



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Implementación de un sistema de producción híbrido MTS–MTO para mejorar los tiempos de entrega de las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.”

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

AUTOR:

García Torres, Pedro Alexis (ORCID: 0000-0001-8707-4739)

ASESOR:

Mgtr. Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo (ORCID: 0000-0001-7188-119X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre, Miriam Torres Vidaurre, que está en el cielo, a quién tal vez en vida no haya podido disfrutar conmigo este logro, pero en donde esté espero que se pueda sentir orgullosa de mi.

Dedicado a mi padre, Pedro García Moreno, y mis hermanos Arthur y Marilyn, por la confianza brindada desde siempre.

AGRADECIMIENTO

Muchas gracias a todas las personas que contribuyeron para la realización de este proyecto, a mis familiares, amigos y compañeros de universidad; así mismo agradezco a cada uno de los profesores, ingenieros y asesores, que me guiaron y aportaron con sus conocimientos y orientación a lo largo de la carrera.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.1.1 Sector de Control de Acceso de Equipos Biométricos Global.	2
1.1.2 Entorno Productivo	3
1.1.3 Los sistemas de producción y su clasificación	4
1.1.4 Estructuras de Fabricación.....	5
1.1.5 Sistemas Push y Pull	5
1.1.6 Diagnóstico del Problema	7
Organigrama de la empresa	8
Diagrama causa – efecto (Ishikawa):.....	9
Conclusión parcial Ishikawa	10
Diagrama de distribución A-B-C.....	11
Conclusión parcial Pareto	12
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	13
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	16
1.3.1 Estandarización de componentes y gestión del desarrollo del producto ...	16
La estandarización de componentes.....	17
La gestión del desarrollo del producto.....	17
1.3.2 Secuenciación de Tareas.....	17
Reglas de Prioridad	18
1.3.3 Proceso Analítico Jerárquico (AHP).....	18
Procedimiento del AHP	19
El AHP y sus aplicaciones	22
1.3.4 Principios básicos de Pronóstico	23
Principales categorías de pronóstico.....	23
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.4.1 Justificación Teórica.....	25
1.4.2 Justificación Práctica.....	26
1.4.3 Justificación Metodológica	26

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
1.5.1 Problema.....	27
1.6 HIPÓTESIS	27
1.7 OBJETIVOS.....	28
II. MÉTODO	29
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	30
2.1.1 Tipo de Investigación	31
2.1.2 Nivel de Investigación	31
2.1.3 Método de investigación.....	32
2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
2.2.1 Matriz de coherencia.....	34
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	35
2.3.1 Población	35
2.3.2 Muestra.....	35
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	36
2.4.1 Técnicas de recolección de datos	36
Observación	36
Datos secundarios	36
Internet	36
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	36
2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento	37
Validez de instrumento	37
Confiabilidad del instrumento	37
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	37
2.5.1 Estadística Descriptiva	37
2.5.2 Estadística Inferencial	38
2.6 ASPECTOS ÉTICOS	38
2.7 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	39

Diagrama de Flujo	40
Diagrama de Análisis de Procesos	41
Diagrama de Operaciones del Proceso	42
Balance de Línea.....	43
Diagrama de precedencias	46
2.7.1 Situación antes de la implementación de la propuesta.....	47
Variable Independiente	47
Variable Dependiente	50
2.7.2 Estructura de implementación del sistema híbrido MTS/MTO.....	55
2.7.3 Cronograma de implementación del sistema	57
2.7.4 Ejecución de la propuesta de mejora.....	58
Paso 1: Estandarización de la carcasa para los terminales biométricos.....	58
Paso 2: Pronóstico de la demanda.....	66
Paso 3: Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	67
Paso 4: Retroalimentación y actualización de la información	72
2.7.5 Análisis Beneficio-Costo	73
Cálculo de Beneficios	74
Cálculo de Costos	77
Beneficios no económicos	78
2.7.6 Cálculo del Valor actual neto (VAN) y la Tasa interna de retorno (TIR) 79	79
Valor presente neto (VPN)	80
Tasa Interna de retorno	80
2.7.7 Situación después de implementación de la propuesta.....	81
Eficacia del sistema implementado.....	81
Eficiencia del sistema implementado	82
Entrega a tiempo del sistema implementado	83
Variabilidad de la entrega del sistema implementado	84
Variabilidad de los plazos de entrega	85
III. RESULTADOS.....	86
3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	87
3.1.1 Eficiencia del sistema.....	87
3.1.2 Entrega a tiempo	90

3.1.3	<i>Variabilidad de la entrega</i>	92
3.1.4	<i>Plazo de entrega</i>	94
3.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL	96
3.2.1	<i>Análisis inferencial de la Hipótesis General</i>	97
	Contrastación de la hipótesis general.....	98
3.2.2	<i>Análisis inferencial de la primera hipótesis específica</i>	99
	Contrastación de la primera hipótesis específica.....	100
3.2.3	<i>Análisis inferencial de la segunda hipótesis específica</i>	102
	Contrastación de la segunda hipótesis específica	102
3.2.4	<i>Análisis inferencial de la tercera hipótesis específica</i>	104
	Contrastación de la tercera hipótesis específica.....	105
IV.	DISCUSIÓN	107
4.1	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	108
V.	CONCLUSIONES	110
5.1	CONCLUSIÓN GENERAL	111
5.1.1	<i>Conclusiones Específicas</i>	111
VI.	RECOMENDACIONES	112
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
VIII.	ANEXOS	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Estructuras de Fabricación</i>	5
Tabla 2. <i>Aspectos positivos y negativos entre los sistemas PUSH y PULL</i>	6
Tabla 3. <i>Frecuencia de Ocurrencias – Análisis de 15 órdenes de pedido</i>	11
Tabla 4. <i>Escala de gradación para comparación cuantitativa de alternativas.</i>	20
Tabla 5. <i>Ejemplo de Matriz AHP</i>	20
Tabla 6. <i>Escenarios de Aplicación de AHP</i>	22
Tabla 7. <i>Matriz de Operacionalización de Variables</i>	33
Tabla 8. <i>Matriz de Coherencia</i>	34
Tabla 9. <i>Diagrama de Análisis de Procesos (DAP)</i>	41
Tabla 10. <i>Estudio de Tiempos</i>	43
Tabla 11. <i>Tiempos para ciclos de Trabajo</i>	44
Tabla 12. <i>Tareas Precedentes y Tiempo de Realización</i>	44
Tabla 13. <i>Asignación de Ciclos de trabajo a las estaciones de Trabajo</i>	45
Tabla 14. <i>Cronograma de implementación del sistema híbrido MTS-MTO</i>	57
Tabla 15. <i>Cálculo de peso de criterios</i>	68
Tabla 16. <i>Cálculo de relación de consistencia</i>	69
Tabla 17. <i>Peso de alternativas según el plazo de entrega</i>	69
Tabla 18. <i>Peso de alternativas según la cantidad de terminales</i>	70
Tabla 19. <i>Peso de alternativas según el Valor oportuno</i>	70

