#### **a) Eficacia del proceso productivo de Casting**

A fin de determinar la eficacia actual del proceso de fabricación de árbol de cera, se ha analizado la cantidad de piezas producidas con relación a la capacidad productiva estimada.

Cabe recalcar que la capacidad programada es la establecida por la empresa, la cual se basa en un tiempo estándar de 50.52 min que estimado en una jornada laboral de 8 horas se tiene una producción programada de 9.5 árboles de cera o 190 piezas.

En base a la información recolectada mediante los registros diarios de producción diaria, se estableció que la eficacia actual (previo a la implementación del ciclo PHVA) del proceso productivo es de 72 por ciento. Obtenido con mayor detalle en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Consolidado de la eficacia del proceso de fabricación de árbol de cera (Pre Test)

CUADRO DE PORCENTAJES DE EFICACIA (Pre Test)									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricacion de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher				
Método: Pre Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
Nº	Fecha	Cantidad producida (pzas)	Cantidad programada (pzas)	% Eficacia	Nº	Fecha	Cantidad producida (pzas)	Cantidad programada (pzas)	% Eficacia
1	31-may	135	190	71%	26	01-jun	133	190	70%
2	01-may	135	190	71%	27	02-jun	136	190	72%
3	02-may	136	190	72%	28	04-jun	134	190	71%
4	03-may	134	190	71%	29	05-jun	135	190	71%
5	04-may	135	190	71%	30	06-jun	138	190	73%
6	07-may	133	190	70%	31	07-jun	136	190	72%
7	08-may	138	190	73%	32	08-jun	134	190	71%
8	09-may	139	190	73%	33	09-jun	136	190	72%
9	10-may	135	190	71%	34	11-jun	137	190	72%
10	11-may	133	190	70%	35	12-jun	133	190	70%
11	14-may	133	190	70%	36	13-jun	138	190	73%
12	15-may	137	190	72%	37	14-jun	139	190	73%
13	16-may	136	190	72%	38	15-jun	138	190	73%
14	17-may	136	190	72%	39	16-jun	136	190	72%
15	18-may	133	190	70%	40	18-jun	137	190	72%
16	21-may	136	190	72%	41	19-jun	139	190	73%
17	22-may	134	190	71%	42	20-jun	135	190	71%
18	23-may	136	190	72%	43	21-jun	136	190	72%
19	24-may	138	190	73%	44	22-jun	134	190	71%
20	25-may	135	190	71%	45	23-jun	136	190	72%
21	26-may	136	190	72%	46	25-jun	137	190	72%
22	28-may	136	190	72%	47	26-jun	138	190	73%
23	29-may	135	190	71%	48	27-jun	137	190	72%
24	30-may	137	190	72%	49	28-jun	136	190	72%
25	31-may	139	190	73%	50	29-jun	137	190	72%
Porcentaje de eficacia (Pre test)									72%

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados presentados en las tablas están basados en información provenientes de software de la empresa y los registros elaborados por el investigador.

## b) Eficiencia del proceso productivo de casting

Para el cálculo de la capacidad instalada se tomó como referencia el tiempo estándar programado definido por la alta gerencia de 50.52 min por árbol de cera fabricado (20 piezas) y la cantidad de piezas producidas. En base a ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Instalada (min)} = \frac{\text{Cantidad Producida (Arboles de cera)}}{\text{Tiempo estandar programado (min)}}$$

Dicha capacidad instalada representa el tiempo programado que tomaría en fabricar dicha cantidad de piezas considerando un tiempo estándar de fabricación de 50.52 min por árbol de cera fabricado o 20 piezas.

Del mismo modo, para el cálculo de la capacidad utilizada (min) se tomó como referencia el tiempo que conlleva realizar las piezas producidas. Considerando el tiempo estándar de una pieza producida “Óptima” de 93.37 min y el tiempo estándar estimado de una pieza “Rechazada”, el cual es de 14.75 min, de acuerdo a la cantidad de piezas fabricadas y la cantidad de piezas rechazadas. En base a ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad utilizada (min)} = ((CO \times TECO) + (CR \times TECR))$$

CO: Cantidad producida óptima (Arboles de cera)

CR: Cantidad producida rechazada (Arboles de cera)

TECP: Tiempo estándar fabricación de un árbol “Óptimo”

TECR: Tiempo estándar fabricación de un árbol “Rechazado”

Cabe recalcar que la CO (Cantidad producida óptima) es la resta de la cantidad producida y la cantidad rechazada.

Partiendo de lo mencionado anteriormente, se registró durante el periodo de pre-  
implementación un porcentaje promedio del 64 por ciento de eficiencia en el proceso  
productivo. Los cuales se muestran a detalle en la siguiente Tabla:

**Tabla 8.** Consolidado de la eficiencia en el proceso de fabricación de árbol de cera (Pre Test)

CUADRO DE PORCENTAJES DE EFICIENCIA (Pre Test)									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricacion de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher				
Método: Pre Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	Capacidad utilizada (min)	Capacidad Instalada (min)	% Eficiencia	N°	Fecha	Capacidad utilizada (min)	Capacidad Instalada (min)	% Eficiencia
1	31-may	538	341	63%	26	01-jun	535	336	63%
2	01-may	535	341	64%	27	02-jun	534	344	64%
3	02-may	544	344	63%	28	04-jun	531	338	64%
4	03-may	541	338	63%	29	05-jun	524	341	65%
5	04-may	546	341	63%	30	06-jun	547	349	64%
6	07-may	527	336	64%	31	07-jun	544	344	63%
7	08-may	554	349	63%	32	08-jun	526	338	64%
8	09-may	532	351	66%	33	09-jun	534	344	64%
9	10-may	535	341	64%	34	11-jun	543	346	64%
10	11-may	539	336	62%	35	12-jun	532	336	63%
11	14-may	536	336	63%	36	13-jun	536	349	65%
12	15-may	546	346	63%	37	14-jun	554	351	63%
13	16-may	528	344	65%	38	15-jun	547	349	64%
14	17-may	534	344	64%	39	16-jun	523	344	66%
15	18-may	534	336	63%	40	18-jun	543	346	64%
16	21-may	550	344	62%	41	19-jun	545	351	64%
17	22-may	531	338	64%	42	20-jun	535	341	64%
18	23-may	544	344	63%	43	21-jun	534	344	64%
19	24-may	542	349	64%	44	22-jun	521	338	65%
20	25-may	534	341	64%	45	23-jun	544	344	63%
21	26-may	528	344	65%	46	25-jun	538	346	64%
22	28-may	543	344	63%	47	26-jun	547	349	64%
23	29-may	532	341	64%	48	27-jun	548	346	63%
24	30-may	527	346	66%	49	28-jun	536	344	64%
25	31-may	551	351	64%	50	29-jun	546	346	63%
Porcentaje de eficiencia (Pre test)									64%

**Fuente:** Elaboración propia

**c) Productividad del proceso productivo de casting**

Finalmente, en base a la información mostrada previamente con respecto a los indicadores eficacia y eficiencia, se determinó que la productividad del proceso productivo previo a la implementación de la mejora es de 46 por ciento.

**Tabla 9.** Consolidado de la productividad en el proceso de fabricación de árbol de cera (Pre Test)

<b>CUADRO DE PORCENTAJES DE PRODUCTIVIDAD (Pre Test)</b>									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricacion de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher				
Método: Pre Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	% Eficacia	% Eficiencia	% Producti- vidad	N°	Fecha	% Eficacia	% Eficiencia	% Producti- vidad
1	31-may	71%	63%	45%	26	01-jun	70%	63%	44%
2	01-may	71%	64%	45%	27	02-jun	72%	64%	46%
3	02-may	72%	63%	45%	28	04-jun	71%	64%	45%
4	03-may	71%	63%	44%	29	05-jun	71%	65%	46%
5	04-may	71%	63%	44%	30	06-jun	73%	64%	46%
6	07-may	70%	64%	45%	31	07-jun	72%	63%	45%
7	08-may	73%	63%	46%	32	08-jun	71%	64%	45%
8	09-may	73%	66%	48%	33	09-jun	72%	64%	46%
9	10-may	71%	64%	45%	34	11-jun	72%	64%	46%
10	11-may	70%	62%	44%	35	12-jun	70%	63%	44%
11	14-may	70%	63%	44%	36	13-jun	73%	65%	47%
12	15-may	72%	63%	46%	37	14-jun	73%	63%	46%
13	16-may	72%	65%	47%	38	15-jun	73%	64%	46%
14	17-may	72%	64%	46%	39	16-jun	72%	66%	47%
15	18-may	70%	63%	44%	40	18-jun	72%	64%	46%
16	21-may	72%	62%	45%	41	19-jun	73%	64%	47%
17	22-may	71%	64%	45%	42	20-jun	71%	64%	45%
18	23-may	72%	63%	45%	43	21-jun	72%	64%	46%
19	24-may	73%	64%	47%	44	22-jun	71%	65%	46%
20	25-may	71%	64%	45%	45	23-jun	72%	63%	45%
21	26-may	72%	65%	47%	46	25-jun	72%	64%	46%
22	28-may	72%	63%	45%	47	26-jun	73%	64%	46%
23	29-may	71%	64%	46%	48	27-jun	72%	63%	46%
24	30-may	72%	66%	47%	49	28-jun	72%	64%	46%
25	31-may	73%	64%	47%	50	29-jun	72%	63%	46%
<b>Porcentaje de productividad (Pre test)</b>									<b>46%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados presentados en las tablas están basados en información provenientes de software de la empresa y los registros elaborados por el investigador.

Con los resultados obtenidos basados en los indicadores adoptados para la presente investigación y los cuales reflejan la realidad problemática del proceso productivo Se examinará y analizará las mejores estrategias y herramientas que sean más acordes a las necesidades y al logro de los objetivos; mejorando los resultados obtenidos provenientes de las acciones de mejora.

### **Propuesta de la mejora (Planear)**

Partiendo de la información proveniente de la realidad problemática de la empresa mostrada en el diagrama Ishikawa y el diagrama Pareto sobre el análisis de las causas que acrecentaban el problema de la disminución de la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A., se determinó la utilización de herramientas que cumplan con el propósito del presente proyecto.

Cabe recalcar que la propuesta de mejora que se plantea, se basa en la utilización sistemática de herramientas de ingeniería industrial, bajo una metodología que tiene como base de análisis la ejecución del ciclo PHVA.

**Tabla 10.** Causas críticas a atacar

<b>CAUSA CRÍTICA</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>SOLUCIÓN</b>	<b>HERR. DE ING. A USAR</b>
<b>Alto porcentaje de piezas rechazadas</b>	Falta de control de operaciones críticas	Aplicar procedimientos estandarizados	- Estudio de métodos - Control de calidad
	Falta de indicadores	Implementación de indicadores	
<b>Elevada cantidad de tiempos y desplazamientos improductivos</b>	Ausencia de estandarización de métodos y tiempos de trabajo	Estandarizar tiempos y métodos de trabajo	- Distribución de planta - Estudio de métodos - Estudio de tiempos - Balance de línea
	Ausencia de análisis del lay-out	Rediseñar el lay-out actual	
<b>Ritmo de trabajo</b>	Ausencia de	Estandarizar tiempos y	- Balance de línea

<b>variable</b>	estandarización de las operaciones	métodos de trabajo	- Estudio de métodos - Estudio de tiempos
	Falta de indicadores	Implementación de indicadores	
<b>Duplicidad de operaciones</b>	Falta de aplicación de procedimientos estandarizados	Estandarizar tiempos y métodos de trabajo	- Estudio de métodos - Estudio de tiempos
		Eliminar y reducir operaciones repetitivas	
<b>Desaprovechamiento de espacios</b>	Ausencia de análisis del lay-out	Rediseñar el lay-out actual	- Distribución de planta - Estudio de métodos - Estudio de tiempos
<b>Mal acondicionamiento de algunas áreas</b>	Ausencia de análisis del lay-out	Rediseñar el lay-out actual	- Distribución de planta
		Aplicar 5's	

**Fuente:** Elaboración propia

Se pretende plantear soluciones a cada uno de estos aspectos, que engloben las causas críticas que forman parte del problema principal y que repercutan necesariamente en un incremento importante de la productividad.

**Tabla 11.** Matriz de afinidad

HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA						
CAUSAS PRINCIPALES	MATRIZ DE RELACIÓN CAUSAS PRINCIPALES - HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA	Estudio de métodos	Estudio de tiempos	Distribución de planta	Balance de línea	Control de calidad
	Alto porcentaje de piezas rechazadas	1	1	0	0	1
	Elevada cantidad de tiempos y desplazamientos improductivos	1	1	1	1	0
	Ritmo de trabajo variable	1	1	1	0	0
	Duplicidad de operaciones	1	1	0	0	0
	Desaprovechamiento de espacios	1	1	0	1	0
	<b>TOTAL</b>	5	5	2	2	1

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede evidenciar en la Tabla 11, las herramientas a emplear, en su conjunto, repercuten sobre la mayoría de las causas críticas actuales que acrecientan la disminución de la productividad.

Es por ello, que a fin de aplicar las herramientas determinadas para el incremento de la productividad se llevara a cabo un plan de implementación. Dado que la implementación del ciclo PHVA conlleva el tener presente la aplicación de las 7 etapas del mejoramiento continuo, se debe señalar que la elaboración del plan de implementación de la propuesta de mejora permitirá cumplir eficientemente cada fase y etapa hacia el logro de incrementar la productividad.

**Tabla 12.** Plan de implementación de la propuesta de mejora

<b>PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUPUESTA DE MEJORA</b>		
<b>TÍTULO DE LA PROPUESTA DE MEJORA</b>		
Aplicación de la herramienta ciclo PHVA para incrementar la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A. Chorrillos 2018		
<b>FASES DEL PROYECTO</b>		
<b>FASE</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA FASE</b>
<b>Fase N°1 “PLANIFICAR”</b>	Consiste en seleccionar un proceso susceptible de mejora, posteriormente se delimitará, evaluará, y definirá la dimensión del problema a resolver. Investigando a su vez cuales son las causas más notables que contribuyen a su existencia y determinando	La fase N°1 nombrada “Planificar consta de etapas, las cuales se describirán a continuación:  <b>Primera Etapa: Identificar y determinar el problema a estudiar</b>  El principal problema a mejorar es la disminución de la productividad del proceso productivo de casting Las cuales se deben a las causas mencionadas

	<p>posibles decisiones que puedan contrarrestarlas o neutralizarlas</p>	<p>previamente en la presente investigación.</p> <p><b>Segunda etapa: Análisis de la situación actual</b></p> <p>Dicha descripción se realizó en el subtítulo 1.1. Realidad problemática y 2.7.2. Propuesta de la mejora, en donde se expone el contexto antes de la implementación de las acciones de mejora</p> <p><b>Tercera etapa: Identificar y analizar las causas raíces del problema</b></p> <p>Dicha identificación se realizó en el subtítulo 1.1. Realidad problemática y 2.7.2. Propuesta de la mejora, en donde se apoya en el uso de herramientas de calidad como: el diagrama causa-efecto, diagrama Pareto entre otras.</p> <p><b>Cuarta etapa: Establecer un plan de acción</b></p> <p>Las acciones de mejora planteadas más acordes para incrementar la productividad son:</p> <p>Redistribución de la planta con el método de Muther, para el uso eficiente de los espacios.</p> <p>Mejorar la calidad</p> <p>Incremento de la capacidad de producción de la línea productiva</p>
--	---	--

<p><b>Fase N°2 “HACER”</b></p>	<p>Ejecución de los recursos, métodos y tecnologías. Así como también la implementación de sistemas de control y recolección de información planificadas anteriormente</p>	<p><b>Quinta etapa: Implementar el plan de acción</b></p> <p>La segunda fase del ciclo PHVA consiste en la ejecución de las 3 acciones de mejora planteadas previamente para incrementar la productividad en el proceso productivo de casting.</p> <p>Dichas acciones serán descritas detalladamente en el punto 2.7.3. Ejecución de la propuesta.</p>
<p><b>Fase N°3 “VERIFICAR”</b></p>	<p>Consiste en la evaluación de la efectividad de los procesos productivos mejorados, controlando los resultados y desviaciones en base a indicadores que reflejen lo que se busca lograr y ponderando las acciones ejecutadas para una futura toma de decisiones.</p>	<p><b>Etapa 6: Verificación de resultados</b></p> <p>La tercera fase del ciclo PHVA consiste en verificar y analizar los resultados de los indicadores establecidos antes y después de la implementación de las acciones de mejora para evaluar el impacto positivo o negativo de la implementación.</p> <p>Dicha verificación esta descrita detalladamente en el punto 2.7.4. Resultados de la implementación.</p>
<p><b>Fase N°4 “ACTUAR”</b></p>	<p>Esta fase radica en la toma de medidas que permitan acoger las acciones emprendidas, abandonar o</p>	<p><b>Etapa siete: Estandarización y conclusiones</b></p> <p>Finalmente, la última fase del ciclo PHVA</p>

	reiniciar el proceso cíclico.	consiste en adoptar y continuar con las acciones de mejora planteadas.
--	-------------------------------	--

La inversión de las mejoras propuestas por la aplicación de la herramienta del ciclo PHVA en el proceso productivo de Casting, se ha calculado en aproximadamente S/. 25 000.00 nuevos soles, el detalle se muestra en la tabla 13, y la financiación del proyecto se hará con recursos propios y aporte de los socios de la empresa en estudio.