Tabla 20. <i>Resultado de priorización de alternativas</i>	71
Tabla 21. <i>Cálculo de pago de horas mensuales por equipos entregados con retraso</i>	76
Tabla 22. <i>Beneficios obtenidos por mes</i>	76
Tabla 23. <i>Descripción de costos de implementación de sistema híbrido</i>	77
Tabla 24. <i>VAN y TIR de la implementación del sistema híbrido en la empresa Sistemas Inteligentes S.AC.</i>	79
Tabla 25. <i>Resumen de procesamiento de datos para la Eficiencia</i>	87
Tabla 26. <i>Análisis descriptivo de la eficiencia, antes y después de la mejora</i>	88
Tabla 27. <i>Resumen de procesamiento de datos para la Entrega a tiempo</i>	90
Tabla 28. <i>Análisis descriptivo de la entrega a tiempo, antes y después de la mejora</i>	90
Tabla 29. <i>Análisis descriptivo de la Variabilidad de entrega, antes y después de la mejora</i> . 92	
Tabla 30. <i>Análisis descriptivo de los Plazos de entrega, antes y después de la mejora</i>	94
Tabla 31. <i>Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para la eficiencia</i>	97
Tabla 32. <i>Prueba de rangos con signos de Wilcoxon de la eficiencia, antes y después.</i>	98
Tabla 33. <i>Comparación de las medias de la eficiencia antes y después</i>	98
Tabla 34. <i>Estadístico de prueba Wilcoxon para la Eficiencia</i>	99
Tabla 35. <i>Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para la entrega a tiempo</i>	99
Tabla 36. <i>Prueba de rangos de Wilcoxon de la entrega a tiempo, antes y después.</i>	100
Tabla 37. <i>Comparación de las medias de la entrega a tiempo, antes y después.</i>	101
Tabla 38. <i>Estadístico de prueba Wilcoxon para la entrega a tiempo</i>	101
Tabla 39. <i>Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para la variabilidad de la entrega</i>	102

Tabla 40. <i>Prueba de rangos de Wilcoxon de la variabilidad de entrega, antes y después...</i>	103
Tabla 41. <i>Comparación de las medias de la variabilidad de la entrega, antes y después. ..</i>	103
Tabla 42. <i>Estadístico de prueba Wilcoxon para la variabilidad de la entrega</i>	104
Tabla 43. <i>Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para los plazos de entrega.....</i>	104
Tabla 44. <i>Prueba de rangos de Wilcoxon de los plazos de entrega, antes y después.....</i>	105
Tabla 45. <i>Comparación de las medias de los plazos de entrega, antes y después.....</i>	105
Tabla 46. <i>Estadístico de prueba Wilcoxon para los plazos de entrega</i>	106

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Proyección estimada por región para el año 2024	2
<i>Figura 2.</i> Mercado de Control de Acceso - Tasa de crecimiento por región.....	3
<i>Figura 3.</i> Flujo de los diferentes Sistemas de Fabricación	4
<i>Figura 4.</i> Estrategias de Producción	5
<i>Figura 5.</i> Organigrama de la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C	8
<i>Figura 6.</i> Diagrama de Ishikawa.....	9
<i>Figura 7.</i> Diagrama de Pareto	11
<i>Figura 8.</i> Tipos de modularidad.....	16
<i>Figura 9.</i> Estructura Jerárquica General - AHP	19
<i>Figura 10.</i> Formato de comparación entre pares.	20
<i>Figura 11.</i> Diagrama de Flujo.....	40
<i>Figura 12.</i> Diagrama de Operación de Procesos (DOP).....	42
<i>Figura 13.</i> Diagrama de Precedencias.	46
<i>Figura 14.</i> Cantidad de Órdenes por mes (enero – mayo).....	48
<i>Figura 15.</i> Cantidad de Terminales por mes (enero – mayo)	48
<i>Figura 16.</i> Estado de órdenes entregadas (enero – mayo) - A Tiempo / Adelanto / Retraso ..	51
<i>Figura 17.</i> Porcentaje de estado de entrega de las órdenes (enero - mayo).....	52
<i>Figura 18.</i> Variabilidad de entrega de las órdenes (enero – mayo).....	53
<i>Figura 19.</i> Variabilidad de Plazos de Entrega (enero – mayo).....	54

<i>Figura 20.</i> Estructura de implementación del sistema híbrido para la empresa sistemas Inteligentes S.A.C.	56
<i>Figura 21.</i> Parte posterior de carcasa del terminal biométrico estandarizada.....	60
<i>Figura 22.</i> Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Huella/DNI/Cámara/USB/Eventos	61
<i>Figura 23.</i> Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Huella/Cámara/USB/Eventos	62
<i>Figura 24.</i> Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Cámara/USB/Eventos	63
<i>Figura 25.</i> Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Cámara/USB.....	64
<i>Figura 26.</i> Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/USB	65
<i>Figura 27.</i> Índice de consistencia aleatorio promedio	69
<i>Figura 28.</i> Cantidad de Órdenes por mes (junio – octubre).....	81
<i>Figura 29.</i> Cantidad de Terminales por mes (junio – octubre).....	82
<i>Figura 30.</i> Estado de órdenes entregadas (junio – octubre) - A Tiempo / Adelanto / Retraso	83
<i>Figura 31.</i> Porcentaje de estado de entrega de las órdenes (junio - octubre)	84
<i>Figura 32.</i> Variabilidad de entrega de las órdenes (junio – octubre).....	84
<i>Figura 33.</i> Variabilidad de Plazos de Entrega (junio – octubre)	85
<i>Figura 34.</i> Curva normal de la eficiencia antes de la implementación.....	89
<i>Figura 35.</i> Curva normal de la eficiencia después de la implementación.	89
<i>Figura 36.</i> Curva normal de la entrega a tiempo antes de la implementación.....	91

<i>Figura 37.</i> Curva normal de la entrega a tiempo después de la implementación	92
<i>Figura 38.</i> Curva normal de la Variabilidad de entrega antes de la implementación.....	93
<i>Figura 39.</i> Curva normal de la Variabilidad de la entrega después de la implementación	94
<i>Figura 40.</i> Curva normal de los Plazos de entrega antes de la implementación.....	95
<i>Figura 41.</i> Curva normal de los Plazos de entrega después de la implementación	96

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1 – Captura Feedback Studio Turnitin.....	122
ANEXO N° 2 – Recibo digital Turnitin.....	123
ANEXO N° 3 – Reporte Original	124
ANEXO N° 4 – Acta interna de Lluvia de ideas para Formulación del problema	125
ANEXO N° 5 – Validación por Juicio de Expertos 1	126
ANEXO N° 6 – Validación por Juicio de Expertos 2	127
ANEXO N° 7 – Validación por Juicio de Expertos 3	128
ANEXO N° 8 – Registro de Órdenes de Servicio Enero - Mayo	129
ANEXO N° 9 – Registro de Órdenes de Servicio Junio – Octubre	130
ANEXO N° 10 – Cronograma de Implementación.....	131
ANEXO N° 11 – Lista de precios de terminales biométricos.....	132
ANEXO N° 12 – Evidencias de Implementación (elaboración de stock).....	133

RESUMEN

La presente investigación tuvo como fin estudiar el ambiente de producción en el cual se desenvuelve la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C. la cual se dedica a la fabricación de terminales biométricos, y de esta manera buscar alternativas para poder mejorar los tiempos de entrega de las órdenes de servicio para las carcasas de los mismos.

A lo largo del estudio pudimos observar que trabajar bajo un enfoque MTO, suele generar retrasos debido a los cortos plazos de entrega que existen en las órdenes de servicio, por tal motivo, se propuso implementar un sistema híbrido MTS / MTO, el cual combina la fabricación para stock y la fabricación bajo pedido, para mejorar la eficiencia de tiempo de entrega, por ende tener menos índice de retraso en la entrega, reducir la variabilidad de la misma, y a pesar de que los plazos de entrega sean cortos, poder cumplir con la demanda.

Se analizaron 45 órdenes de servicio, antes de la implementación para poder evaluar la situación de la empresa antes de la mejora correspondientes al periodo enero-mayo, así mismo después de la implementación de la mejora se realizó un nuevo análisis para poder comprobar, en que aspectos mejoró nuestro sistema dicha implementación.

Los resultados mostrados por el estudio, nos indican que, es factible implementar un sistema híbrido en nuestro actual ambiente, aplicando la estandarización de componente y de procesos obtuvimos una mejor eficiencia en los tiempos de entrega de las carcasas para las órdenes de los terminales biométricos, así mismo los índices de retraso de entrega se redujeron considerablemente con respecto al análisis realizado en los periodos pre y post implementación, la variabilidad de entrega disminuyó, logrando también otros beneficios como menor tiempo muerto en el proceso de producción en general.

Palabras Clave

Fabricación bajo pedido, fabricación para stock, sistema híbrido, producción, MTS, MTO.

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the production environment in which the company Sistemas Inteligentes S.A.C. which is dedicated to the manufacture of biometric terminals, and in this way look for alternatives to improve the delivery times of service orders for their housings.

Throughout the study we could observe that working under an MTO approach, usually generates delays due to the short delivery times that exist in the service orders, for this reason, it was proposed to implement a hybrid MTS / MTO system, which combines the manufacturing for stock and manufacturing on demand, to improve the efficiency of delivery time, therefore having less rate of delay in delivery, reducing its variability, and despite the fact that delivery times are short, being able to meet the demand.

45 service orders were analyzed, before the implementation to be able to evaluate the situation of the company before the improvement corresponding to the January-May period, also after the implementation of the improvement a new analysis was carried out to be able to verify, in which aspects improved our system said implementation.

The results shown by the study, indicate that, it is feasible to implement a hybrid system in our current environment, applying the standardization of component and processes we obtained a better efficiency in the delivery times of the housings for the orders of the biometric terminals, Likewise, the delivery delay rates were considerably reduced with respect to the analysis performed in the pre and post implementation periods, the delivery variability decreased, also achieving other benefits such as less downtime in the production process in general.

Keywords

Make to order, make to stock, hybrid system, production, MTS, MTO

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1 Sector de Control de Acceso de Equipos Biométricos Global.