**Tabla 13.** Inversión inicial del proyecto

RESUMEN INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO						
CODIGO	RECURSO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL	TOTAL RUBRO
<b>I. BIENES</b>						<b>S/. 17,774.00</b>
2.3.1.9.1	Lapiceros	4	Docena	S/. 5.00	S/. 20.00	
2.3.1.9.1	Hojas	5	Millar	S/. 10.00	S/. 50.00	
2.3.1.9.1	CD'S	4	Unidad	S/. 1.00	S/. 4.00	
2.3.2.1.2	almacen (modular)	1	Unidad	S/. 9,000.00	S/. 9,000.00	
2.3.2.1.2	Balanza analitica	1	Unidad	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00	
2.3.2.1.2	Otros bienes				S/. 7,500.00	
<b>II. SERVICIOS</b>						<b>S/. 6,926.00</b>
2.3.2.1.2.1	Movilidad				S/. 500.00	
2.3.2.1.2.2	Viáticos				S/. 200.00	
2.3.2.2.3	Teléfono				S/. 300.00	
2.3.2.2.3	Internet				S/. 300.00	
2.3.2.2.4	Fotocopias				S/. 200.00	
2.3.2.2.4	Impresiones				S/. 400.00	
2.3.1.11.1	Varios (costeados por el investigador)				S/. 526.00	
2.3.1.11.1	Varios (costeados por la empresa)				S/. 4,500.00	
<b>III. HUMANO</b>						<b>S/. 16,200.00</b>
2.3.2.7.3	Personal Operario Arin S.A.				S/. 7,200.00	
2.3.2.7.3	Personal Administrativo Arin S.A.				S/. 9,000.00	
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>						<b>S/. 40,900.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Además, el desarrollo del proyecto se llevará de acuerdo a lo establecido en el cronograma de implementación del proyecto de mejora, el cual se muestra a continuación:

**Tabla 14.** Cronograma del desarrollo del proyecto

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
Empresa: ARIN S.A.	Nombre del proyecto: Implementacion del ciclo PHVA para mejorar la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A.																										
Área: Producción																											
Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher	Fecha de Inicio del proyecto: 09/04/2018																										
Validado por: Rubio Falcon Carlos	Fecha de Termino del proyecto: 24/10/2018																										
ACTIVIDADES	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<b>I. PLANIFICAR (PLAN)</b>																											
Analisis de la problemática y oportunidad de la empresa	■																										
Reunion con la alta gerencia (Lluvia de ideas, etc).		■																									
Identificacion del problema		■	■																								
Realizar el levantamiento de informacion (Pre Test)		■	■	■																							
Establecimiento de indicadores, Objetivos, etc.			■	■																							
Reunion con la alta gerencia y jefe de la seccion responsable			■	■																							
Medicion y análisis de los indicadores establecidos (Pre Test)					■	■	■	■	■	■	■	■															
<b>II. HACER (DO)</b>																											
Redistribucion de la seccion de Casting (Lay-out)													■	■													
Implementacion de otras acciones de mejora													■	■	■												
Implementacion de Estudio de trabajo													■	■	■	■											
Implementacion de Estudio de tiempos													■	■	■	■											
<b>III. VERIFICAR (CHECK)</b>																											
Medicion y análisis de los indicadores establecidos (Post Test)																		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>IV. ACTUAR (ACT)</b>																											
Estandarizar nuevos procedimientos, acciones de mejora, etc.																									■	■	■
Presentar documentacion pertinente																										■	■
Reunion con alta gerencia (Presentacion resultados)																										■	■

**Fuente:** Elaboración propia

## **Primera etapa, Identificar y determinar el problema a estudiar**

El problema a identificar constituye una dificultad que afecta el eficiente desenvolvimiento de las operaciones de una de las líneas productivas más importante de la empresa. Un evento causado por la ausencia de una situación en particular, y que para darle solución se requiere de un conjunto de acciones metódicas y sistemáticas.

Las empresas están en una búsqueda constante por lograr un crecimiento de la demanda de los productos que ofrecen. Sin embargo, se transforma en un gran problema cuando no se anticipa al crecimiento de la demanda y esta insatisfacción termina generando oportunidades para nuevos competidores y la exclusión de la empresa del negocio. Más aun con la alta competitividad que existe en los mercados internacionales, en especial el de la joyería, por las altas exigencias de los clientes.

Estas exigencias constantemente se tornan más influyentes en las decisiones de compra y expectativas de los bienes o servicios. Por ello las empresas deben y buscan alcanzar unos altos niveles de calidad, así como alcanzar una alta eficiencia y eficacia en todos sus procesos productivos. Optimizando sus procesos y recursos a fin de lograr tiempos y costos óptimos que aseguren la competitividad productiva de la empresa.

En el caso de Arin S.A., actualmente se tienen oportunidades de incrementar las ventas al exterior, y, por ende, se debe incrementar la productividad. Sin embargo, Arin S.A. presenta limitaciones en su capacidad productiva para atender los grandes volúmenes de pedido que se vienen solicitando. La alta gerencia, manifiesta su preocupación por la realidad problemática actual del proceso de casting, teniendo una producción promedio diario de 93 piezas en cera por jornada laboral. Asignándose, en muchas ocasiones horas extras para buscar lograr cubrir con la capacidad establecida diaria y al analizar la producción diaria con respecto a la capacidad productiva establecida, no se tiene una correlación directa.

Debido a las múltiples oportunidades comerciales que se han presentado, pedidos que no se han podido cumplir o atender, inclusive con posibilidades de extender y posicionarnos en nuevos y más grandes mercados internacionales, y los cuales no se están pudiendo concretar podemos afirmar y determinar que el principal problema es la baja productividad del proceso productivo de casting.

### **Segunda etapa, análisis de la situación actual**

El plan de mejora que propone el Autor de la presente investigación y la Gerencia, pasa por una propuesta integral, poniendo en especial énfasis y cuidado el tema de la gestión de la línea productiva de casting y del negocio en general. Buscando mejorar e incrementar las capacidades y recursos que actualmente posee la empresa para mejorar continuamente la productividad de sus líneas productivas.

Por otro lado, al estudiar las oportunidades de la empresa Arin S.A. antes expuesta, se nota que actualmente no existe un adecuado aprovechamiento de los recursos, que permita tener un sistema productivo de mejora continua que incremente la productividad, mucho menos un flujo de actividades óptimo que genere un impacto positivo en el control efectivo del proceso productivo y del producto final.

Por esa razón, se determinó una serie de indicadores, entre los cuales los indicadores de mayor impacto son la **eficacia** y la **eficiencia** que con llevaran a un incremento de la **Productividad** del proceso productivo.

### **Tercera etapa, Identificar y analizar las causas raíces del problema**

La gerencia ha priorizado el incremento de la capacidad de producción (productividad), analizando la posibilidad de incorporar una nueva máquina de inyectado a vacío de goma líquida a futuro. Así mismo, la recopilación de data, formulación de formatos y modificación de fuentes de información necesaria para el proyecto de mejora.

De esta manera, se proyecta a corto y mediano plazo alcanzar un beneficio sostenible, ya que al contar con un sistema de mejoramiento continuo que sea óptimo para la línea productiva de casting se economizarían recursos y se cumpliría con las órdenes de los clientes.

La meta planteada por la gerencia de la empresa Arin S.A. es que, para el mes de noviembre, una vez implementado las mejoras en el proceso productivo de casting, se pueda lograr una productividad de 200 por jornada laboral, con lo cual nuestra capacidad productiva se incrementaría a 3600 al mes, considerando un turno de 8 horas de trabajo 22 días al mes.

Con estos niveles de productividad de la línea productiva de Casting podremos entender a nuestros clientes potenciales que ya nos han mostrado su interés en adquirir nuestros productos.

Es por ello que posterior a haber descifrado las causas que inciden en el problema principal de la baja productividad del proceso productivo de casting se establecerán las estrategias de mejora más acordes y factibles que permitan lograr con el objetivo del presente proyecto. Mostrándose al detalle a continuación:

#### **Cuarta etapa, establecer un plan de acción (metas)**

##### **(a). Redistribución de la planta con el diagrama de relación de actividades, para el uso eficiente de los espacios.**

Se propone determinar técnicamente una nueva distribución de la sección de casting, considerando en la misma, las modificaciones que se proponen en el proceso y las nuevas incorporaciones que se plantea adquirir, apoyado de las 5's que está implementando la empresa. Entre los efectos esperados busca solucionar los problemas de los largos y repetitivos desplazamientos de materiales y operarios, reducir el tiempo de las operaciones, así como optimizar espacio para la instalación de nuevas máquinas.

### **(b). Mejorar la calidad**

Se propone determinar nuevos procedimientos en las operaciones más críticas del proceso productivo, en especial la operación de inyectado de cera. Entre los efectos esperados busca reducir el problema de alto porcentaje de piezas rechazadas, la eliminación y reducción de tiempos de actividades originadas por este problema. Por ejemplo: la operación de quitar rebaba.

### **(c). Incremento de la capacidad de producción de la línea productiva**

Se plantea un incremento significativo de la capacidad productiva del proceso de casting mediante la incorporación de una máquina de pesado y un estante de moldes en el área de producción que permita agilizar el tiempo y flujo de actividades que comprende el proceso productivo.

Con esto se pretende atacar directamente el problema de la baja productividad, así como el cuello de botella que significa el inyectado de cera líquida y otras actividades con tiempos y métodos que no agregan valor a la cadena productiva.

### **Mejora del métodos y tiempos**

Se plantea desarrollar un estudio de métodos en las operaciones que requieran de métodos más sencillos y eficientes. Entre los efectos esperados busca optimizar la eficiencia Hombre-Máquina de aquellas operaciones con esta característica, la eliminación de movimientos ineficientes y tiempos muertos que no generen valor agregado a la cadena productiva

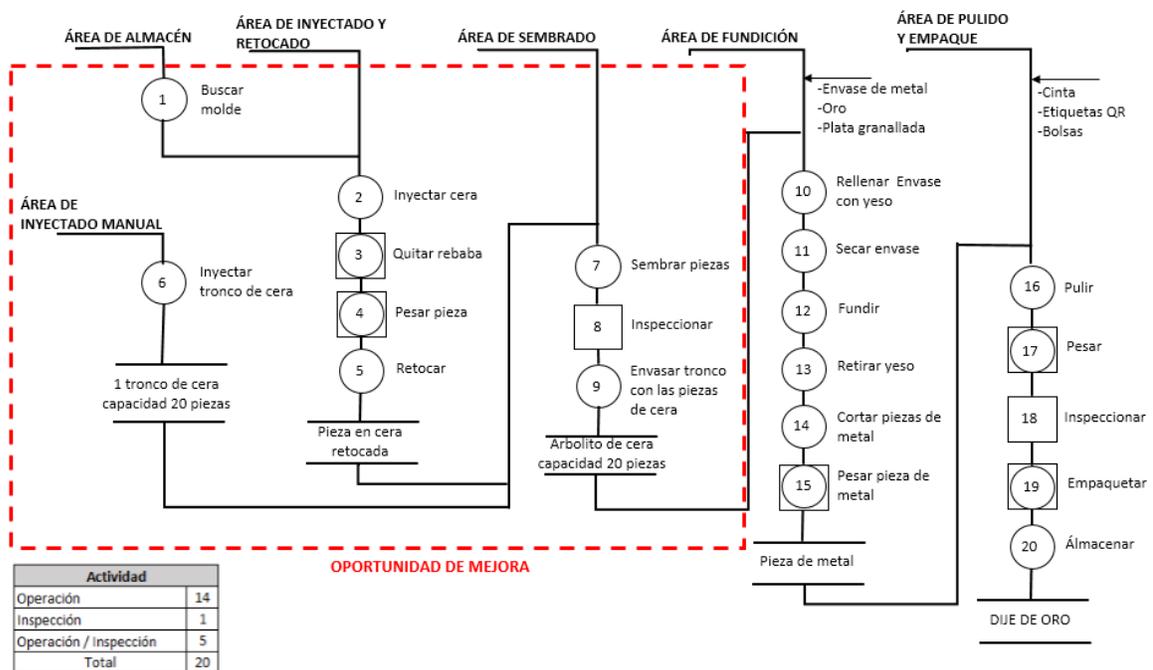
Así mismo, se plantea desarrollar un estudio de tiempo, aplicado al nuevo proceso de producción y que logre reducir el tiempo estándar. Entre los efectos esperados busca la optimizar y determinar una nueva capacidad instalada.

## Balance de línea

Se plantea desarrollar un balance de línea que permita optimizar los recursos y mejorar la eficiencia de estos. Entre los efectos esperados busca distribuir óptimamente a los operarios según los tiempos estándares determinados en cada actividad del proceso productivo.

Si bien es cierto, estas acciones de mejora afectaran de manera positiva a toda la cadena productiva de la fabricación de árbol de cera. Se estableció algunas acciones de mejora basadas en los puntos determinados previamente que complementaran aún más a la optimización de las operaciones.

**Figura 20.** Determinación de la oportunidad de mejora dentro del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia

**Figura 21.** Formato de oportunidad de mejora a la operación de buscar molde

	<b>FORMATO DE MEJORA DE OPERACIONES</b>
<b>ACTIVIDAD</b>	1) BUSCAR MOLDE DE CAUCHO
<b>INICIO DE ACTIVIDAD</b>	Dirigirse hacia el almacén de moldes
<b>TERMINO DE LA ACTIVIDAD</b>	Trasladar molde al área de inyectado
<b>RESPONSABLE(S)</b>	Karina S. / Isaac Z. / Isabela M. /Abraham L.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<p>Esta operación comienza cuando el empleado encargado (inyectador) se desplaza hacia el almacén de moldes para conseguir los moldes requeridos. Una vez llegado al almacén se dispone a buscar los moldes requeridos para la producción de dijes. Esta búsqueda se realiza de acuerdo a los requerimientos de la orden diaria de producción (Pending). Finalmente, los moldes requeridos son trasladados al área de inyectado para continuar con el proceso productivo.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Pre Test): 21.50 min/árbol de cera (20 pzas)</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Pre Test): 30 metros</b></p>
<b>PROPUESTA</b>	<p>La propuesta de mejora consiste en la realización de una redistribución de la sección de Casting mediante del método de Muther. Esta herramienta permitirá mejora la utilización efectiva del personal, espacio, energía, el flujo y control de los materiales y procesos.</p> <p>Así mismo, se elaborará una distribución del almacén de moldes y un formato de inventario para reducir el tiempo de búsqueda de moldes.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Mejora) de la operación (min): 11.89 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (mts): 8 metros</b></p>
<b>LOGRO</b>	<p>Una reducción del tiempo estándar de la operación de: 9.71 min/árbol de cera</p> <p>Una reducción del desplazamiento de: 22 metros</p>
<b>ELABORADO POR</b>	Sarmiento Bobadilla Cristopher
<b>VALIDADO POR</b>	Rubio Falcon Carlos

**Figura 22.** Formato de oportunidad de mejora a la operación de inyectar cera

	<b>FORMATO DE MEJORA DE OPERACIONES</b>
<b>ACTIVIDAD</b>	2) INYECTAR CERA
<b>INICIO DE ACTIVIDAD</b>	Configurar maquina (Temperatura, Clamp, presión y tiempo de inyectado)
<b>TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD</b>	Retirar pieza del molde de caucho
<b>RESPONSABLE(S)</b>	Karina S. / Isaac Z. / Isabela M. /Abraham L.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<p>Dicha operación comienza ajustando los parámetros establecidos en la máquina de inyectado al vacío. Posteriormente el molde es abierto y se espolvorea talco en su interior con la finalidad de que la cera líquida se distribuya homogéneamente dentro del molde. Luego se cierra el molde y se inserta la ranura del molde dentro del punto de inyectado, posteriormente se presiona el botón de inyectado y se espera el tiempo configurado previamente. Finalmente se enfría mediante aire a presión y se desprende la pieza en cera cuidadosamente del molde de caucho.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Pre Test): 24.01 min/árbol de cera</b>  <b>% de piezas rechazadas (Pre Test): 18 % de la producción diaria</b></p>
<b>PROPUESTA</b>	<p>La propuesta de mejora consiste en la realización de una redistribución de la sección de Casting mediante el método de Muther. Esta herramienta permitirá mejora la utilización efectiva del personal, espacio, energía, y el flujo y control de los materiales y procesos.</p> <p>Así mismo, se realizará la compra de una balanza que permitirá reducir los tiempos de la operación y la distancia recorrida.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Post Test): 13.84 min/árbol de cera</b>  <b>% de piezas rechazadas (Pre Test): 9 % de la producción diaria</b></p>
<b>LOGRO</b>	<p>Una reducción del tiempo estándar de la operación de: 10.17 min/árbol</p> <p>Una reducción del % de piezas rechazadas de 18% a 9% de la producción diaria</p> <p>La eliminación de la actividad de Quitar rebaba</p>
<b>ELABORADO POR</b>	Sarmiento Bobadilla Cristopher
<b>VALIDADO POR</b>	Rubio Falcon Carlos