El mercado global de control de acceso registró en el año 2018 USD 7,5 mil millones y se espera que crezca USD 12,1 mil millones para 2024, a una tasa compuesta anual de 8.24% de 2018 a 2024. Teniendo al mercado de Norteamérica como el más grande y al Asia Pacifico como el de más rápido crecimiento.(Markets and Markets, 2019).

Los lectores basados en tarjetas que se utilizan como credenciales para autenticar la identidad del usuario y determinar el permiso / prohibición de acceso y tienen la mayor parte del mercado de control de acceso durante el período de pronóstico.

Los sistemas de control de acceso reducen significativamente la necesidad de seguridad tripulada en las empresas y otras instituciones; por tal motivo, la demanda actual de este tipo de sistemas está aumentando. Estos factores alientan a las organizaciones de servicio y comerciales a adoptar sistemas de control de acceso para proteger no solo a las personas sino también, la propiedad.

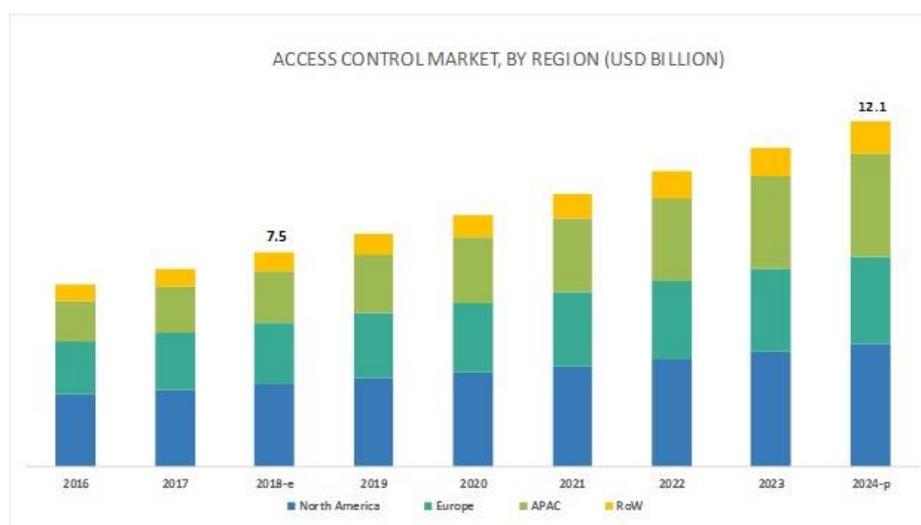


Figura 1. Proyección estimada por región para el año 2024



Figura 2. Mercado de Control de Acceso - Tasa de crecimiento por región

1.1.2 Entorno Productivo

En el actual entorno competitivo los profesionales e investigadores han enfocado su atención esencialmente en problemas que mejoran la competitividad en la producción y la comercialización. Para lograrlo, las empresas deben tener en cuenta las tareas relacionadas con la producción, mientras que los requisitos de los clientes están del otro lado de la competencia.

La rentabilidad a largo plazo es la finalidad primordial de las empresas que fabrican productos. Para lograrlo, la empresa debe fabricar productos de buena calidad, cumpliendo el tiempo de entrega y con precios competitivos.

En un sistema MTS, los productos acabados o semi-acabados se fabrican y estos son almacenarlos según las predicciones de los pedidos solicitados. En un sistema MTO, en cambio, la fabricación solo se realiza cuando existe una orden de pedido externa. Cabe resaltar que los pedidos de los clientes tienen una demanda incierta, asimismo los pedidos que llegan usualmente necesitan diferentes trayectos y tiempos de procesamiento en producción. En consecuencia, el sistema MTO no puede predecir el tiempo de entrada de los pedidos, pero en caso de que ingresen, estos deben ser entregados rápidamente y para lograrlo es fundamental una estructura para la toma de decisiones que permita apoyar a la administración de los pedidos entrantes y así cumplir con las reglas y tiempos pactados.

1.1.3 Los sistemas de producción y su clasificación

Los sistemas de producción observan, en su clasificación, el grado de influencia del cliente en las operaciones de fabricación. Los sistemas de producción se dividen entre el diseño del producto estandarizado (MTS) y el diseño del producto personalizado (MTO, ATO, ETO). (Guerrini, Belhot y Azzolini, 2014, p. 39).

Vegetti (2007, p. 42), define operacionalmente los distintos tipos de sistemas o estrategias de producción de la siguiente manera:

- “Make to stock” (MTS) – Fabricación para inventario: en este esquema los productos son fabricados en base a pronósticos de demanda, pero la distribución de los mismos se hace a partir de un stock generalizado, considerando las órdenes de los clientes.
- “Assemble to order” (ATO) – Ensamble bajo pedido: se manufacturan y almacenan componentes, que son a posteriori ensamblados para fabricar productos finales a pedido del cliente.
- “Make to order” (MTO) – Fabricación bajo pedido: en esta estrategia todo el proceso productivo es controlado por las órdenes de los clientes; es decir, se produce sólo lo que es especificado en las órdenes por los clientes.
- “Engineer to order” (ETO) – Ingeniería bajo pedido: los productos requieren un diseño de ingeniería a pedido del cliente (o una personalización importante). En general, cada orden de cliente requiere un diseño, una estimación de costos, listas de materiales (los que se compran en función del pedido) y rutas de producción particulares para esa orden.