**Figura 23.** Formato de oportunidad de mejora a la operación de pesar pieza

	<b>FORMATO DE MEJORA DE OPERACIONES</b>
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4) PESAR PIEZA DE CERA</b>
<b>INICIO DE ACTIVIDAD</b>	Trasladar la pieza hacia la balanza
<b>TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD</b>	Trasladar pieza hasta el área de retocado
<b>RESPONSABLE(S)</b>	Karina S. / Isaac Z. / Isabela M. /Abraham L.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<p>En esta operación, el empleado encargado (inyectador) se desplaza hacia la balanza para verificar el peso de la pieza de cera inyectada. Luego configura la balanza para poder pesar la pieza, se tiene que esperar en caso este siendo operada por otra persona.</p> <p>Posteriormente, la pieza de cera es pesada, en esta actividad se corrobora que el peso de la pieza este dentro del rango de pesos establecido por la orden de producción diaria. Finalmente, el trabajador traslada la pieza hacia el área de retocado para continuar con el proceso productivo.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Pre Test): 8.75 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Pre Test): 7 metros</b></p>
<b>PROPUESTA</b>	<p>La propuesta de mejora consiste en la realización de una redistribución de la sección de Casting mediante el método de Muther. Esta herramienta permitirá mejora la utilización efectiva del personal, espacio, energía, y el flujo y control de los materiales y procesos.</p> <p>Así mismo, se realizará la compra de una balanza que permitirá reducir los tiempos de la operación y la distancia recorrida.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Post Test): 4.19 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Post Test): 2 metros</b></p>
<b>LOGRO</b>	<p>Una reducción del tiempo estándar de la operación de: 4.56 min/árbol de cera</p> <p>Una reducción del desplazamiento de: 5 metros</p>
<b>ELABORADO POR</b>	Sarmiento Bobadilla Cristopher

**Figura 24.** Formato de oportunidad de mejora a la operación de retocar pieza

	<b>FORMATO DE MEJORA DE OPERACIONES</b>
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4) RETOCAR PIEZA DE CERA</b>
<b>INICIO DE ACTIVIDAD</b>	Retocar la pieza en cera
<b>TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD</b>	Trasladar pieza al área de sembrado
<b>RESPONSABLE(S)</b>	Demetria S. / Judith T. / Zulema G.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<p>En esta operación el empleado encargado (Retocador), limpia, arregla imperfecciones, quita la rebaba, acomoda la pieza, trasplanta “sprue”, cubren huecos en la pieza entre otras funciones que permitan tener una pieza óptima para realizar el proceso de fundición. Finalmente, el trabajador traslada la pieza hacia el área de sembrado para continuar con el proceso productivo.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Pre Test): 10.92 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Pre Test): 2 metros</b></p>
<b>PROPUESTA</b>	<p>La propuesta de mejora consiste en base a las mejoras realizadas en el proceso de inyectado de cera, tener piezas en cera con menos imperfecciones que permitan reducir el tiempo actual de esta operación y la redistribución de la sección.</p> <p>Así mismo, se establecerán grupos de trabajo que permitan medir, controlar y aumentar la eficiencia y competitividad del personal.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Post Test): 8.89 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Post Test): 0 metros</b></p>
<b>LOGRO</b>	<p>Una reducción del tiempo estándar de la operación de: 2.03 min/árbol de cera</p> <p>Una reducción del desplazamiento de: 2 metros a 0 metros</p>
<b>ELABORADO POR</b>	Sarmiento Bobadilla Cristopher
<b>VALIDADO POR</b>	Rubio Falcon Carlos

**Figura 25.** Formato de oportunidad de mejora a la operación de retocar pieza

	<b>FORMATO DE MEJORA DE OPERACIONES</b>
ACTIVIDAD	7) SEMBRAR PIEZA
INICIO DE ACTIVIDAD	Dirigirse a la inyectora manual
TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD	Sembrar pieza
RESPONSABLE(S)	Carol H.
PROCEDIMIENTO	<p>En esta operación el empleado encargado (Sembrador), se dirige a la inyectora manual para realizar el inyectado de un tronco de cera. Luego traslada el tronco de cera a su área de trabajo, donde posteriormente realiza la unión de las piezas en el tronco formando un árbol de cera con capacidad de hasta 20 piezas.</p> <p><b>Tiempo Estándar (Pre Test): 13.69 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Pre Test): 8 metros</b></p>
PROPUESTA	<p>La propuesta de mejora consiste en la reevaluación de la eficiencia Hombre- Máquina, mediante el establecimiento de un nuevo diagrama Bimanual que permita reducir tiempo muertos e improductivos</p> <p><b>Tiempo Estándar (Post Test): 11.39 min/árbol de cera</b>  <b>Longitud total de desplazamiento (Post Test): 4 metros</b></p>
LOGRO	<p>Una reducción del tiempo estándar de la operación de: 2.30 min/árbol de cera</p> <p>Una reducción del desplazamiento de: 4 metros</p>
ELABORADO POR	Sarmiento Bobadilla Cristopher
VALIDADO POR	Rubio Falcon Carlos

Todas las acciones de mejora descritas anteriormente y las cuales ayudarán a incrementar la productividad del proceso productivo de casting se realizarán de acuerdo a lo programado y establecido en el siguiente cronograma del desarrollo de la implementación del ciclo PHVA.

### **2.7.1. Ejecución de la propuesta (Hacer)**

#### **Quinta etapa, implementar el plan de acción**

A modo de iniciar la ejecución de las propuestas planteadas se realizó una reunión con la jefa de ingeniería de mejora de procesos, el practicante de mejora de procesos, los jefes del proceso productivo de casting, los trabajadores de dicha sección, el gerente de producción y el gerente general indicando los problemas encontrados en dicho proceso productivo y las mejoras planteadas para su solución y mejora, durante un lapso de tiempo establecido.

En la reunión se estableció que el tiempo de implementación de la mejora sería de 1 mes, en los cuales después de su ejecución se evaluaría y se darían las acciones correctivas correspondientes que nos ayuden a lograr una mejora de la productividad en dicho proceso. Cuya implementación se detalla a continuación:

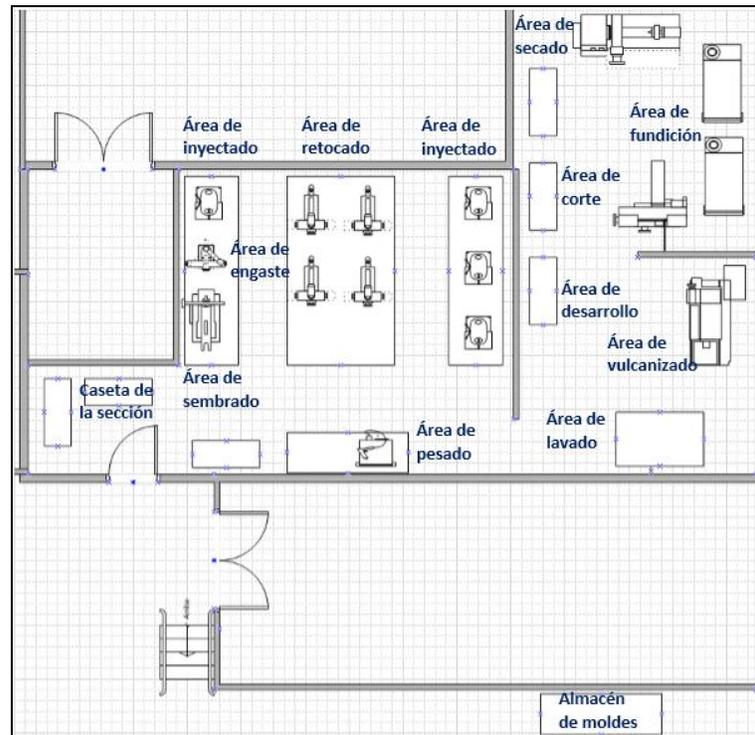
El periodo de implementación determinado se estableció con el objetivo de generar la mejora de la productividad en el menor tiempo posible y sin comprometer los recursos disponibles para el proceso productivo de casting de la empresa en estudio.

#### **(a). Redistribución de la planta con el método de Muther, para el uso eficiente de los espacios.**

El objetivo de los layout diseñados para las diversas áreas de una empresa, tienen como objetivo optimizar los desplazamientos y la precisión en la colocación o ubicación de las herramientas o existencias. Sin embargo, dada la situación problemática mencionada anteriormente, el diseño layout existente en la sección de casting, en la cual se lleva el proceso productivo, presenta una serie de deficiencias que impiden que los desplazamientos y actividades de los trabajadores se realice de manera óptima.

Actualmente, se identifica que la sección de casting si bien posee una buena distribución, existen algunas deficiencias en la ubicación de las máquinas y herramientas, teniendo como resultado tiempo y actividades ineficientes.

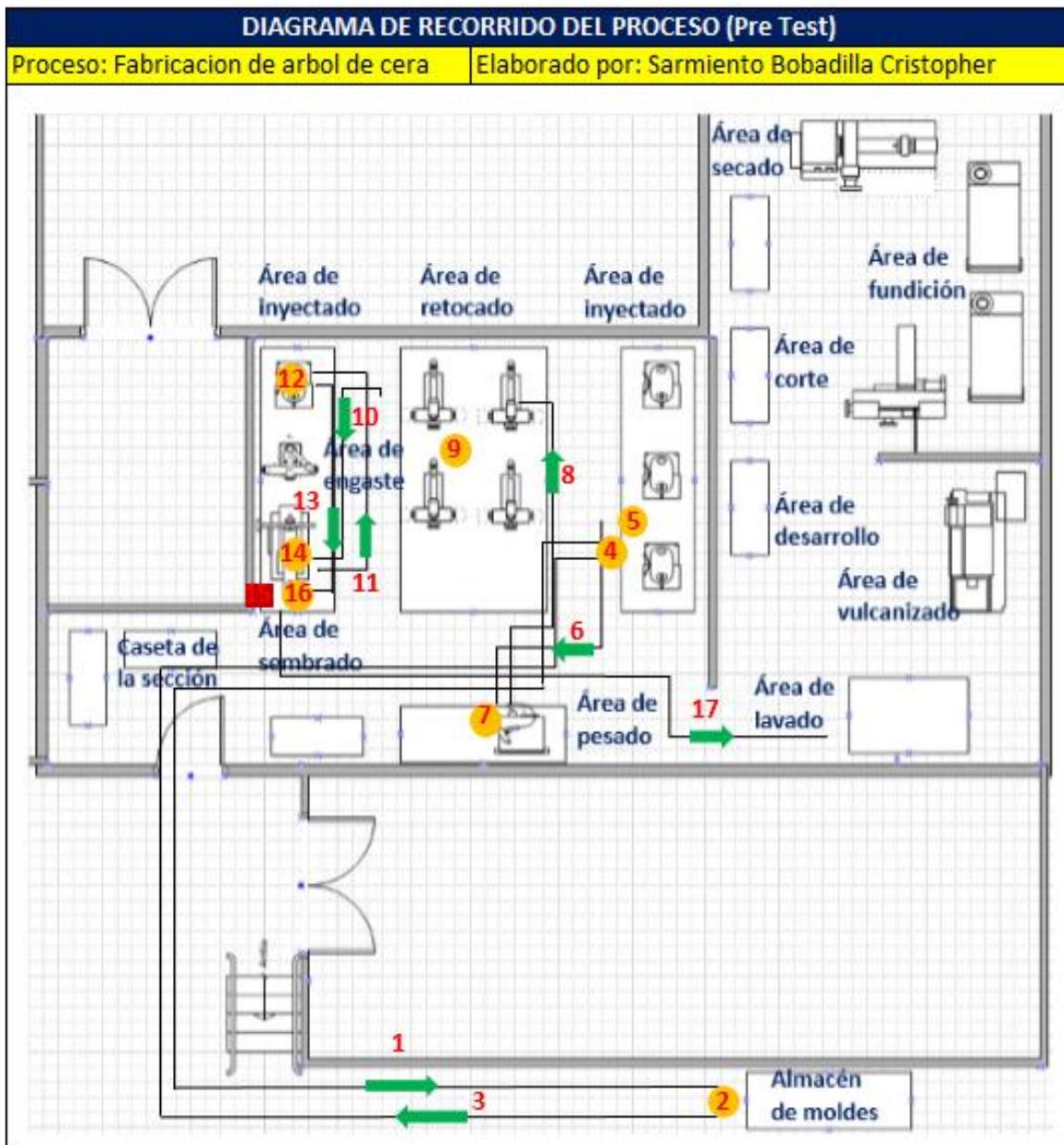
**Figura 26.** Layout de la sección de casting (Pre Test)



**Fuente:** Elaboración propia

Para evidenciar mejor el flujo de las operaciones que conlleva el proceso de fabricación de árbol de cera se realizó un diagrama de recorrido.

**Figura 27.** Diagrama de recorrido del proceso (Pre Test)



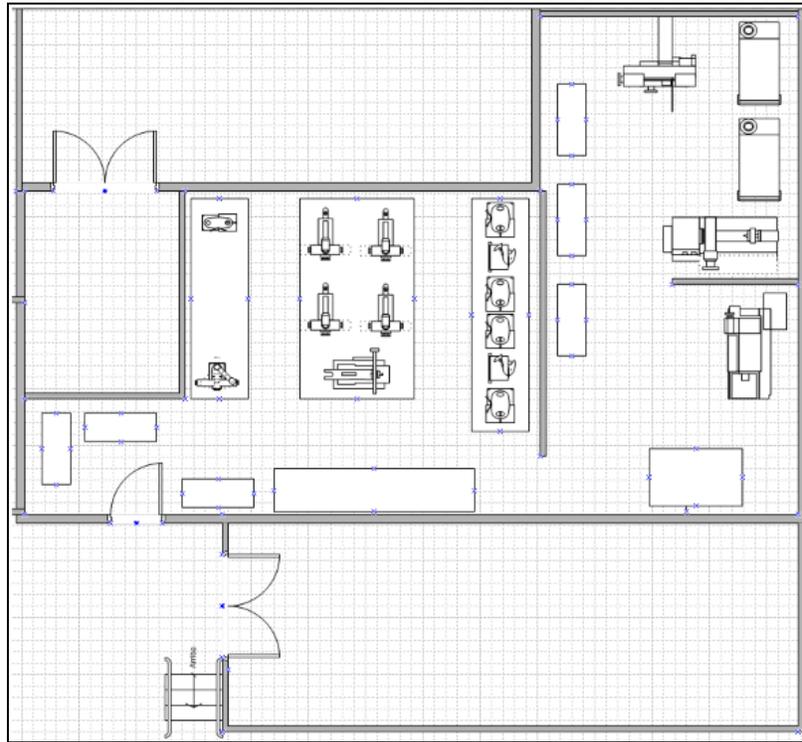
**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura, actualmente el proceso está compuesto de 8 actividades de transporte, 8 operaciones y 1 inspección; dando un total de 17 actividades.

Posteriormente, para efectos de la mejora de la distribución de la sección de casting, se procederá emplear el método Muther.



**Figura 29.** Layout de la sección de casting (Post Test)

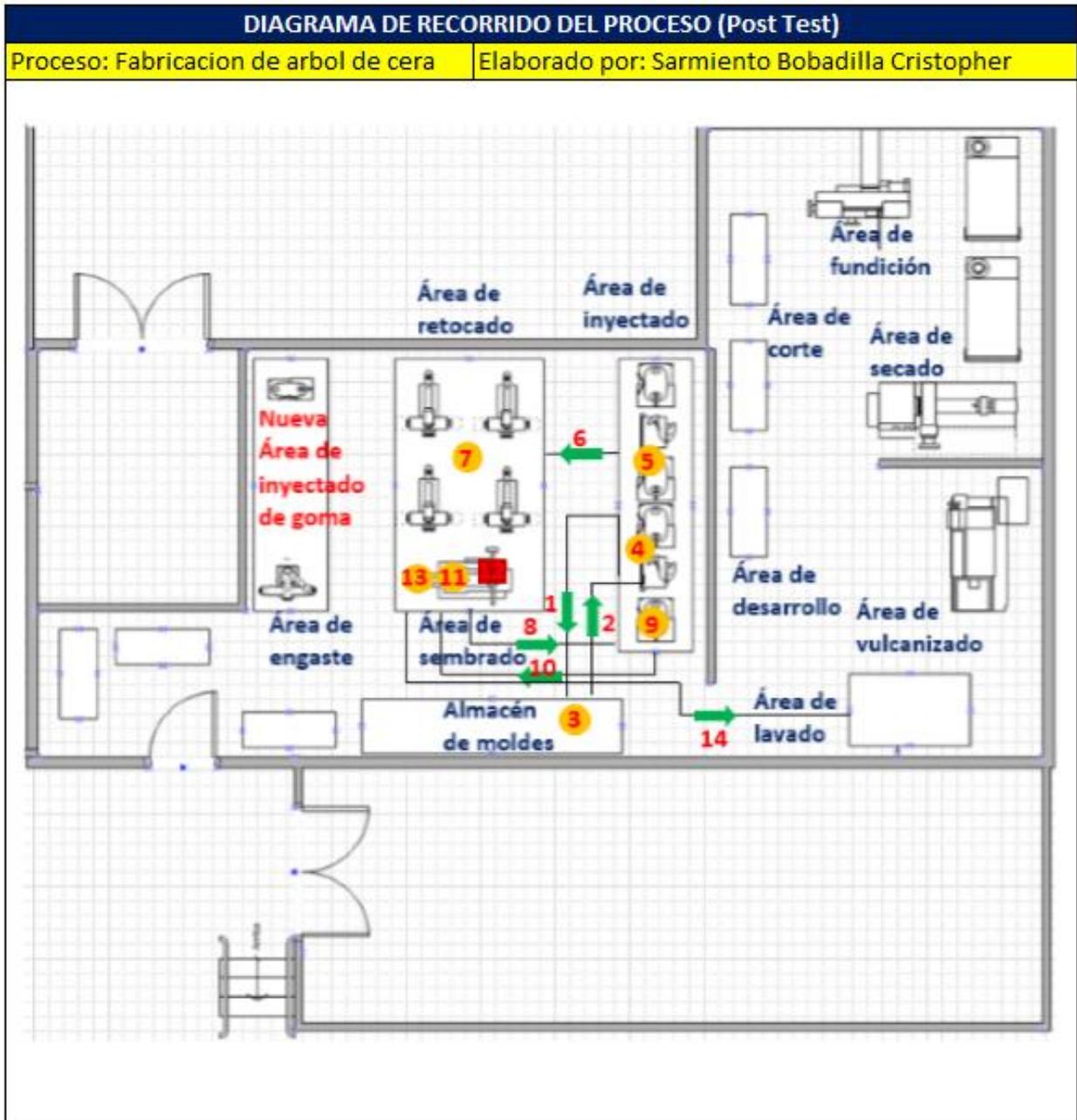


**Fuente:** Elaboración propia

Estos cambios en la distribución de la sección de casting permitieron a su vez optimizar espacio para la instalación de una nueva máquina de inyectado de plástico, la cual no se encontraba dentro de la sección por carencia de espacio.

Para evidenciar la mejora en el flujo de las operaciones que conlleva el proceso de fabricación de árbol de cera se realizó un diagrama de recorrido

**Figura 30.** Diagrama de recorrido del proceso (Post Test)



**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la figura, el diagrama de recorrido posterior a la implementación de acciones de mejora consta de 7 actividades de transporte, 6 operaciones y 1 inspección; dando un total de 14 actividades.

Así mismo, se realizó un formato en el cual se catalogaba todos los moldes de caucho para que el usuario al momento de buscar solo necesite colocar el nombre del molde para automáticamente el formato indicar en qué lugar se encuentra y las cantidades con las que se cuenta. Reduciendo el tiempo de búsqueda de moldes de

**Figura 31.** Formato de inventario de moldes de caucho de la sección de casting

INVENTARIO DE MOLDES DE CAUCHO DE LA SECCION DE CASTING					
<b>BUSCAR</b>	Anillo Art 045	<b>1-A10</b>			
CODIGO	NOMBRE DE MATERIAL	UBICACIÓN	CANTIDAD	TIPO	MATERIAL
1600460015	Anillo Art 045	1-A10	1	Base QG	Au
1600460012	Anillo Art 046	1-C1	1	Base QG	Au
1600460012	Anillo Art 063	1-D3	1	Base QG	Au
1601008000	Anillo Hoja 012	1-D3	1	Base QG	Au
1500416010	Arete AN 010 A	1-F5	1	Base QG	Au
1500416010	Arete AN 010 B	2-A6	1	Base QG	Au
1500416011	Arete AN 021	2-E4	1	Base QG	Au
1500050003	Arete Círculo 011	2-F8	1	Base QG	Au
1500053003	Arete Corazón 009	1-D10	1	Base QG	Au
1500053003	Arete Corazón	1-C2	1	Base QG	Au
1500705003	Arete Flor 012	1-H5	1	Base QG	Au
1500694000	Arete Mariposa 008	2-C6	1	Base QG	Au
1800082001	Br. CHP 15.5	1-D4	2	Accesorio	Au
1820808000	Capuchón BR 015 A-B	1-E8	3	Accesorio	Au
1820001002	Capuchón Redondo 6.8 A	1-F10	2	Accesorio	Au
1820001002	Capuchón Redondo 6.8 B	2-B2	2	Accesorio	Au
1800082003	CHP 13 #3	1-B1	1	Accesorio	Au
0550808000	Contra Arg BR 15.5	2-B6	7	Accesorio	Au
2300416012	Dije AN 048	1-C4	1	Base QG	Au
2300416001	Dije AN 31	2-I9	1	Base QG	Au
2300416012	Dije AN 312	2-H7	1	Base QG	Au
2300416001	Dije AN 400	1-A4	1	Base QG	Au
2300760019	Dije Cruz 096 #2	1-A6	1	Base QG	Au
2300760011	Dije Cruz 096 #2	2-C3	1	Base QG	Au
2300760011	Dije Cruz 096	2-D2	1	Base QG	Au
2300760000	Dije Cruz 336	2-D2	1	Base QG	Au

**Fuente:** Elaboración propia

La implementación de estas mejoras significó una reducción de desplazamiento de 52 metros a 25 metros por cada fabricación de árbol de cera compuesto de 20 piezas realizado. Todo esto dando como resultado una disminución del tiempo estándar de 93.36 min/árbol de cera (20 piezas) a 59.23 min/árbol de cera (20 piezas).

(c). Mejorar la calidad

**Tabla 15.** Porcentaje de piezas rechazadas (Pre Test)

CUADRO DE PORCENTAJES DE PIEZAS RECHAZADAS (Pre Test)									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricacion de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Cristopher				
Método: Pre Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	Cantidad rechazado (pzas)	Cantidad producida (pzas)	% Rechazo	N°	Fecha	Cantidad rechazado (pzas)	Cantidad producida (pzas)	% Rechazo
1	31-may	23	135	17%	26	01-jun	22	133	17%
2	01-may	24	135	18%	27	02-jun	26	136	19%
3	02-may	23	136	17%	28	04-jun	24	134	18%
4	03-may	22	134	16%	29	05-jun	27	135	20%
5	04-may	22	135	16%	30	06-jun	25	138	18%
6	07-may	24	133	18%	31	07-jun	23	136	17%
7	08-may	23	138	17%	32	08-jun	25	134	19%
8	09-may	30	139	21%	33	09-jun	26	136	19%
9	10-may	24	135	18%	34	11-jun	25	137	18%
10	11-may	21	133	16%	35	12-jun	23	133	17%
11	14-may	22	133	16%	36	13-jun	28	138	20%
12	15-may	24	137	17%	37	14-jun	24	139	17%
13	16-may	27	136	20%	38	15-jun	25	138	18%
14	17-may	26	136	19%	39	16-jun	29	136	21%
15	18-may	22	133	17%	40	18-jun	25	137	18%
16	21-may	22	136	16%	41	19-jun	26	139	19%
17	22-may	24	134	18%	42	20-jun	24	135	18%
18	23-may	23	136	17%	43	21-jun	26	136	19%
19	24-may	26	138	19%	44	22-jun	27	134	20%
20	25-may	24	135	18%	45	23-jun	23	136	17%
21	26-may	27	136	20%	46	25-jun	26	137	19%
22	28-may	24	136	17%	47	26-jun	25	138	18%
23	29-may	25	135	19%	48	27-jun	23	137	17%
24	30-may	29	137	21%	49	28-jun	25	136	19%
25	31-may	25	139	18%	50	29-jun	24	137	17%
Porcentaje de Piezas rechazadas (Pre test)									18%

**Fuente:** Elaboración propia

Partiendo de los datos mostrados en la tabla 15, se analizó los tipos de problema más frecuentes que originan el rechazo de una pieza. Entre las causas principales que dan origen a que una pieza sea considerada rechazada son por material con excesiva rebaba, por ruptura o

poros, por falta de llenado y por no estar dentro del rango de peso establecida. Siendo este último mencionado la principal causa de rechazos como se evidencia en el siguiente gráfico:

**Gráfico 4.** Porcentaje de los tipos de problemas más frecuentes que originan el rechazo de una pieza en cera



**Fuente:** Elaboración propia

Es por ello que deben de cumplir una serie de parámetros establecidos como: El peso, el tiempo de inyección, el Clamp, la presión y temperatura de inyección. Las cuales, de no cumplir con estos parámetros podríamos obtener piezas rechazadas.

Dentro de los parámetros mencionados, según el análisis descrito previamente, el parámetro temperatura es el más significativo a la hora de buscar piezas acordes a la calidad deseada. Es por ello que se desarrolló, en base al Programa de producción diaria (Pending), establecer un orden al producir dichas piezas según la temperatura de forma ascendente (se iniciaba la producción con la pieza producida con menor temperatura hasta acabar la producción con la pieza con mayor temperatura).

Con este análisis se logró reducir el porcentaje de piezas rechazadas de 18% a 9% significando un incremento de la eficiencia de las operaciones y la eficacia, mostrándose al detalle en la siguiente tabla:

**Tabla 16.** Porcentaje de piezas rechazadas (Post Test)

<b>CUADRO DE PORCENTAJES DE PIEZAS RECHAZADAS (Post Test)</b>									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricación de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher				
Método: Post Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	Cantidad rechazado (pzas)	Cantidad producida (pzas)	% Rechazo	N°	Fecha	Cantidad rechazado (pzas)	Cantidad producida (pzas)	% Rechazo
1	31-may	27	186	14%	26	01-jun	15	175	8%
2	01-may	14	186	7%	27	02-jun	22	179	12%
3	02-may	20	188	11%	28	04-jun	19	180	11%
4	03-may	16	184	9%	29	05-jun	11	175	6%
5	04-may	11	187	6%	30	06-jun	16	179	9%
6	07-may	18	186	10%	31	07-jun	14	178	8%
7	08-may	12	187	6%	32	08-jun	15	175	9%
8	09-may	14	187	7%	33	09-jun	11	182	6%
9	10-may	16	185	9%	34	11-jun	15	180	8%
10	11-may	15	189	8%	35	12-jun	20	175	11%
11	14-may	23	182	12%	36	13-jun	19	178	11%
12	15-may	10	184	6%	37	14-jun	16	180	9%
13	16-may	9	188	5%	38	15-jun	14	179	8%
14	17-may	12	186	6%	39	16-jun	16	177	9%
15	18-may	13	185	7%	40	18-jun	17	177	10%
16	21-may	10	177	6%	41	19-jun	12	178	7%
17	22-may	15	188	8%	42	20-jun	13	178	7%
18	23-may	17	183	9%	43	21-jun	17	176	9%
19	24-may	19	185	10%	44	22-jun	10	180	6%
20	25-may	21	184	11%	45	23-jun	18	172	11%
21	26-may	12	186	6%	46	25-jun	12	173	7%
22	28-may	15	189	8%	47	26-jun	14	176	8%
23	29-may	17	188	9%	48	27-jun	11	180	6%
24	30-may	19	180	10%	49	28-jun	17	178	10%
25	31-may	17	184	9%	50	29-jun	17	177	9%
<b>Porcentaje de Piezas rechazadas (Post test)</b>									<b>9%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

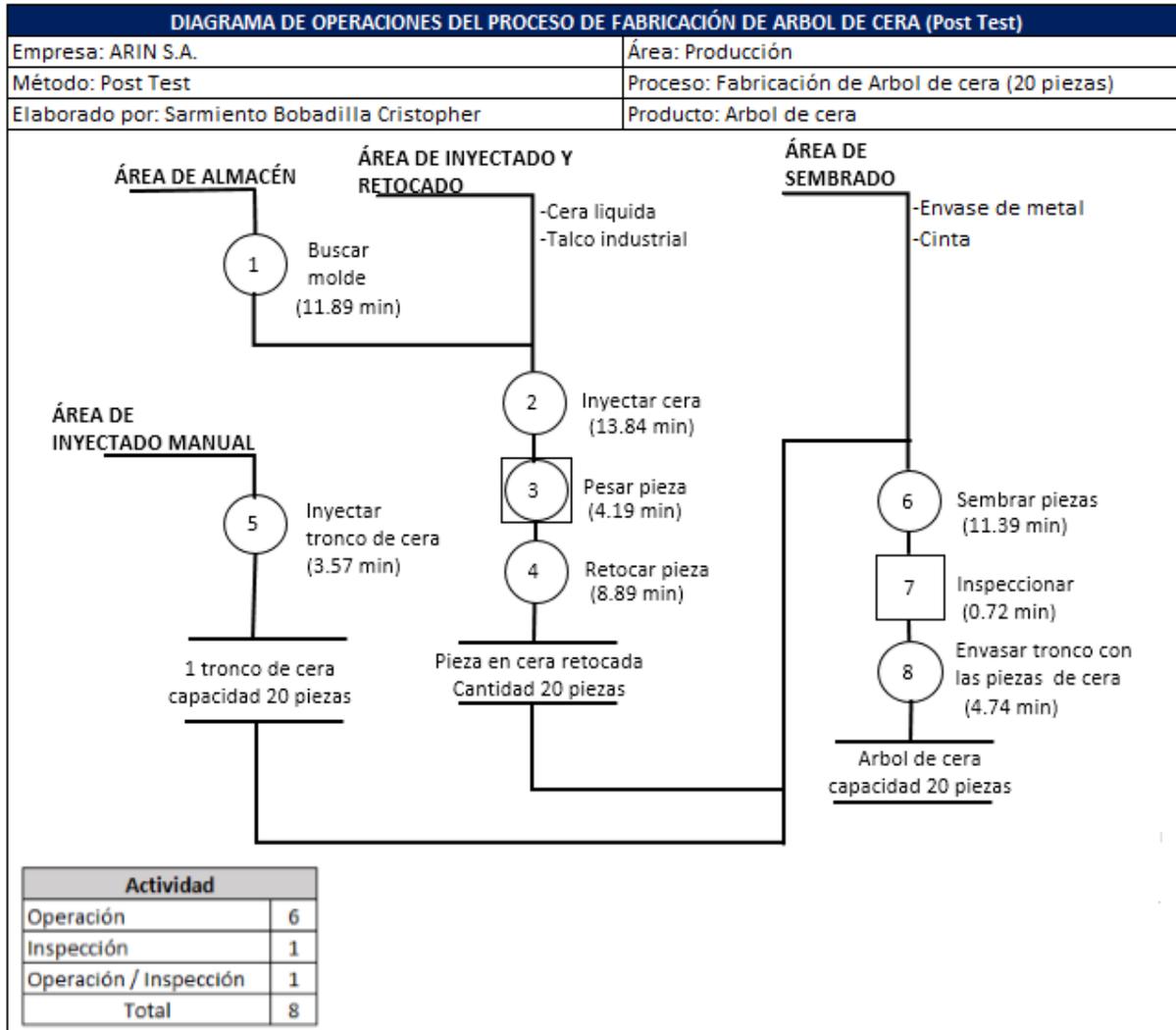
## **(a). Incremento de la capacidad de producción de la línea productiva**

### **Mejora de métodos y tiempos**

El objetivo de todo estudio de métodos y tiempo es mejorar los modos de desempeñar las actividades dentro de un proceso y optimizar respectivos tiempos de ejecución. Sin embargo, dada la situación problemática mencionada anteriormente, los métodos y tiempos destinados para la ejecución de las actividades del proceso de fabricación de árboles de cera presentan una serie de deficiencias que impiden que los trabajadores realicen de manera óptima sus labores. Dando como resultado una serie de tiempos muertos, actividades improductivas o innecesarias, demasiados movimientos repetitivos, reproceso, entre otros.

Es por ello que se identificó, mediante el uso de ingeniería de estudio de métodos, el flujo de actividades dentro del proceso productivo de casting después de la implementación de todas las mejoras.

**Figura 32.** Diagrama de Operaciones (DOP) del proceso de fabricación de árbol de cera (Post Test)



**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo con la figura 32, se muestra que después de las implementaciones las mejoras se tienen un número de operaciones de 8, significando la reducción de una actividad en relación con el DOP del proceso (Pre Test)

De igual manera, se analizó la secuencia todas las actividades que ocurren durante el proceso de fabricación de un árbol de cera post implementación de las mejoras mediante un Diagrama de Análisis de Operaciones (DAP).

**Tabla 17.** Diagrama de Análisis de Proceso de la fabricación de árbol de cera (Post Test)

CURSOGRAMA ANALITICO DAP (Post Test)									
Diagrama núm: 2		Hoja núm: 2 de 2		Resumen tiempo de ciclo					
Producto: Arbol de cera (20 piezas)		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Proceso: Producción de arbol de cera		Operación	8	7	1				
Método: Post Test		Trasporte	8	6	3				
Operario(s): Abraham S., Demetria L., Zulema S.		Espera	0	0	0				
Aprobado por: Rubio Falcon Carlos		Inspección	1	1	0				
Fecha: 21/08/2018		Almacenamiento	0	0	0				
Nº	Descripción	Dis-tancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➔	◐	◑	▼	
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	4	0.82	○					
2	Buscar molde		10.91	○					
3	Trasladar molde al área de inyectado	4	0.16	○					A mano
4	Inyectar cera		13.84	○					
5	Pesar la pieza		4.12	○					
6	Trasladar pieza al área de retocado	2	0.07	○					A mano
7	Retocar pieza		8.89	○					
8	Dirigirse hacia la inyectora manual	2	0.32	○					A mano
9	Inyectar tronco de cera		3.09	○					
10	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	2	0.16	○					
11	Sembrar pieza		11.39	○					A mano
12	Inspeccionar		0.72				○		
13	Envasar Arbolito de cera		4.59	○					
14	Trasladar al área de lavado	5	0.15	○					
<b>Total</b>		<b>19</b>	<b>59.23</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra la secuencia de actividades dentro del proceso, con su respectivo tiempo estándar y longitud de desplazamiento. El cual evidencia que el proceso después de la implementación de las acciones de mejora está compuesto de 7 operaciones, 6 actividades de transporte y 1 actividad de inspección; teniendo un total de 14 actividades. Significando una reducción de 3 actividades, una reducción de desplazamiento total de 33 metros.