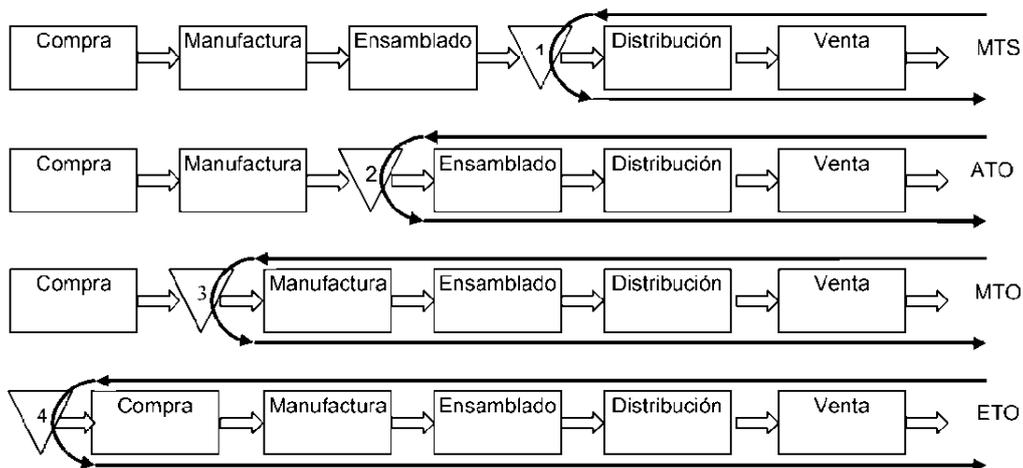


Figura 3. Flujo de los diferentes Sistemas de Fabricación

1.1.4 Estructuras de Fabricación

“Las estructuras de fabricación se caracterizan por el cambio en la utilidad de la forma, o sea, el producto (salida del sistema) consiste en bienes que difieren físicamente (como la forma, contenido, etc.) de los insumos (entradas del sistema).” (Guerrini, Belhot y Azzolini, 2014, p. 51)

En la siguiente tabla se muestra las estructuras de fabricación para los sistemas de producción enfocados en productos personalizados, teniendo como principales estructuras la EOC, EOE, DOE, DOC.

Tabla 1. Estructuras de Fabricación

ESTRUCTURAS DE FABRICACIÓN		
Siglas	Descripción	Flujo
EOC	Fabricación a pedido, con stock de insumos.	
DOE	Fabricación para stock sin stock de insumos.	
EOE	Fabricación de stock para stock.	
DOC	Fabricación a pedido pura.	

1.1.5 Sistemas Push y Pull

En función a lo que requieren las empresas y la demanda de productos que estas tengan, pueden hacer uso de los diversos sistemas o estrategias de producción. Los sistemas Pull y Push, dentro de la variedad existente, son los más conocidos.

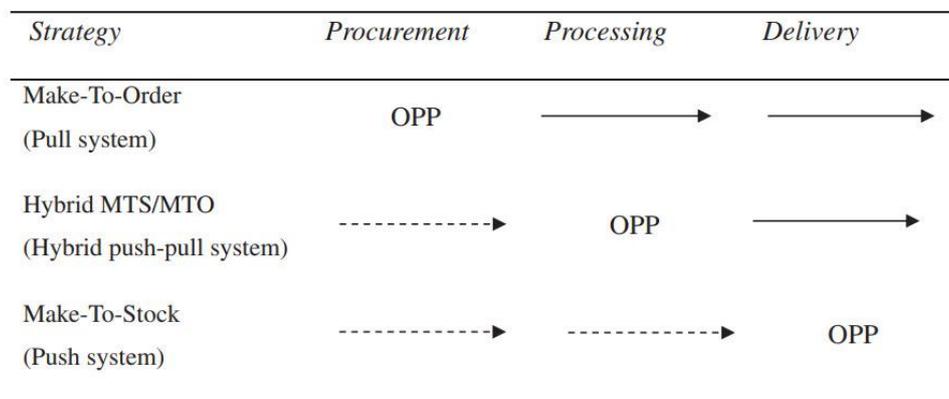


Figura 4. Estrategias de Producción

Como se muestra en la imagen anterior, los sistemas Push y Pull guardan una relación con los sistemas MTS y MTO respectivamente, los cuales se pueden distinguir por el Punto de penetración de la Orden (OPP).

El sistema **PULL** es una estrategia que se ajusta en todo momento a la demanda del mercado, lo que quiere decir que solo se produce en el preciso momento en el que hay un requerimiento real del producto. Este tipo de sistema se encuentra comúnmente en productos que son de baja demanda o que pueden ser total o parcialmente personalizados.

Por otro lado, el sistema **PUSH** se enfoca en los productos que tienen una demanda constante, es decir que no hay incertidumbre de demanda y se sabe que saldrán del almacén. Se puede dar cuando los productos requieren un proceso de fabricación largo y complejo, necesitando de una fabricación anterior para satisfacer la demanda (Blog de EAE Business School, 2018).

Tabla 2. Aspectos positivos y negativos entre los sistemas PUSH y PULL

Aspectos positivos y negativos entre los sistemas PUSH y PULL		
	PUSH	PULL
Aspectos Positivos	<p>Los costos de producción son menores ya que se produce a una escala mayor.</p> <p>La agilidad y flexibilidad de este sistema de producción es amplia, adaptándose a posibles alzas en la demanda de los productos comercializados.</p>	<p>Los costos de almacenamiento son menores, ya que básicamente no se trabaja con stock.</p> <p>Debido a solo se produce cuando existe una demanda real del producto, las previsiones y los cálculos sobre lo que se debe de comprar para poder producir, se omiten.</p>
Aspectos Negativos	<p>Uno de los puntos negativos en este sistema es que las previsiones o compras realizadas para satisfacer la demanda no sean correctas. Esto puede conducir a que se tenga una gran cantidad de stock con los costos que esto conlleva.</p>	<p>El problema en este tipo de sistema es que, no se pueda alcanzar llevar por completo la producción o todas las órdenes de servicio cuando la demanda es alta, presentando así una ruptura de stock pudiendo ocasionar grandes pérdidas económicas.</p>

1.1.6 Diagnóstico del Problema

Los cambios de demanda en las empresas de fabricación bajo pedido conducen a la variación de recursos y retrasos de entrega, principalmente en períodos con alta demanda. Por tal motivo, muchas empresas incorporan algunos productos estandarizados en su combinación de productos, asimismo usan un enfoque híbrido de producción para la fabricación bajo pedido (MTO) / fabricación contra stock (MTS). No obstante, una empresa que usa el sistema de MTO generalmente se enfoca al cumplimiento de las fechas de entrega, a diferencia de la fabricación contra stock que provoca que su unificación sea en ciertos aspectos compleja.

Actualmente, en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C. se viene empleando un sistema de producción MTO, el cual ha funcionado de manera sostenible para la fase primaria en la fabricación de los terminales de control de acceso que ofrece la empresa.

El problema en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C. se presenta en la dilatación de los tiempos de entrega de las órdenes de servicio para la fabricación de las carcasas para los equipos biométricos que la empresa ofrece, estos retrasos pueden ocasionar complicaciones en las áreas consecuentes a la de producción y por ende afectar de manera circunstancial la entrega del producto final hacia el cliente.

Antes de mencionar los problemas presentes en la empresa, conoceremos como está organizada la misma, así como el flujo de fabricación de los productos que se realizan, así como cada una de la secuencia de tareas para llegar al producto terminado, a través de diferentes diagramas podremos tener una idea más clara y podremos identificar de manera más específica el problema en la empresa.

Organigrama de la empresa



Figura 5. Organigrama de la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C

Diagrama causa – efecto (Ishikawa):

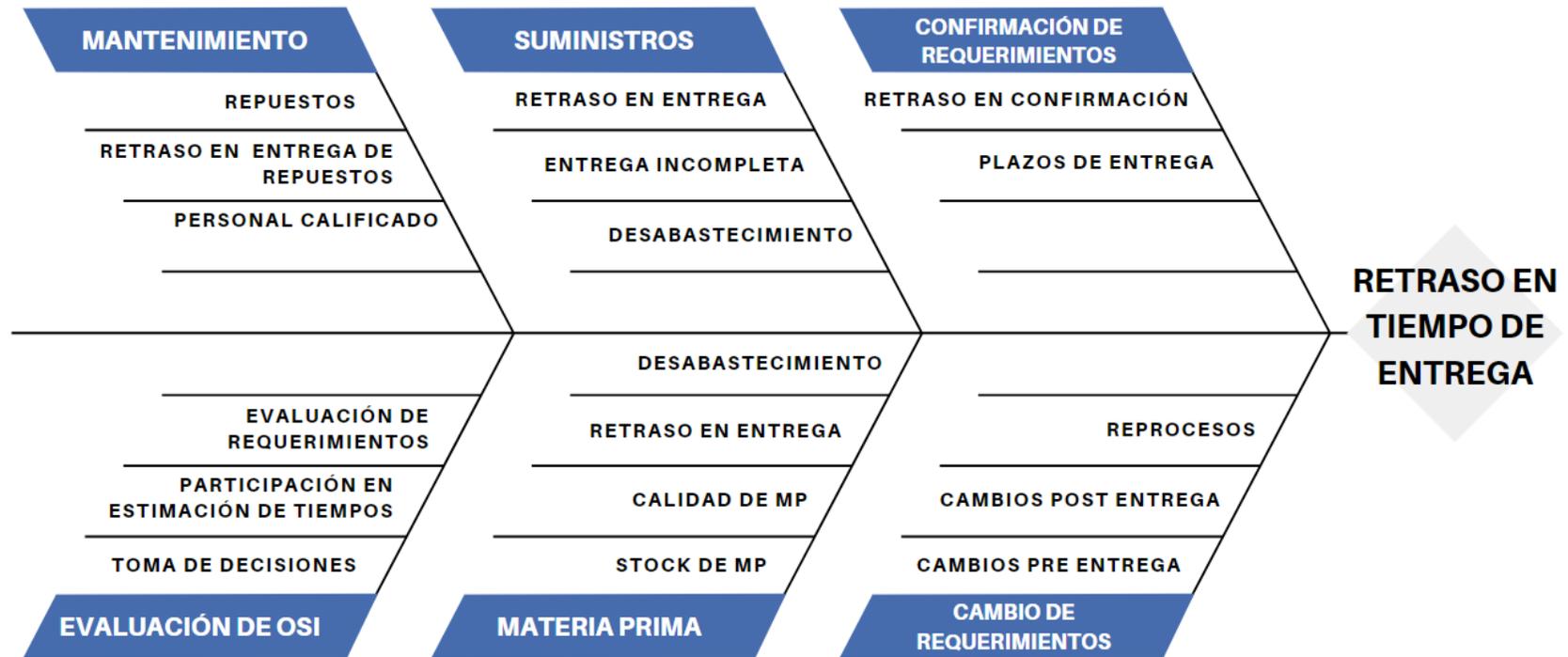


Figura 6. Diagrama de Ishikawa.

Conclusión parcial Ishikawa

Actualmente los retrasos en los tiempos de entrega de las órdenes de servicio se vienen dando frecuentemente por factores los cuales se ponen en evidencia en el diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto presentado anteriormente (Figura 6), el cual nos ayudará a poder visualizar de manera gráfica cuales son los principales problemas que afectan la entrega de las órdenes, para luego tomar decisiones que nos ayuden a resolver el mismo.

Gracias a esta herramienta podemos tener una amplia gama de causas que se presentan y las cuales ocasionan o están ligadas al problema presente. Esta etapa es esencial para analizar y evidenciar el problema, ya que, conociendo todas estas causas nos es más sencillo plantear posibles soluciones.