Con la finalidad de efectuar la medición del trabajo de las operaciones de del proceso productivo, se realizó el estudio de tiempos para identificar y establecer los tiempos estándares después de la implementación de acciones de mejora de las diversas operaciones que ocurren en el proceso productivo de fabricación de un árbol de cera compuesto de 20 piezas.

Para ello, previamente se realizó la toma de tiempo de una cantidad de 20 observaciones preliminares.

**Tabla 18.** Consolidado de las observaciones preliminares del proceso (Post Test)

TOMA DE TIEMPO - PROCESO DE FABRICACION DE ARBOL DE CERA (Post Test)																					
Seccion: Casting		Estudio núm.: 2										Operario(s): Abraham S., Demetria L., Zulema S.									
Operación: Fabricacion Arbol de cera / Estudio de tiempos n°2		Hoja núm.: 2 de 2										Observado por: Sarmiento Bobadilla Christopher									
Producto: Arbol de cera (20 piezas)		Comienzo: 21/08/2018										Comprobado por: Rubio Falcon Carlos									
Material: Cera		Termino: 25/08/18																			
Cantidad: 1																					
N°	Descripción	Numero de Observaciones (Minutos)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09	0.10	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09
2	Buscar molde	10.08	9.43	9.67	10.00	9.58	9.83	9.58	9.67	9.75	10.23	8.52	10.54	9.67	9.58	10.05	9.58	9.83	10.15	9.92	10.13
3	Trasladar molde al área de inyectado	0.15	0.15	0.17	0.13	0.14	0.14	0.15	0.17	0.14	0.15	0.14	0.16	0.15	0.15	0.14	0.17	0.16	0.15	0.16	0.17
4	Inyectar cera	12.50	12.75	12.00	12.42	12.33	12.17	12.78	14.12	12.28	12.33	12.12	12.58	12.42	12.67	11.23	12.58	12.42	12.20	12.42	12.29
5	Pesar la pieza	4.22	3.89	4.15	3.78	3.89	3.92	4.02	3.95	3.67	4.00	4.10	3.98	3.87	3.68	4.05	4.03	3.69	3.75	4.05	3.78
6	Trasladar pieza al área de retocado	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
7	Retocar pieza	7.69	7.50	8.10	8.00	7.94	7.86	8.10	7.68	7.77	8.86	8.02	8.01	7.68	7.86	8.03	7.96	7.84	7.79	7.85	7.68
8	Dirigirse hacia la inyectora manual	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08
9	Inyectar tronco de cera	2.80	3.00	2.95	2.67	2.79	2.96	3.10	2.95	2.97	3.01	2.85	2.76	3.02	3.05	2.67	2.51	2.64	2.74	2.50	3.00
10	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.09	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07
11	Sembrar pieza	9.93	10.27	10.12	10.35	10.28	10.02	9.23	10.23	9.89	10.28	10.15	10.68	10.23	9.75	10.38	10.87	10.08	10.27	10.03	10.14
12	Inspeccionar	0.72	0.66	0.70	0.73	0.64	0.71	0.68	0.69	0.71	0.73	0.70	0.70	0.68	0.67	0.65	0.66	0.66	0.72	0.69	0.70
13	Envasar Arbolito de cera	3.95	4.02	3.96	4.08	4.99	4.12	4.59	4.98	4.23	3.92	5.02	4.69	4.55	3.99	4.89	4.36	4.05	4.15	4.09	3.88
14	Trasladar al área de lavado	0.14	0.15	0.16	0.14	0.16	0.15	0.15	0.16	0.15	0.14	0.16	0.16	0.12	0.15	0.14	0.16	0.14	0.15	0.15	0.11
<b>Total de minutos</b>		<b>52.51</b>	<b>52.15</b>	<b>52.31</b>	<b>52.61</b>	<b>53.06</b>	<b>52.20</b>	<b>52.67</b>	<b>54.91</b>	<b>51.89</b>	<b>53.97</b>	<b>52.08</b>	<b>54.60</b>	<b>52.67</b>	<b>51.88</b>	<b>52.56</b>	<b>53.18</b>	<b>51.81</b>	<b>52.39</b>	<b>52.18</b>	<b>52.19</b>

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente de haber realizado la toma de tiempo de las observaciones preliminares, se calculará el valor del promedio representativo de muestra para cada elemento o actividad mediante el método estadístico. Utilizando la fórmula para determinar el tamaño de la muestra. La cual se muestra a continuación:

**Tabla 19.** Cálculo del tamaño de la muestra (Post Test)

CALCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS (Post Test)					
Empresa:	ARIN S.A.	Área:	Producción		
Método:	Post Test	Proceso:	Fabricacion de Arbol de cera		
Elaborado por:	Sarmiento Bobadilla Christopher	Producto:	Arbol de cera (20 piezas)		
ITEM	DESCRIPCIÓN				
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	1.83	0.17		12
2	Buscar molde	195.79	1919.93		3
3	Trasladar molde al área de inyectado	3.04	0.46		9
4	Inyectar cera	248.60	3095.27		3
5	Pesar la pieza	78.47	308.34		3
6	Trasladar pieza al área de retocado	1.28	0.08		13
7	Retocar pieza	158.22	1253.12		2
8	Dirigirse hacia la inyectora manual	1.68	0.14		10
9	Inyectar tronco de cera	56.94	162.71		6
10	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	1.53	0.12		12
11	Sembrar pieza	203.18	2066.23		2
12	Inspeccionar	13.80	9.54		2
13	Envasar Arbolito de cera	86.51	377.24		13
14	Trasladar al área de lavado	2.94	0.44		13

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 19 nos muestra que el tamaño de la muestra de la actividad de dirigirse hacia el almacén de moldes de 12, buscar molde es 3, trasladar molde al área de inyectado es 9, inyectar cera es 3, pesar la pieza es 3, trasladar pieza al área de retocado es 13, así sucesivamente. El mayor número de la muestra fue de 12 y el menor de 2 ciclos.

Luego del cálculo del tamaño de la muestra por actividad, se realizó una toma de tiempo posterior. La cual se muestra a continuación:

**Tabla 20.** Toma de tiempos en base al tamaño de la muestra (Post Test)

TOMA DE TIEMPOS- NÚMERO DE MUESTRAS (Post Test)															
Empresa: ARIN S.A.					Área:					Producción					
Método: Post Test					Proceso:					Fabricacion de Arbol de cera					
Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Cristopher					Producto:					Arbol de cera (20 piezas)					
N°	Descripción de la Actividad	MÚMERO DE MUESTRAS (Pre Test)												Prom.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09	8.00		0.75
2	Buscar molde	9.97	9.81	9.92											9.90
3	Trasladar molde al área de inyectado	0.15	0.13	0.15	0.17	0.15	0.16	0.16	0.14	0.15					0.15
4	Inyectar cera	12.65	12.48	12.56											12.56
5	Pesar la pieza	3.89	3.78	3.95											3.87
6	Trasladar pieza al área de retocado	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.06	0.08	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.08	0.06
7	Retocar pieza	8.02	7.99												8.01
8	Dirigirse hacia la inyectora manual	0.09	0.10	0.09	0.08	0.10	0.09	0.70	0.70	0.80	0.10				0.29
9	Inyectar tronco de cera	2.68	2.97	2.75	2.94	2.86	2.91								2.85
10	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	0.08	0.09	0.07	0.10	0.10	0.08	0.08	0.07	0.10	0.08	0.07	0.10	0.90	0.15
11	Sembrar pieza	10.65	10.25												10.45
12	Inspeccionar	0.80	0.71												0.76
13	Envasar Arbolito de cera	3.96	4.15	3.95	4.35	3.99	4.12	4.23	4.10	4.38	5.00	4.12	4.38	3.97	4.21
14	Trasladar al área de lavado	0.15	0.14	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.15	0.11	0.14	0.16	0.14	0.12	0.14

**Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, se determinó el factor de valoración, el tiempo normal o base, los tiempos suplementarios y el tiempo estándar por actividad.

**Tabla 21.** Cálculo del tiempo estándar (Post Test)

CALCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR (Post Test)										
Empresa: ARIN S.A.			Área: Producción							
Método: Post Test			Proceso: Fabricacion de Arbol de cera							
Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Cristopher			Producto: Arbol de cera (20 piezas)							
Proceso de produccion del arbol de cera		Promedio de	F. Valoración	Tiempo	Suplementos %					Tiempo
Nº	Descripcion de la Actividad	t. observado	Esc.Britanica	Normal	FB	NP	C	PE	E	Estandar
1	Dirigirse hacia el Almacén de moldes	0.75	100	0.75	2%	5%	1%	1%	0%	0.82
2	Buscar molde	9.90	95	9.41	4%	5%	4%	1%	2%	10.91
3	Trasladar molde al área de inyectado	0.15	100	0.15	2%	5%	1%	1%	0%	0.16
4	Inyectar cera	12.56	95	11.94	4%	5%	4%	1%	2%	13.84
5	Pesar la pieza	3.87	95	3.68	4%	5%	2%	1%	0%	4.12
6	Trasladar pieza al área de retocado	0.06	100	0.06	2%	5%	2%	1%	0%	0.07
7	Retocar pieza	8.01	100	8.01	4%	5%	1%	1%	0%	8.89
8	Dirigirse hacia la inyectora manual	0.29	100	0.29	2%	5%	1%	1%	2%	0.32
9	Inyectar tronco de cera	2.85	95	2.71	4%	5%	4%	1%	0%	3.09
10	Trasladar tronco de cera al área de sembrado	0.15	100	0.15	2%	5%	1%	1%	0%	0.16
11	Sembrar pieza	10.45	100	10.45	2%	5%	1%	1%	0%	11.39
12	Inspeccionar	0.69	95	0.66	3%	5%	1%	1%	0%	0.72
13	Envasar Arbolito de cera	4.21	100	4.21	2%	5%	1%	1%	0%	4.59
14	Trasladar al área de lavado	0.14	95	0.13	4%	5%	4%	1%	1%	0.15
<b>Tiempo estandar total (min)</b>										<b>59.23</b>

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 21, el tiempo estándar promedio obtenido fue de 59.23 min por cada árbol de cera de 20 piezas. Con este tiempo estándar nuestra capacidad de producción es de 8 árboles de cera (o 160 piezas) considerando una jornada laboral de 8 horas.

Del análisis de los tiempos obtenidos también se ha podido determinar que las actividades que denotan un porcentaje de tiempo significativo dentro del proceso productivo de fabricación de árbol de cera se han reducido: Buscar molde (10.91 min), Inyectar cera (13.84 min), Retocar pieza (8.89 min), Sembrar pieza (11.39 min).

## Balance de línea

La meta productiva planteada por la empresa Arin S.A. es alcanzar una producción de 190 piezas o 9.5 árboles de cera por jornada efectiva de trabajo, por lo que se hace necesario equilibrar estos requerimientos con los recursos.

Determinar el número de operadores necesarios para el arranque de la operación:

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{Producción requerida}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$\text{Indice de productividad} = \frac{9.5 \text{ arboles de cera}}{480 \text{ minutos}}$$

$$\text{Indice de productividad} = 0.02 \text{ arboles de cera/min}$$

Posteriormente, se procedió a determinar el número de operadores para cada estación de trabajo, con un nivel de eficiencia del operario del 90%:

**Tabla 22.** Determinación del número de operarios

DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE OPERARIOS				
N°	ACTIVIDAD	T. ESTANDAR	N° OPERARIOS	
			TEORICO	REAL
1	Buscar molde	11.89	0.26	1
2	Inyectar cera	13.84	0.31	1
3	Pesar la pieza	4.19	0.09	1
4	Retocar pieza	8.89	0.20	1
5	Inyectar tronco de cera	3.57	0.08	1
6	Sembrar pieza	11.39	0.25	1
7	Inspeccionar	0.72	0.02	1
8	Envasar Arbolito de cera	4.74	0.11	1
<b>TOTAL</b>				<b>8</b>

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a lo mostrado en la anterior tabla, se tendría un operario asignado a cada actividad realizada, lo cual nos daría un total de 8 trabajadores para el proceso productivo de fabricación de árboles de cera.

**Tabla 23.** Minutos estándar asignado a las actividades

BALANCE DE LÍNEA				
N°	ACTIVIDAD			MIN. ESTANDAR ASIGNADOS
		T. ESTANDAR	N° OPERAD.	
1	Buscar molde	11.89	1	12.56
2	Inyectar cera	13.84	1	12.56
3	Pesar la pieza	4.19	1	12.56
4	Retocar pieza	8.89	1	12.56
5	Inyectar tronco de cera	3.57	1	12.56
6	Sembrar pieza	11.39	1	12.56
7	Inspeccionar	0.72	1	12.56
8	Envasar Arbolito de cera	4.74	1	12.56

**Fuente:** Elaboración propia

De esta manera, se puede evidenciar que el tiempo estándar asignado es el tiempo correspondiente a la actividad de inyectar cera con 12.56 árboles/min.

Partiendo de los datos mostrados, se procede a medir la eficiencia de la línea productiva

$$Eficiencia = \frac{\sum \text{Minutos estándar por operador}}{\text{Minutos estándar asignados} \times n^{\circ} \text{ operarios}} \times 100$$

$$Eficiencia = \frac{59.23 \text{ min}}{12.56 \text{ min} \times 8} \times 100$$

$$Eficiencia = 53\%$$

Según el análisis de la eficiencia de la línea es 53% contando con 8 trabajadores distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla 24.** Balance de línea actual

BALANCE DE LÍNEA			
Nº	ACTIVIDAD	T. ESTANDAR (MIN)	Nº OPERADORES ASIGNADOS
1	Buscar molde	11.89	4
2	Inyectar cera	13.84	
3	Pesar la pieza	4.19	
4	Retocar pieza	8.89	3
5	Inyectar tronco de cera	3.57	1
6	Sembrar pieza	11.39	
7	Inspeccionar	0.72	
8	Envasar Arbolito de cera	4.74	
TOTAL			8

**Fuente:** Elaboración propia

Según lo mencionado anteriormente, podemos apreciar que la línea posee una eficiencia del 53% contando con 8 trabajadores, lo que nos indica que pueden soportar más carga de trabajo o el número de trabajadores es muy alto con respecto a los tiempos de producción establecidos.

Es por ello, que se pretendió mejorar la eficiencia de la línea productiva determinado un numero de operarios que produzcan la misma cantidad de piezas proyectadas y con los mismos recursos. En este caso se determinó que el número de trabajadores seria de 5 operarios.

**Tabla 25.** Balance de línea mejorado

BALANCE DE LÍNEA MEJORADO			
Nº	ACTIVIDAD	T. ESTANDAR (MIN)	Nº OPERADORES ASIGNADOS
1	Buscar molde	11.89	3
2	Inyectar cera	13.84	
3	Pesar la pieza	4.19	
4	Retocar pieza	8.89	1
5	Inyectar tronco de cera	3.57	1
6	Sembrar pieza	11.39	
7	Inspeccionar	0.72	
8	Envasar Arbolito de cera	4.74	
TOTAL			5

**Fuente:** Elaboración propia

Partiendo de los datos mostrados, se procede a medir la nueva eficiencia de la línea productiva

$$Eficiencia = \frac{\sum \text{Minutos estándar por operador}}{\text{Minutos estándar asignados} \times n^{\circ} \text{ operarios}} \times 100$$

$$Eficiencia = \frac{59.23 \text{ min}}{12.56 \text{ min} \times 5} \times 100$$

$$Eficiencia = 85\%$$

De esta manera, se logró incrementar la eficiencia de la línea productiva de 53% a 85 %, significando un aumento del 60%.

## **Resultados de la implementación (Verificar)**

### **Sexta etapa, verificación de resultados**

Después de llevar a cabo la implementación de las acciones de mejora descritas y basadas en el Ciclo PHVA. Se puede evidenciar que dichas implementaciones han repercutido sobre el proceso productivo de Casting.

Para medir esa repercusión (Positiva) se analizará mediante los indicadores establecidos y los cuales son ayudaran a evidenciar la diferencia entre la situación pre y post implementación. Así como, el logro de cada uno de los objetivos específicos y el objetivo general del presente trabajo de investigación.