De tal manera, podemos concluir que, habiendo realizado una lluvia de ideas y rescatando seis contextos primordiales que están causando el problema de retrasos en los tiempos de entrega de las órdenes de servicio y presentados junto a sus respectivas causas, determinando así que las principales causas que estarían afectando a la entrega a tiempo de las órdenes de servicio serían los siguientes:

- Cambio de requerimientos en las Órdenes de servicio
- Retraso en entrega de suministros
- Confirmación de requerimientos en las Órdenes de servicio
- Retraso en la entrega de materia prima
- Participación en la Evaluación de Órdenes de servicios
- Retraso en Mantenimiento de máquinas

Esta información nos será muy útil para continuar con el análisis del problema, ya que, determinando estas principales causas podremos utilizar el diagrama de Pareto con el cual tendremos una mejor visión de lo que estas causas representan.

Diagrama de distribución A-B-C

Tabla 3. Frecuencia de Ocurrencias – Análisis de 15 órdenes de pedido

Causa	Descripción del Problema	Frecuencia de ocurrencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
A	Cambio de requerimientos en las Órdenes de servicio	8	8	27%	27%
B	Retraso en entrega de suministros	7	15	23%	50%
C	Confirmación de requerimientos en las Órdenes de servicio	5	20	17%	67%
D	Retraso en la entrega de materia prima	5	25	17%	83%
E	Participación en la Evaluación de Órdenes de servicios	3	28	10%	93%
F	Retraso en Mantenimiento de máquinas	2	30	7%	100%
TOTALES		30		100%	

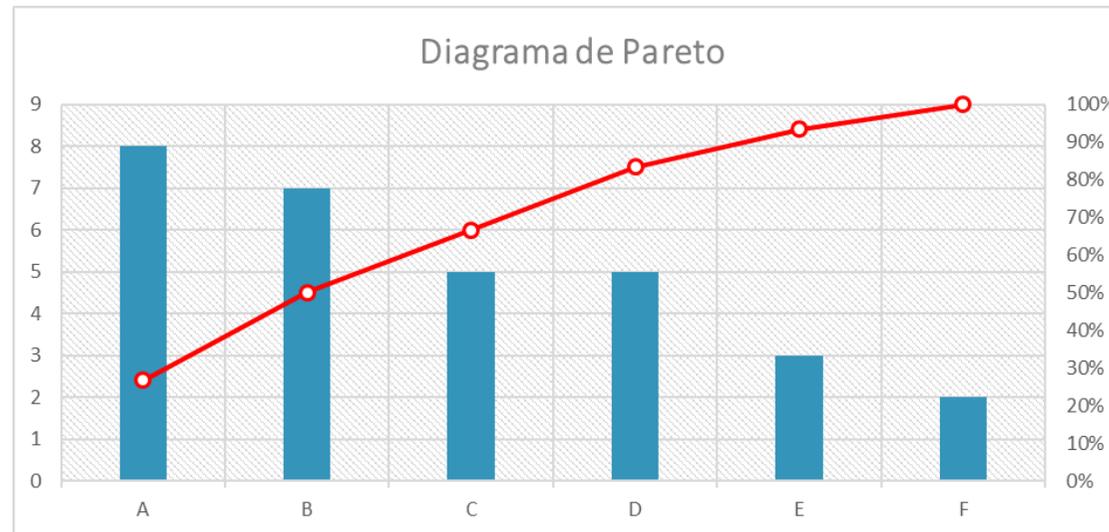


Figura 7. Diagrama de Pareto

Conclusión parcial Pareto

Habiendo clasificado las causas obtenidas en nuestro diagrama de causa efecto en orden de frecuencias acontecidas descendentemente, nos permite en primer lugar asignar un orden de prioridades. Lo que nos dará la claridad de que causas o problemas son más importantes que otros en relación a la frecuencia con las que ocurren.

Los resultados representados en la Figura 7 nos indica que, las causas o problemas más relevantes son los siguientes:

- Cambio de requerimientos en las Órdenes de servicio
- Retraso en entrega de suministros
- Confirmación de requerimientos en las Órdenes de servicio

Considerando así que, de acuerdo al análisis realizado, atacaremos esas tres primeras causas para poder resolver el problema que viene enfrentando el área de producción con el retraso en los tiempos de entrega.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Los antecedentes o trabajos previos que se presentan a continuación, entre ellos artículos y tesis relacionadas al tema propuesto, sirvieron de consulta y ayudaron a desarrollar este proyecto de investigación.

La información que se presenta sobre este tipo de estudios es muy limitada, aún más las teorías relacionadas con la implementación de enfoques híbridos MTO/MTS, a continuación, mencionaremos algunas teorías relacionadas al tema en cuestión.

Jaramillo (2012, p. 6), en la tesis “Programación de un sistema de producción híbrido Make to stock / Make to order mediante un proceso analítico jerárquico de ordenación grupal (GAHPO)” que tiene como objetivo rediseñar el proceso de programación de la producción en una empresa orientada al sector de metalmecánica, menciona que los enfoques híbridos MTS/MTO han despertado el interés de las empresas para satisfacer los requerimientos del mercado actual, permitiendo una nivelación de capacidad de producción cuando existen variaciones en la demanda ofreciendo así una gran ventaja, pero debido a sus múltiples objetivos también generan diversas dificultades. Por lo cual, en los ambientes híbridos MTS/MTO se necesitan considerarse múltiples criterios debido a las múltiples respuestas de interés. Para lo cual hace una revisión de los enfoques productivos mencionados, acoplando reglas de secuenciación y adaptándolas a la prioridad de los requerimientos. Concluyendo de manera positiva y de forma sobresaliente al aplicar la regla de prioridad propuesta.

Por otra parte Kanda, Takahashi, & Morikawa, (2015, p. 1) en el artículo “Una regla de servicio flexible para el sistema dinámico de producción contra stock - fabricación híbrida” proponen una regla de servicio flexible que consiste en la priorización de la demanda y reglas de precios, aportando que hay una leve mejoría según los experimentos realizados y en los cuales hay una reducción en los costos operativos. Evaluando el costo operativo y la longitud de la cola MTO mediante el análisis de Markov. Concluyendo que dicha propuesta tiene una buena efectividad para el sistema dinámico híbrido MTS/ MTO.