Es por ello, que, partiendo de la variable independiente, **Ciclo PHVA**, se realizará un comparativo que nos permitirá reflejar la situación y acciones de mejora antes y después de la implementación. Así como, el grado de implementación que se logró en el presente proyecto de mejora en base a los indicadores previamente establecidos, los cuales se evidenciaran a continuación:

**Tabla 26.** Indicadores de la variable independiente ciclo PHVA

Ciclo PHVA		
Dimensión	Indicador	Escala
Planificar	N° Actividades Planeadas	Nominal
Hacer	AI: % Actividades implementadas NAI: N° de Actividades implementadas TAP: Total de actividades planeadas  $\%AI = \frac{NAI}{TAP} \times 100$	Razón
Verificar	AV: % Actividades verificadas NAV: N° de actividades verificadas TAE: Total de actividades ejecutadas  $\%AV = \frac{NAV}{TAE} \times 100$	Razón
Actuar	PE: % Procedimientos estandarizados NAE: N° Actividades estandarizadas TAE: Total de actividades ejecutadas  $\%PE = \frac{NAE}{TAE} \times 100$	Razón

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 27.** Comparativo de los resultados de la variable independiente antes y después de la implementación

Dimensión	Indicador	Escala	Antes		Después	
			Acciones	Resultado	Acciones	Resultado
Planificar	N° Actividades Planeadas	Nominal	1		4	
Hacer	Porcentaje de Actividades ejecutadas	Razón	1	100%	4	100%
Verificar	Porcentaje de actividades verificadas	Razón	0	0%	4	100%
Actuar	Porcentaje de procedimientos estandarizados	Razón	0	0%	4	100%
Grado de implemetacion de la variable independiente			50%		100%	

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Tabla 27, la medición de los indicadores del ciclo PHVA nos refleja un N° de actividades planeadas de 1 (Antes) y 4 (Después), Porcentaje de actividades ejecutadas de 100% (Antes) y 100% (Después), Porcentaje de actividades verificadas de 0% (Antes) y 100% (Después) y un porcentaje de procedimientos estandarizados de 0% (Antes) y 100% (Después). Dando como resultado un nivel de implementación del ciclo PHVA del 50% (Antes de la implementación) y un nivel de implementación del ciclo PHVA del 100% (Después de la implementación)

Así mismo, se realizó el análisis de la variable dependiente, **Productividad**, mediante los indicadores establecidos y los cuales son ayudaran a evidenciar la diferencia entre la situación pre y post implementación.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de las mejoras obtenidas en base a la implementación de la presente investigación:

**Tabla 28.** Comparativo de los resultados antes y después de la implementación

COMPARATIVO PRE - POST IMPLEMENTACION			
Item	PRE	POST	MEJORA
Cantidad de datos	50	50	no aplica
Cantidad de piezas fabricadas	6795	9071	2276
Tiempo estandar del proceso minutos	93.36	59.23	34.13
Longitud total de desplazamiento del proceso metros	52	19	33
Numero de actividades	17	14	3
% de piezas rechazadas	18%	9%	50%
Eficacia	72%	95%	32%
Eficiencia	64%	89%	39%
Productividad	46%	85%	85%

**Fuente:** Elaboración propia

Como podemos apreciar en la tabla mostrada, podemos concluir que las mejoras obtenidas se vieron reflejadas en la reducción del tiempo estándar del proceso de 93.36 antes de la implementación a 59.23 después de la implementación, significando una reducción de 34.13 min.

Así mismo, se logró reducir la longitud de desplazamiento en 33 metros, reducir el número de actividades de 17 a 14 después de la implementación de las acciones de mejora y una reducción del porcentaje de piezas rechazadas del 50%. Todo esto impacto sobre la eficacia logrando un incremento del 32%, la eficiencia del 39% y la productividad del proceso productivo de casting del 85%.

**a) Eficacia del proceso productivo de casting (Post-implementación)**

En base a las mejoras obtenidas durante los meses de post-implementación dieron una eficacia promedio del 95%. Las cuales se muestran a detalle por día en las siguientes Tablas:

**Tabla 29.** Consolidado de la eficacia del proceso de fabricación de árbol de cera (Post Test)

<b>CUADRO DE PORCENTAJES DE EFICACIA (Post Test)</b>									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricacion de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher				
Método: Post Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	Cantidad producida (pzas)	Cantidad programada (pzas)	% Eficacia	N°	Fecha	Cantidad producida (pzas)	Cantidad programada (pzas)	% Eficacia
1	31-may	186	190	98%	26	01-jun	175	190	92%
2	01-may	186	190	98%	27	02-jun	179	190	94%
3	02-may	188	190	99%	28	04-jun	180	190	95%
4	03-may	184	190	97%	29	05-jun	175	190	92%
5	04-may	187	190	98%	30	06-jun	179	190	94%
6	07-may	186	190	98%	31	07-jun	178	190	94%
7	08-may	187	190	98%	32	08-jun	175	190	92%
8	09-may	187	190	98%	33	09-jun	182	190	96%
9	10-may	185	190	97%	34	11-jun	180	190	95%
10	11-may	189	190	99%	35	12-jun	175	190	92%
11	14-may	182	190	96%	36	13-jun	178	190	94%
12	15-may	184	190	97%	37	14-jun	180	190	95%
13	16-may	188	190	99%	38	15-jun	179	190	94%
14	17-may	186	190	98%	39	16-jun	177	190	93%
15	18-may	185	190	97%	40	18-jun	177	190	93%
16	21-may	177	190	93%	41	19-jun	178	190	94%
17	22-may	188	190	99%	42	20-jun	178	190	94%
18	23-may	183	190	96%	43	21-jun	176	190	93%
19	24-may	185	190	97%	44	22-jun	180	190	95%
20	25-may	184	190	97%	45	23-jun	172	190	91%
21	26-may	186	190	98%	46	25-jun	173	190	91%
22	28-may	189	190	99%	47	26-jun	176	190	93%
23	29-may	188	190	99%	48	27-jun	180	190	95%
24	30-may	180	190	95%	49	28-jun	178	190	94%
25	31-may	184	190	97%	50	29-jun	177	190	93%
<b>Porcentaje de eficacia (Post test)</b>									<b>95%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**b) Eficiencia del proceso productivo de casting (Post-implementación)**

Así mismo, debido a la implementación del ciclo de mejora PHVA dentro del proceso productivo de casting se pudo reducir una serie de tiempos y actividades que afectaban a la eficiencia y por ende a la productividad del proceso productivo.

**Tabla 30.** Consolidado de la eficiencia en el proceso de fabricación de árbol de cera (Post test)

<b>CUADRO DE PORCENTAJES DE EFICIENCIA (Post Test)</b>									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricacion de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Christopher				
Método: Post Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	Capacidad utilizada (min)	Capacidad instalada (min)	% Eficiencia	N°	Fecha	Capacidad utilizada (min)	Capacidad instalada (min)	% Eficiencia
1	31-may	512	467	91%	26	01-jun	497	440	89%
2	01-may	531	467	88%	27	02-jun	498	450	90%
3	02-may	527	472	90%	28	04-jun	505	452	89%
4	03-may	522	462	89%	29	05-jun	502	440	88%
5	04-may	537	470	87%	30	06-jun	507	450	89%
6	07-may	524	467	89%	31	07-jun	507	447	88%
7	08-may	536	470	88%	32	08-jun	496	440	89%
8	09-may	534	470	88%	33	09-jun	523	457	88%
9	10-may	524	465	89%	34	11-jun	511	452	88%
10	11-may	538	475	88%	35	12-jun	489	440	90%
11	14-may	506	457	90%	36	13-jun	500	447	90%
12	15-may	530	462	87%	37	14-jun	510	452	89%
13	16-may	543	472	87%	38	15-jun	510	450	88%
14	17-may	534	467	88%	39	16-jun	501	445	89%
15	18-may	529	465	88%	40	18-jun	499	445	89%
16	21-may	510	445	87%	41	19-jun	509	447	88%
17	22-may	534	472	88%	42	20-jun	509	447	88%
18	23-may	518	460	89%	43	21-jun	497	442	89%
19	24-may	521	465	89%	44	22-jun	518	452	87%
20	25-may	514	462	90%	45	23-jun	483	432	90%
21	26-may	533	467	88%	46	25-jun	494	435	88%
22	28-may	538	475	88%	47	26-jun	501	442	88%
23	29-may	532	472	89%	48	27-jun	516	452	88%
24	30-may	506	452	89%	49	28-jun	502	447	89%
25	31-may	519	462	89%	50	29-jun	500	445	89%
<b>Porcentaje de eficiencia (Post test)</b>									<b>89%</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**c) Productividad del proceso productivo de casting (Post-implementación)**

Finalmente, en base a los indicadores específicos analizados después de la implementación del ciclo PHVA. Se logró obtener un porcentaje promedio de la productividad (post implementación) del 85%.

**Tabla 31.** Consolidado de la Productividad en el proceso de fabricación de árbol de cera (Post Test)

<b>CUADRO DE PORCENTAJES DE PRODUCTIVIDAD (Post Test)</b>									
Área: Producción					Empresa: ARIN S.A.				
Proceso: Fabricación de Arbol de cera					Elaborado por: Sarmiento Bobadilla Cristopher				
Método: Post Test					Validado por: Rubio Falcon Carlos				
N°	Fecha	% Eficacia	% Eficiencia	% Producti- vidad	N°	Fecha	% Eficacia	% Eficiencia	% Producti- vidad
1	31-may	98%	91%	89%	26	01-jun	92%	89%	82%
2	01-may	98%	88%	86%	27	02-jun	94%	90%	85%
3	02-may	99%	90%	89%	28	04-jun	95%	89%	85%
4	03-may	97%	89%	86%	29	05-jun	92%	88%	81%
5	04-may	98%	87%	86%	30	06-jun	94%	89%	83%
6	07-may	98%	89%	87%	31	07-jun	94%	88%	83%
7	08-may	98%	88%	86%	32	08-jun	92%	89%	82%
8	09-may	98%	88%	87%	33	09-jun	96%	88%	84%
9	10-may	97%	89%	86%	34	11-jun	95%	88%	84%
10	11-may	99%	88%	88%	35	12-jun	92%	90%	83%
11	14-may	96%	90%	87%	36	13-jun	94%	90%	84%
12	15-may	97%	87%	84%	37	14-jun	95%	89%	84%
13	16-may	99%	87%	86%	38	15-jun	94%	88%	83%
14	17-may	98%	88%	86%	39	16-jun	93%	89%	83%
15	18-may	97%	88%	85%	40	18-jun	93%	89%	83%
16	21-may	93%	87%	81%	41	19-jun	94%	88%	82%
17	22-may	99%	88%	87%	42	20-jun	94%	88%	82%
18	23-may	96%	89%	86%	43	21-jun	93%	89%	82%
19	24-may	97%	89%	87%	44	22-jun	95%	87%	83%
20	25-may	97%	90%	87%	45	23-jun	91%	90%	81%
21	26-may	98%	88%	86%	46	25-jun	91%	88%	80%
22	28-may	99%	88%	88%	47	26-jun	93%	88%	82%
23	29-may	99%	89%	88%	48	27-jun	95%	88%	83%
24	30-may	95%	89%	85%	49	28-jun	94%	89%	83%
25	31-may	97%	89%	86%	50	29-jun	93%	89%	83%
<b>Porcentaje de productividad (Post test)</b>									<b>85%</b>

Fuente: Elaboración propia

## Análisis económico financiero

Para el análisis económico financiero, se realizó la proyección del Flujo neto de efectivo desde el periodo de Implementación del proyecto (periodo 0) del año 2018 hasta el mes de Junio del Año 2019 (Periodo 12).

Cabe recalcar, que la proyección en mención se desarrollará en 3 escenarios probabilísticos distintos para evidenciar la viabilidad del proyecto.

Escenario optimista → 100%

Escenario moderado → 70%

Escenario pesimista → 40%

### Flujo neto de efectivo proyectado – Escenario Optimista

**Tabla 32.** Flujo neto de efectivo proyectado – escenario optimista

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2018 - 2019						
Periodo	Ventas	Costo Variable			Inversión	Flujo de efectivo neto
		Materia Prima	Producción	Margen de contribución		
jul-18	S/. -	S/. -	S/. -		S/. 40,900.00	-S/. 40,900.00
ago-18	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
sep-18	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
oct-18	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
nov-18	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
dic-18	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
ene-19	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
feb-19	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
mar-19	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
abr-19	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
may-19	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
jun-19	S/. 287,380.04	S/. 156,643.69	S/. 94,905.98	S/. 35,830.37	S/. -	S/. 35,830.37
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 3,161,180.46</b>	<b>S/. 1,723,080.57</b>	<b>S/. 1,043,965.78</b>	<b>S/. 394,134.11</b>	<b>S/. 40,900.00</b>	<b>S/. 353,234.11</b>
Tasa de interes mensual						0.80%
Valor Actual Neto (VAN)						S/. 335,019.81
Tasa Interna de Retorno (TIR)						88%
Ingresos Actualizados						S/. 3,015,091.41
Egresos Actualizados						S/. 2,745,167.37
Relación Beneficio - Costo (RBC)						1.10

**Fuente:** Elaboración propia

### **Análisis de los indicadores financieros – Escenario Optimista**

En la tabla 32 se puede apreciar el flujo de caja con un periodo de un año de operación posterior a la aplicación de las propuestas con inicio de producción en el mes de agosto.

Partiendo de la estimación del flujo neto de efectivo se determinó que el periodo de recuperación de la inversión del proyecto, cuyo importe es de **S/. 40,900.00** (ver Anexo), se lograría al cabo del mes de septiembre, es decir al tercer mes de implementar el proyecto.

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es positivo (S/. 335, 019.81), por lo tanto, se asegura de que el presente proyecto es viable.

De igual modo, podemos concluir que la inversión en este proyecto, significa la obtención de un margen de rentabilidad, que determinada por la Tasa Interna de Retorno (TIR) el presente proyecto es de 88%.

Finalmente, en base al beneficio total (S/. 3, 015,091.41) y el costo total (S/. 2, 745,167.37) estimado del proyecto se determinó que la relación Beneficio/Costo es de 1.10.

## Flujo neto de efectivo proyectado – Escenario Moderado

**Tabla 33.** Flujo neto de efectivo proyectado – escenario moderado

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2018 - 2019						
Periodo	Ventas	Costo Variable			Inversión	Flujo de efectivo neto
		Materia Prima	Producción	Margen de contribución		
jul-18	S/. -	S/. -	S/. -		S/. 40,900.00	-S/. 40,900.00
ago-18	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
sep-18	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
oct-18	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
nov-18	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
dic-18	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
ene-19	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
feb-19	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
mar-19	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
abr-19	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
may-19	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
jun-19	S/. 201,166.03	S/. 109,650.58	S/. 66,434.19	S/. 25,081.26	S/. -	S/. 25,081.26
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 2,212,826.32</b>	<b>S/. 1,206,156.40</b>	<b>S/. 730,776.05</b>	<b>S/. 275,893.87</b>	<b>S/. 40,900.00</b>	<b>S/. 234,993.87</b>
Tasa de interes mensual						0.80%
Valor Actual Neto (VAN)						S/. 222,243.87
Tasa Interna de Retorno (TIR)						61%
Ingresos Actualizados						S/. 2,110,563.99
Egresos Actualizados						S/. 1,921,617.16
Relación Beneficio - Costo (RBC)						1.10

**Fuente:** Elaboración propia

## Análisis de los indicadores financieros – Escenario Moderado

En la tabla 33 se puede apreciar el flujo de caja con un periodo de un año de operación posterior a la aplicación de las propuestas con inicio de producción en el mes de agosto.

De igual manera que en escenario optimista, partiendo de la estimación del flujo neto de efectivo se determinó que el periodo de recuperación de la inversión del proyecto, cuyo importe es de **S/. 40,900.00** (ver Anexo), se lograría al cabo del mes de septiembre, es decir al tercer mes de implementar el proyecto.

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es positivo (S/. 222, 243.87), por lo tanto, se asegura de que el presente proyecto es viable.

De igual modo, podemos concluir que la inversión en este proyecto, significa la obtención de un margen de rentabilidad, que determinada por la Tasa Interna de Retorno (TIR) el presente proyecto es de 61%.

Finalmente, en base al beneficio total (S/. 2, 110,563.99) y el costo total (S/. 1, 921,617.16) estimado del proyecto se determinó que la relación Beneficio/Costo es de 1.10

### Flujo neto de efectivo proyectado – Escenario Pesimista

**Tabla 34.** Flujo neto de efectivo proyectado – escenario moderado

FLUJO DE CAJA PROYECTADO 2018 - 2019						
Periodo	Ventas	Costo Variable			Inversión	Flujo de efectivo neto
		Materia Prima	Producción	Margen de contribución		
jul-18	S/. -	S/. -	S/. -		S/. 40,900.00	-S/. 40,900.00
ago-18	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
sep-18	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
oct-18	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
nov-18	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
dic-18	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
ene-19	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
feb-19	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
mar-19	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
abr-19	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
may-19	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
jun-19	S/. 114,952.02	S/. 62,657.48	S/. 37,962.39	S/. 14,332.15	S/. -	S/. 14,332.15
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 1,264,472.18</b>	<b>S/. 689,232.23</b>	<b>S/. 417,586.31</b>	<b>S/. 157,653.64</b>	<b>S/. 40,900.00</b>	<b>S/. 116,753.64</b>
Tasa de interes mensual						0.80%
Valor Actual Neto (VAN)						S/. 109,467.92
Tasa Interna de Retorno (TIR)						34%
Ingresos Actualizados						S/. 1,206,036.57
Egresos Actualizados						S/. 1,098,066.95
Relación Beneficio - Costo (RBC)						1.10

**Fuente:** Elaboración propia

### Análisis de los indicadores financieros – Escenario Pesimista

En la tabla 34 se puede apreciar el flujo de caja con un periodo de un año de operación posterior a la aplicación de las propuestas con inicio de producción en el mes de agosto.

Partiendo de la estimación del flujo neto de efectivo se determinó que el periodo de recuperación de la inversión del proyecto, cuyo importe es de **S/. 40,900.00** (ver Anexo), se lograría al cabo del mes de septiembre, es decir al cuarto mes de implementar el proyecto.

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es positivo (S/. 109,467.92), por lo tanto, se asegura de que el presente proyecto es viable.

De igual modo, podemos concluir que la inversión en este proyecto, significa la obtención de un margen de rentabilidad, que determinada por la Tasa Interna de Retorno (TIR) el presente proyecto es de 61%.

Finalmente, en base al beneficio total (S/. 1, 206,036.57 y el costo total (S/. 1, 098,066.95) estimado del proyecto se determinó que la relación Beneficio/Costo es de 1.10

**Tabla 35.** Flujo de efectivo neto – 3 escenarios

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO</b>			
<b>INDICADOR</b>	<b>OPTIMISTA (100%)</b>	<b>MODERADO (70%)</b>	<b>PESIMISTA (40%)</b>
Tasa de interes mensual	0.80%	0.80%	0.80%
Valor Actual Neto (VAN)	S/. 335,019.81	S/. 222,243.87	S/. 109,467.92
Tasa Interna de Retorno (TIR)	88%	61%	34%
Ingresos Actualizados	S/. 3,015,091.41	S/. 2,110,563.99	S/. 1,206,036.57
Egresos Actualizados	S/. 2,745,167.37	S/. 1,921,617.16	S/. 1,098,066.95
Relación Beneficio - Costo (RBC)	1.10	1.10	1.10

**Fuente:** Elaboración propia

Por lo cual, podemos decir que le proyecto es viable y rentable aun considerando un escenario pesimista.

### **III. RESULTADOS**

## Análisis Descriptivo

Partiendo de la variable dependiente Productividad, se tiene el análisis descriptivo de sus dimensiones antes y después implementación del Ciclo PHVA, a través del software SPSS 22.

### Productividad del proceso productivo de Casting

**Tabla 36.** Resumen de procesamiento de casos de la productividad del proceso productivo de Casting

Resumen de procesamiento de casos						
PRODUCTIVIDAD	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%
DESPUES	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

**Fuente:** Software SPSS 22

Así mismo, del análisis descriptivo de la productividad del proceso productivo de Casting antes de después de la implementación se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 37.** Análisis descriptivo de la productividad del proceso productivo de Casting antes de la implementación

Análisis Descriptivos				
PRODUCTIVIDAD		Estadístico	Error estándar	
ANTES	Media	,4565	,0013	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4537	
		Límite superior	,4593	
	Media recortada al 5%	,4564		
	Mediana	,4567		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,0098		
	Mínimo	,4361		
	Máximo	,4829		

**Fuente:** Software SPSS 22

**Tabla 38.** Análisis descriptivo de la productividad del proceso productivo de Casting después de la implementación

Análisis Descriptivos				
PRODUCTIVIDAD		Estadístico	Error estándar	
DESPUES	Media	,8456	,0032	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8391	
		Límite superior	,8521	
	Media recortada al 5%	,8455		
	Mediana	,8460		
	Varianza	,001		
	Desviación estándar	,0229		
	Mínimo	,8003		
	Máximo	,8943		

**Fuente:** Software SPSS 22

Como se puede visualizar en las tablas 37 y 38, la media de la productividad analizada después de la implementación del ciclo PHVA (0.8456) es superior a la media analizada antes de la implementación (0.4565). De igual modo, la mediana de la productividad después de la implementación (0.8460) es superior a la mediana antes de la implementación (0.4567). Por lo cual, se ha dado un incremento de la productividad dentro del proceso productivo de casting gracias a la implementación del ciclo PHVA

### **Eficacia del proceso productivo de Casting**

Finalmente, de la tercera dimensión de la variable dependiente, eficacia del proceso productivo de casting, se tiene la cantidad de 50 datos pertenecientes al resumen de procesamiento de casos, de los cuales el 100% de los casos son válidos.

**Tabla 39.** Resumen de procesamiento de casos de la eficacia del proceso productivo de Casting

Resumen de procesamiento de casos						
EFICACIA	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%
DESPUES	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

**Fuente:** Software SPSS 22

Así mismo, del análisis descriptivo de la eficacia del proceso productivo de Casting antes de después de la implementación se tienen los siguientes resultados, mediante el software estadístico SPSS 22.

**Tabla 40.** Análisis descriptivo de la eficacia del proceso productivo de Casting antes de la implementación

Análisis Descriptivos				
EFICACIA		Estadístico	Error estándar	
ANTES	Media	,7152	,0013	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7127	
		Límite superior	,7179	
	Media recortada al 5%	,7152		
	Mediana	,7158		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,0092		
	Mínimo	,7000		
	Máximo	,7316		

**Fuente:** Software SPSS 22

**Tabla 41.** Análisis descriptivo de la eficacia del proceso productivo de Casting después de la implementación

Análisis Descriptivos				
EFICACIA		Estadístico	Error estándar	
DESPUES	Media		,9548	,0035
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9477	
		Límite superior	,9619	
	Media recortada al 5%		,9551	
	Mediana		,9474	
	Varianza		,001	
	Desviación estándar		,0250	
	Mínimo		,9053	
	Máximo		,9947	

**Fuente:** Software SPSS 22

Como se puede visualizar en las tablas 40 y 41, la media de la eficacia analizada después de la implementación del ciclo PHVA (0.9548) es superior a la media analizada antes de la implementación (0.7152). De igual modo, la mediana de la productividad después de la implementación (0.9474) es superior a la mediana antes de la implementación (0.7158). Por lo cual, se ha dado un incremento de la eficacia dentro del proceso productivo de casting gracias a la implementación del ciclo PHVA

### **Eficiencia del proceso productivo de Casting**

De igual modo, de la segunda dimensión de la variable dependiente, eficiencia del proceso productivo de casting, se tiene la cantidad de 50 datos pertenecientes al resumen de procesamiento de casos, de los cuales el 100% de los casos son válidos.

**Tabla 42.** Resumen de procesamiento de casos de la eficiencia del proceso productivo de Casting

Resumen de procesamiento de casos						
EFICIENCIA	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%
DESPUES	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

**Fuente:** Software SPSS 22

Así mismo, del análisis descriptivo de la eficiencia del proceso productivo de Casting antes de después de la implementación se tienen los siguientes resultados, mediante el software estadístico SPSS 22.

**Tabla 43.** Análisis descriptivo de la eficiencia del proceso productivo de Casting antes de la implementación

Análisis Descriptivos				
EFICIENCIA		Estadístico	Error estándar	
ANTES	Media	,6382	,0012	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6357	
		Límite superior	,6407	
	Media recortada al 5%	,6379		
	Mediana	,6374		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,0087		
	Mínimo	,6231		
	Máximo	,6602		

**Fuente:** Software SPSS 22

**Tabla 44.** Análisis descriptivo de la eficiencia del proceso productivo de Casting después de la implementación

Análisis Descriptivos				
EFICIENCIA		Estadístico	Error estándar	
DESPUES	Media	,8857	,0013	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8831	
		Límite superior	,8883	
	Media recortada al 5%	,8853		
	Mediana	,8854		
	Varianza	,000		
	Desviación estándar	,0093		
	Mínimo	,8699		
	Máximo	,9135		

**Fuente:** Software SPSS 22

Finalmente, como se puede visualizar en las tablas 43 y 44, la media de la eficiencia analizada después de la implementación del ciclo PHVA (0.8857) es superior a la media analizada antes de la implementación (0.6382). De igual modo, la mediana de la productividad después de la implementación (0.8854) es superior a la mediana antes de la implementación (0.6374). Por lo cual, se ha dado un incremento de la eficiencia dentro del proceso productivo de casting gracias a la implementación del ciclo PHVA

## Análisis Inferencial

### Análisis y comprobación de la hipótesis general

#### a) Análisis de la hipótesis general

**Hg:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

Con el propósito de comprobar la hipótesis general de la presente investigación, el primer paso a realizar es determinar si los datos mostrados de los antes y después pertenecientes a la

variable dependiente productividad poseen una conducta paramétrica o no paramétrica. Por lo tanto, debido a que se tiene una muestra de 50 datos, se deriva a realizar el análisis de normalidad correspondiente por medio del estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

**Regla de decisión**

*Si  $pvalor \leq 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento no parametrico

*Si  $pvalor > 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento parametrico

**Tabla 45.** Prueba de normalidad aplicado a la productividad del proceso productivo de Casting con Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de normalidad			
PRODUCTIVIDAD	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	,074	50	,200
DESPUES	,099	50	,200

**Fuente:** Software SPSS 22

Como se muestra en la tabla 45, se puede evidenciar que el nivel de significancia de la productividad antes de la implementación es de 0.200 y después de la implementación es de 0.200. Dado que el nivel de significancia de ambos periodos es superior a 0.05 y basados en la regla de decisión, se empleará la prueba de **T-Student** para realizar el análisis de la comprobación de la hipótesis general de la presente investigación.

**a) Comprobación de la hipótesis general**

**Ho:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA no incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

**Ha:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

**Regla de decisión:**

$$H_0 : \mu_0 \geq \mu_1$$

$$H_0 : \mu_0 < \mu_1$$

**Tabla 46.** Tabla comparativa de las de las medias de la productividad del proceso productivo de casting con T-Student

Estadísticas de muestras emparejadas				
PRODUCTIVIDAD	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
ANTES	,4565	50	,0098	,0013
DESPUES	,8456	50	,0229	,0032

**Fuente:** Software SPSS 22

Como se puede apreciar en la Tabla 46, se puede evidenciar y demostrar que la media de la productividad del proceso productivo de casting antes de la implementación (45.65%) es inferior en comparación con la media después de la implementación (84.56%). Por lo tanto, se cumple que  $H_0 : \mu_0 < \mu_1$ , es decir que la hipótesis nula de que la implementación del ciclo PHVA no mejora la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018 es rechazada y se acepta la hipótesis de la investigación. Afirmándose que **la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.**

Posteriormente, con el propósito de validar la veracidad del análisis se procede a analizar el nivel de significancia de los resultados obtenidos de la prueba T-Student a los resultados de la productividad antes y después de la implementación del ciclo PHVA.

**Figura 33.** Regla de decisión para determinar el tipo de comportamiento de la muestra en estudio

**Regla de decisión**

*Si  $pvalor \leq 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento no parametrico

*Si  $pvalor > 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento parametrico

**Fuente:** Rosas (2017)

**Tabla 47.** Estadísticos de prueba T-Student de la productividad

Prueba de muestras emparejadas								
PRODUCTIVIDAD	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
ANTES - DESPUES	-,3891	,0265	,0037	-,3966	-,3815	-103,51	49	,000

**Fuente:** Software SPSS 22

Por consiguiente, de la tabla 47, se puede evidenciar que la significancia de la prueba Wilcoxon llevada a cabo a la productividad antes y después de la implementación es 0.000. Por tal razón y en base a la regla de decisión la hipótesis nula es rechazada y se acepta que **la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.**

## **Análisis y comprobación de las hipótesis específicas**

### **b) Análisis de las hipótesis específica**

#### **Análisis de las hipótesis específica**

##### **Hipótesis específica n°1:**

**Ha:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

Con el objetivo de comprobar la tercera hipótesis específica, el primer paso a realizar es comprobar si los datos mostrados de los antes y después pertenecientes a la dimensión eficacia de la variable dependiente productividad poseen una conducta paramétrica o no paramétrica. Por lo tanto, dado a que se tiene una muestra de 50 datos, se procede a realizar el análisis de normalidad por medio del estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

**Figura 34.** Regla de decisión para determinar el tipo de comportamiento de la muestra en estudio

#### **Regla de decisión**

*Si  $pvalor \leq 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento no parametrico

*Si  $pvalor > 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento parametrico

**Fuente:** Rosas (2017)

**Tabla 48.** Prueba de normalidad de la eficacia del proceso productivo de Casting con Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de normalidad			
EFICACIA	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	,143	50	,012
DESPUES	,138	50	,019

**Fuente:** Software SPSS 22

Por lo tanto, de la tabla 48, se puede evidenciar que el nivel de significancia de la eficacia antes de la implementación es de 0.012 y después de la implementación es de 0.019. Dado que el nivel de significancia del primer periodo y el segundo periodo son mayores a 0.05, y de acuerdo a la regla de decisión, se utilizará la prueba de **Wicoxon** para realizar el análisis de la comprobación de la segunda hipótesis específica.

**b) Comprobación de las hipótesis específica**

**Ho:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA no incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

**Ha:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

**Regla de decisión:**

$$H_0 : \mu_0 \geq \mu_1$$

$$H_0 : \mu_0 < \mu_1$$

**Tabla 49.** Tabla comparativa de las medias de la eficacia del proceso productivo de casting con Wicoxon

Estadísticos descriptivos					
EFICACIA	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
ANTES	50	,7153	,0091	,7000	,7316
DESPUES	50	,9548	,0249	,9053	,9947

**Fuente:** Software SPSS 22

Como se puede apreciar en la Tabla 49, se puede evidenciar y demostrar que la media de la eficacia antes de la implementación (0.7153) es inferior en comparación con la media después de la implementación del ciclo PHVA (0.9548).

Por lo tanto, se cumple que  $H_0: \mu_0 < \mu_1$ , es decir que la hipótesis nula de que la implementación del ciclo PHVA no incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018 es rechazada y se acepta la hipótesis de la investigación. Afirmándose que **la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.**

**Tabla 50.** Estadísticos de prueba Wicoxon de la eficiencia

Estadísticos de prueba	
EFICACIA	DESPUES - ANTES
Z	-6,158
Sig. asintótica (bilateral)	,000

**Fuente:** Software SPSS 22

Por consiguiente, de la tabla 50, se puede evidenciar que la significancia de la prueba Wicoxon llevada a cabo la eficacia antes y después de la implementación es 0.000. Por tal razón y en base a la regla de decisión la hipótesis nula es rechazada y se acepta que **la**

**aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficacia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.**

**Análisis de las hipótesis específica**

**Hipótesis específica n°2:**

**Ha:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

Con el objetivo de comprobar la segunda hipótesis específica, el primer paso a realizar es comprobar si los datos mostrados de los antes y después pertenecientes a la dimensión eficiencia de la variable dependiente productividad poseen una conducta paramétrica o no paramétrica. Por lo tanto, debido a que se tiene una muestra de 50 datos, se procede a realizar el análisis de normalidad por medio del estadígrafo Kolmogrov-Smirnov.

**Figura 35.** Regla de decisión para determinar el tipo de comportamiento de la muestra en estudio

**Regla de decisión**

*Si  $pvalor \leq 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento no parametrico

*Si  $pvalor > 0.05$*

los datos de la muestra poseen un comportamiento parametrico

**Fuente:** Rosas (2017)

**Tabla 51.** Prueba de normalidad de la eficiencia del proceso productivo de Casting con Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de normalidad			
EFICIENCIA	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	,149	50	,007
DESPUES	,071	50	,200

**Fuente:** Software SPSS 22

Por lo tanto, de la tabla 51, se puede evidenciar que el nivel de significancia de la eficiencia antes de la implementación es de 0.007 y después de la implementación es de 0.200. Dado que el nivel de significancia del periodo antes y el periodo después son superiores a 0.05 y en base a la regla de decisión, se empleará la prueba de **T-Student** para realizar el análisis de la comprobación de la hipótesis

**b) Comprobación de las hipótesis específica**

**Ho:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA no incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

**Ha:** la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

**Regla de decisión:**

$$H_0 : \mu_0 \geq \mu_1$$

$$H_0 : \mu_0 < \mu_1$$

**Tabla 52.** Tabla comparativa de las medias de la eficiencia del proceso productivo de casting con Wicoxon

Estadísticos descriptivos					
EFICIENCIA	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
ANTES	50	,6382	,0087	,6601	,6601
DESPUES	50	,8857	,0093	,9135	,9135

**Fuente:** Software SPSS 22

De la tabla 52, se puede evidenciar y demostrar que la media de la eficiencia antes de la implementación (0.6382) es inferior que la media después de la implementación (0.8857). Por lo tanto, se cumple que  $H_0: \mu_0 < \mu_1$ , es decir que la hipótesis nula de que la implementación del ciclo PHVA no incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018 es rechazada y se acepta la hipótesis de la investigación. Afirmándose que la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018

Finalmente, con la finalidad de validar la veracidad del análisis se procede a analizar el nivel de significancia de los resultados de la prueba Wilcoxon a los resultados de la eficiencia antes y después de la implementación del ciclo PHVA.

**Tabla 53.** Estadísticos de prueba Wilcoxon de la eficiencia

Estadísticos de prueba	
EFICIENCIA	DESPUES - ANTES
Z	-6,154
Sig. asintótica (bilateral)	,000

**Fuente:** Software SPSS 22

Por consiguiente, de la tabla 53, se puede evidenciar que la significancia de la prueba Wicoxon llevada a cabo la eficiencia antes y después de la implementación es 0.000. Por tal

razón y en base a la regla de decisión la hipótesis nula es rechazada y se acepta que **la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.**

## IV.DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación sobre el modo la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018 han mostrado que tienen relación entre ambas variables.

La aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018. Podemos afirmar que la productividad antes 46% y la productividad después 85% dando como resultado un incremento equivalente a 85%. Según ROSAS Jiménez, Dipson.” Implementación del ciclo Deming para incrementar la productividad en el área de picking de la empresa corporación Lindley”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú, 2017. 171pp. Se ha incrementado la productividad de 67% a 85%, representando un incremento del 27%.

La aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018. Podemos afirmar que la eficacia antes 72% y la eficacia después 95%, dando como resultado un incremento equivalente a 32%. Según OCROSPOMA Solís, Isac. “Aplicación del ciclo Deming para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Tecnipack S.A.C, Ate-2017”. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú, 2017. 167pp. Identificaron los factores influyentes dentro del proceso en estudio y aplicaron las 5 S, un plan de mantenimiento correctivo y un manual de procedimiento. Logrando incrementar la eficacia de 61.83% a 89.37% después de aplicado las mejoras

La aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la productividad en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018. Podemos afirmar que la eficiencia antes 64% y la eficiencia después 89%, dando como resultado un incremento equivalente a 39%. Según ALVAREZ Huarca, Omar. “Aplicación del estudio de métodos para mejorar la productividad en el proceso de la línea de confección de ropa en la empresa Creaciones Kevin de S.A., La Victoria 2017. Tesis (Ingeniero Industrial). Universidad Cesar

Vallejo. Lima – Perú, 2017. 174 pp. Aplicaron estudio de trabajo y rediseño del layout, los cuales les permitieron procedimientos monótonos, optimizar los tiempos de producción, reducir los porcentajes de errores en la confección, entre otras. Dando como resultado un incremento de la eficiencia de 85% a 97% después de aplicado las acciones de mejora.

## V. CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado la implementación del proyecto de mejora expuesto en la presente investigación. Así mismo, en base a los resultados obtenidos y comprobados mediante el análisis estadístico y diversas fuentes de autores relacionados a nuestras variables de estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

Según los resultados obtenidos del análisis y comprobación de la hipótesis general mediante el software estadístico SPSS 22 se determinó que la media de la productividad del proceso productivo de casting de la empresa Arin S.A, se incrementó de 0.4565 (antes de la implementación del ciclo PHVA) a 0.8456 (después de la implementación del ciclo PHVA). Corroborando un nivel de significancia bilateral de 0.000. Por lo cual, en base a los resultados obtenidos y mostrados, la productividad del proceso productivo de casting de la empresa Arin S.A incremento de 46% a 85%, significando una mejora del 85%.

Según los resultados obtenidos del análisis y comprobación de la primera hipótesis específica mediante el software estadístico SPSS 22 se determinó que, según los resultados mostrados, la media de la eficacia incremento de 0.7153 a 0.9548; obteniéndose un aumento del 32%. Comprobándose, mediante el estadígrafo Wilcoxon un nivel de significancia bilateral de 0.000. Por lo cual se acepta la hipótesis de la investigación.

Según los resultados obtenidos del análisis y comprobación de la segunda hipótesis específica mediante el software estadístico SPSS 22 se determinó que las medias de la eficiencia proceso productivo de casting del incremento de 0.6382 (antes de la implementación del ciclo PHVA) a 0.8857 (después de la implementación del ciclo PHVA). Comprobándose, con un nivel de significancia de 0.000. Por lo tanto, se acepta que la aplicación de la herramienta ciclo PHVA incrementa la eficiencia en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018.

## **VI.RECOMENDACIONES**

Para la creciente mejora de la productividad del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, se recomienda continuar con la implementación del Ciclo PHVA de mejora continua, puesto que, al mantener un análisis y control sobre los porcentajes de productos rechazados, la eficacia y la eficiencia contribuyen a tener una mejor y mayor capacidad productiva. Así como, una mejor capacidad de respuesta para contrarrestar problemas y aprovechar oportunidades y recursos.

Con respecto al incremento de la eficacia, se recomienda seguir contando con estrategias de mejora de métodos de trabajo, programas motivacionales y con un constante análisis del flujo de productos en las ordenes de pedido. Dichas acciones permitirán mantener e incrementar progresivamente la eficacia del proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, y promover un constante crecimiento del compromiso de los colaboradores para con su labor individual y grupal.

Para el incremento de la eficiencia del proceso productivo, se recomienda analizar constantemente la frecuencia de tiempos improductivos y establecer estrategias de mejora que permitan contar con mayores horas efectivas disponibles en el proceso productivo de Casting de la empresa Arin S.A, con la finalidad de incrementar progresivamente el índice de eficiencia.

## REFERENCIAS

ALVARADO, Karla, PUMISACHO, Víctor. “Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito: Un estudio exploratorio”. España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2014, 618pp.

ISSN: 2014-3214

ANDRADE Merrill, Paul. “Propuesta de un sistema de gestión orientado a la mejora continua de los procesos de producción de la empresa pesquera Centromar S.A”. Tesis (Magister de Administración de Empresas). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2017, 110pp.

ARANA Ramírez, Luis. “Mejora de productividad en el área de producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje”. Tesis (Titulación en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería, 2014, 266 pp.

BONILLA, Esperanza. “La importancia de la productividad como componente de la competitividad” Bogotá-Colombia: Fundación Universidad de América, 2012, 16 pp.

CARPIO Coronado, Christian. “Plan de mejora en el área de producción de la empresa Comolsa S.A.C. para incrementar la productividad, usando herramientas de Lean Manufacturing – Lambayeque 2015”. Tesis (Titulación en Ingeniería Industrial). Lambayeque: Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, 2016, 193 pp.

CHANG Torres, Almendra. “Propuesta de mejora del proceso productivo para incrementar la productividad en una empresa dedicada a la fabricación de sandalias de baño” Tesis (Titulación de Ingeniería Industrial). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, 2016, 127 pp.

CURILLO, Miriam. “Análisis y propuesta de mejoramiento de la productividad de la fábrica artesanal de hornos industriales Facopa”. Tesis (Titulación en Ingeniería Comercial). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería, 2014, 186 pp.

GARCIA, Manuel, QUISPE, Carlos, RAEZ, Luis. “Mejora continua en la calidad en los procesos”. Perú: Universidad Mayor de San Marcos, 2003, 94 pp.

ISSN: 1560-9146

LOBO Mesquita, Ligia. “Mejoras en los procesos productivos de una fábrica de calzados con el uso de herramientas de la calidad de la escuela japonesa”. Tesis (Magister en Calidad Industrial). Buenos Aires: Universidad Nacional de San Martín, 2012, 149pp.

LOPEZ, Jorge. Kaizen: “Filosofía de mejora continua. El caso Facusa”. Perú: Universidad de Lima, 2010, 57pp.

ISSN: 2983-3054

ODAR Nombera, Jorge. “Mejora de productividad en la empresa Vivar SAC” Tesis (Titulación de Ingeniería Industrial). Lambayeque: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, 2016, 135 pp.

OROSCO Cardozo, Eduard. “Plan de mejora para aumentar la productividad en el área de producción de la empresa confecciones deportivas Todo Sport, Chiclayo-2015”. Tesis (Titulación en Ingeniería Industrial). Lambayeque: Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, 2016, 202 pp.

ORTIZ Tafur, Jonathan. “Aplicación del ciclo Deming para la mejorar la calidad en la producción de la línea automotriz de la empresa Farco Perú S.A.C. Puente Piedra 2017”. Tesis (Titulación en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017, 155 pp.

MARIN, Juna, BAUTISTA, Yolanda, GARCIA, Julio. “Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso”. España: Universitat Politecnica de Catalunya, 2014, 618pp.

ISSN: 2014-3214

PEREZ, Ramos y DE LAVALLE, Karent. “Mejoras de la productividad en el área de producción de la empresa Carto Centro, C.A. empleando herramientas básicas de calidad”. Venezuela: Universidad Central de Venezuela, 2014, 194pp.

RAMOS Martel, Walter. “Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una empresa Courier: El caso Perú Courier”. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2013, 66 pp.

REYES Lozano, Marlon. “Implementación del ciclo de mejora continua Deming para incrementar la productividad de la empresa Calzados León en el año 2015”. Tesis (Titulación en Ingeniería Industrial). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2015, 148 pp.

RODRIGUEZ, Armando y GARCIA, Gelmar. “Eficacia y Eficiencia, premisas indispensables para la competitividad”. Holguín-Cuba: Centro de información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba, 2012. 14 pp.

ISSN: 1027-2127

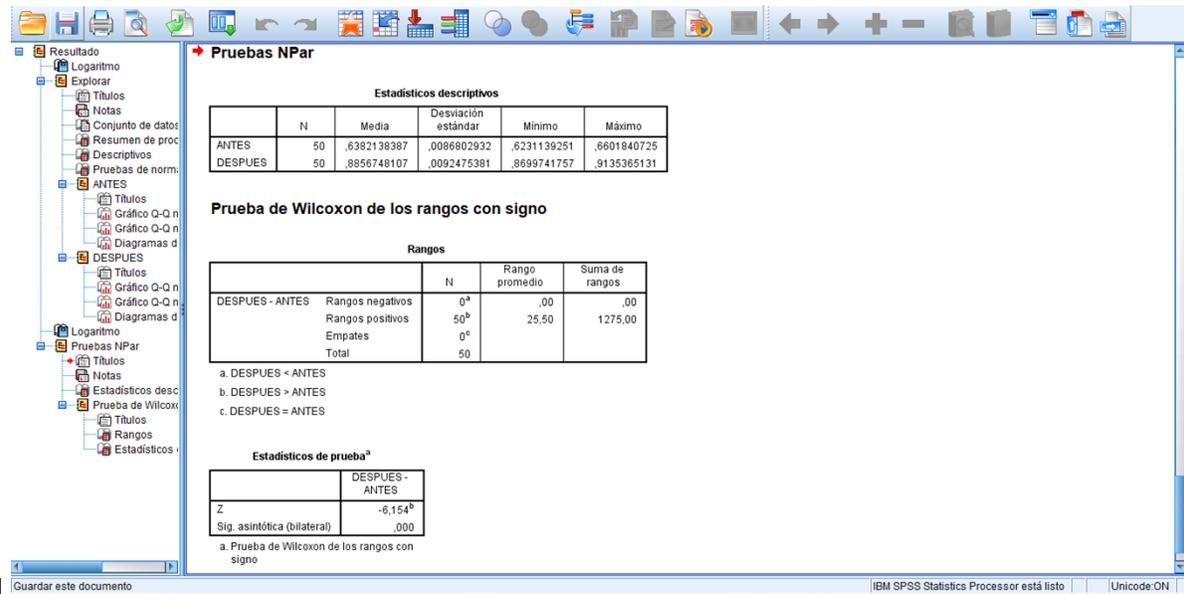
ROSAS Jiménez, Dipson. “Implementación del Ciclo Deming para incrementar la productividad en el área de Picking de la empresa Corporación Lindley, Lima, 2017”. Tesis (Titulación en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017, 171 pp.

SANCHEZ Racines, Sergio. “Aplicación de las 7 herramientas de la calidad a través del ciclo de mejora continua de Deming en la sección de hilandería en la fábrica pasamanería s.a.”. Tesis (Titulación de Ingeniería Industrial). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2013. 96pp.

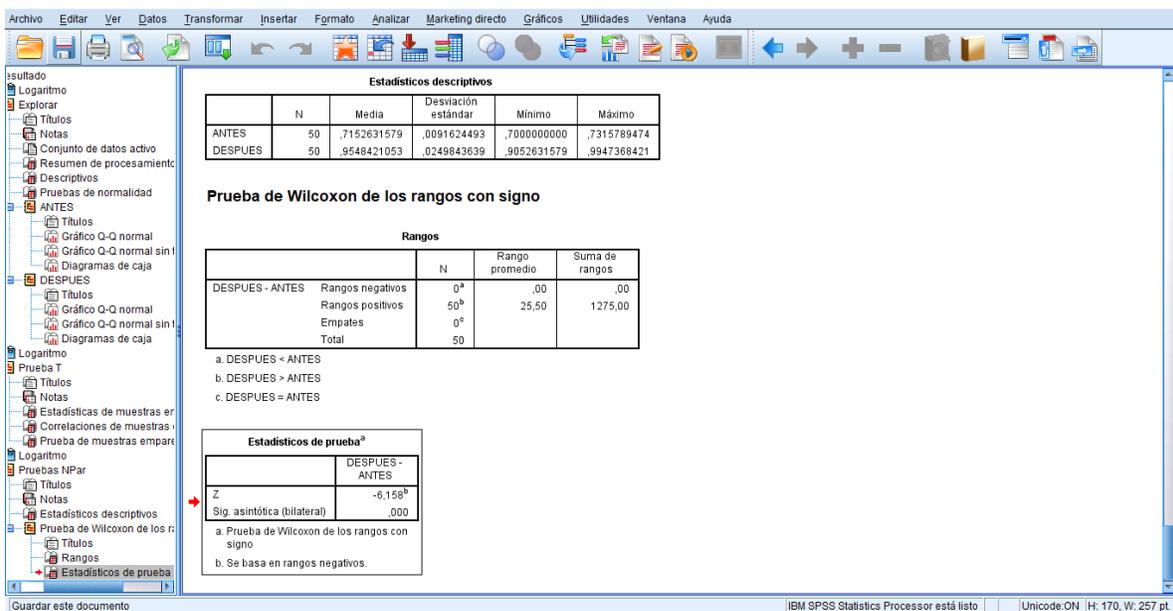




## Anexo 5. Análisis y comprobación de la hipótesis específica eficiencia en el proceso de casting mediante el estadígrafo Wilcoxon



## Anexo 6. Análisis y comprobación de la hipótesis específica eficacia en el proceso de casting mediante el estadígrafo Wilcoxon



**Anexo 7.** Formato de presentación de validación de instrumentos de investigación presentada al juicio de expertos



**FORMATO DE VALIDACION DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Lima, Día..... mes ..... año.....

Señor(a):

Docente perteneciente a la escuela profesional de Ingeniería Industrial

La presente tiene por finalidad solicitar su colaboración para determinar la validez de contenido de la información presentada en el estudio denominado "Implementación del ciclo PHVA para mejorar la productividad en el proceso productivo de casting de la empresa Arin S.A, Chorrillos 2018".

Su valiosa ayuda consistirá en la evaluación de la pertinencia de cada una de las preguntas con los objetivos, variables, dimensiones, indicadores, y la redacción de las mismas.

Agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, se despide de Ustedes, |

Atentamente,

Sarmiento Bobadilla, Cristopher Alberto

Código estudiantil N°:9100120836

**Anexo 8.** Formato de exposición de matriz de Operacionalización de variables presentada al juicio de expertos

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
<b>Variable Independiente</b>	Es una Metodología sistemática que permite lograr una mejora continua en la productividad y calidad de todos los procesos (Escalante, 2013).	El ciclo PHVA nos permite identificar las actividades con mayores deficiencias dentro de los procesos, y contribuye a la mejora y solución mediante la adaptación de las acciones de mejora a los procesos sus mediante 4 fases:	Planificar	N° Actividades planeadas	Nominal
<b>Ciclo PHVA</b>			Hacer	$\frac{AI}{TAP} \times 100$ AI: % Actividades implementadas NAI: N° de Actividades implementadas TAP: Total de actividades planeadas	Razón
			Verificar	$\frac{NAV}{TAE} \times 100$ AV: % Actividades verificadas NAV: N° de actividades verificadas TAE: Total de actividades ejecutadas	Razón
			Actuar	$\frac{PE}{TAE} \times 100$ PE: % Procedimientos estandarizados NAE: N° Actividades estandarizadas TAE: Total de actividades ejecutadas	Razón
<b>Variable Dependiente</b>	Es un indicador que manifiesta de qué manera los recursos utilizados para la producción de bienes están siendo aprovechados adecuadamente (Leuzel, 1999).	La productividad es un indicador que nos evidencia la relación existente entre la producción lograda y los recursos empleados para su fabricación en la empresa Airin S.A	Eficacia	$\frac{PF}{E} \times \frac{PP}{PP}$ E: Eficacia PF: Piezas producidas PP: Piezas programadas	Razón
<b>Productividad</b>			Eficiencia	$\frac{EF}{CU} \times \frac{CI}{CI}$ EF: Eficiencia CU: Capacidad utilizada CI: Capacidad instalada	Razón



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : P04-PP-PR-02.02  
Versión : 10  
Fecha : 10-06-2019  
Página : 1 de 1

Yo, Leonidas Manuel Bravo Rojas, Docente asesor de tesis de la EP de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, verifiqué que la Tesis Titulada: **APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA CICLO PHVA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE CASTING DE LA EMPRESA ARIN S.A. CHORRILLOS 2018** del estudiante **SARMIENTO BOBADILLA CRISTOPHER ALBERTO**; tiene un índice de similitud de 24 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó 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.

Los Océvos, 12 de noviembre del 2019

  
.....  
Leonidas Manuel Bravo Rojas  
Docente Asesor de Tesis  
EP Ingeniería Industrial  
LIMA

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA CICLO PHVA P  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROC  
PRODUCTIVO DE CASTING DE LA EMPRESA ARIN  
CHORRILLOS 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL I  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:  
SARMIENTO BOBACILLA, CRISTOFIER ALBERTO  
[crisbo@ucv.pe](mailto:crisbo@ucv.pe)

ASESOR:  
DE BRAVO ROJAS, LEGENDAS MANUEL





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

La Escuela de Ingeniería Industrial

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Cristopher Alberto Sarmiento Bobadilla

INFORME TITULADO:

Aplicación de la herramienta Ciclo PHVA para incrementar la productividad en el proceso Productivo de Casting de la de la empresa Arin S.A. Chorrillos 2018

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

Ingeniero Industrial

SUSTENTADO EN FECHA: 12/07/2019

NOTA O MENCIÓN: 13





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Sarmiento Bobadilla Christopher Alberto

D.N.I. : T7135096

Domicilio : Av. Juan Velasco Alvarado Mz "L" lote 17 Valle Sharon

Teléfono : Fijo : ..... Móvil : 933 729 396

E-mail : cris\_sarbob@hotmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Industrial

Carrera : Ingeniería Industrial

Título : Ingeniero Industrial

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado : .....

Mención : .....

Doctorado

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Sarmiento Bobadilla Christopher Alberto

Título de la tesis:

Aplicación de la herramienta Ciclo PHVA para incrementar la productividad  
en el proceso productivo de Casting de la empresa Arín S.A. Chorrillos 2018

Año de publicación : 2019

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha:

07/02/2020