Beemsterboer, Land, Teunter & Bokhorst (2016, p. 1) en el artículo con título “Integración de fabricación a pedido y de fabricación en stock en el control de taller” proponen cuatro

métodos de integración de elementos de MTS en el control de un taller y los evalúan mediante la simulación de eventos discretos en Python. Teniendo como objetivo el desarrollar dicho mecanismo de control y comparar varias opciones de diseño en un estudio de simulación. Demostrando que, un método simple de dar prioridad siempre a los artículos de fabricación contra stock se ve superado sustancialmente por los métodos más avanzados de integración de MTS en el control del taller, ya que pudieron reducir un 60% de las ventas perdidas de MTS.

En el artículo “Planificación de la producción híbrida MTO/MTS: un estudio exploratorio” se plantea que, implementando el sistema híbrido “[...] se pueden obtener beneficios sustanciales si se toma en cuenta el estado de ambos tipos de productos en las decisiones de programación. Se obtienen hasta un 65% de ahorro en costos en comparación con los métodos de planificación que dan prioridad a MTO o MTS, y hasta un 25% si lo comparamos con el mejor de los dos”.(Beemsterboer, Land y Teunter, 2016, p. 1).

Así mismo, en el artículo con título “Integración de fabricación a pedido y de fabricación en stock en el control de taller”, Beemsterboer, Land, Teunter, & Bokhorst (2017, p. 1) manifiestan que, la integración de elementos de enfoque MTS a un taller de fabricación con un sistema MTO no es para nada sencilla. Un método sencillo es la asignación de fechas de vencimiento ficticias (fijas) para los pedidos MTS; afirmando luego que, al no ajustar las fechas en las que vencen las órdenes de reposición de MTS durante los períodos de baja demanda de MTS permite en su lugar un mejor uso de la capacidad de producción para maximizar el rendimiento de entrega de MTO. Los resultados de un método que solo da prioridad a MTS cuando no hay pedidos de MTO urgentes implican que el envío también podría funcionar completamente sin las fechas de vencimiento ficticias de MTS. Sin embargo, este enfoque solo es efectivo cuando el enfoque principal de la compañía está en el desempeño de la entrega de MTO. La liberación anticipada de pedidos de MTS en períodos temporales de baja carga puede brindar oportunidades interesantes.

En la Tesis “Propuesta de optimización del proceso de pintado de bobinas de acero de la empresa PRECOR aplicando TPM” realizada por Mansilla (2016, p. 2), se evaluaron las distintas metodologías que podrían ayudar a resolver el problema que la empresa presenta, para lo cual se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) gracias al cual pudieron hacer

una comparación entre las diferentes técnicas de mantenimiento que existen, logrando así elegir la técnica más adecuada de acuerdo a los criterios y subcriterios necesarios para la adaptación al sistema en el que se encuentra. Si bien es cierto, este no es el objetivo esencial del proyecto, podemos apreciar el uso del AHP para seleccionar con más certeza la técnica a elegir.

Luego en la Tesis que tiene como título “Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en la selección de un marco de referencia para gestionar los proyectos de una empresa consultora” Quispe (2017, p. 5), enmarca el uso del Proceso Analítico Jerárquico con el objetivo de elegir un marco de referencia apropiado para la gestión de proyectos de la empresa consultora. Estudio el cual, empieza con la obtención de datos de los proyectos anteriores y que presentaron sobrecostos por retrasos, para llevarlos a un previo análisis y determinar la causa raíz que generaron estos retrasos. Logrando seleccionar la Guía para la gestión de proyectos – Guía del PMBOK®, gracias al Proceso Analítico Jerárquico (AHP), como el marco referencial apropiado para la gestión de los proyectos, alcanzando así, una prioridad respecto a la meta de 64,2% en comparación con PRINCE2 y SCRUM.

Casañ (2013, p. 85) en la tesina con título “La decisión multicriterio; aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación” tiene como objetivo el poner en manifiesto los Procesos de Toma de Decisiones Multicriterio, específicamente el método Analítico Jerárquico, para aplicarlo en la elección de propuestas competitivas en el sector de edificación en el que la empresa se desenvuelve, concluyendo en que, el planteamiento multicriterio, al considerar diversos criterios en la toma de las decisiones, salva las limitaciones presentes en el planteamiento monocriterio, y permite tener en cuenta todos los matices que intervienen en la decisión, suprimiendo restricciones rígidas e inflexibles, que condicionaban la solución obtenida.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

A continuación, enmarcaremos las teorías y métodos que se proyectarán en el proyecto de investigación, teniendo en cuenta que estos métodos se estudiarán y analizarán para posteriormente influir en las variables.

1.3.1 Estandarización de componentes y gestión del desarrollo del producto

Ulrick y Eppinger, (2009 , p. 184) en el capítulo 9 del libro que lleva como título “Diseño y desarrollo de productos” nos hablan sobre la arquitectura del producto y como esta tiene como propósito la transición de los elementos funcionales a los elementos físicos de construcción del producto.

La arquitectura de un producto se puede considerar, en *términos funcionales*, como las transformaciones y operaciones individuales que conllevan al rendimiento general del producto; y en *términos físicos*, se puede considerar a la arquitectura como las partes componentes y subconjuntos que ponen en práctica las funciones del producto.

Las características más importantes que se pueden presentar en la arquitectura del producto vendrían a ser su modularidad, la cual permite que, al realizar cambios de diseño a un elemento, este no afecte a los demás elementos que componen el producto en general ni a su correcto funcionamiento. También existe la arquitectura integral, la cual vendría a ser todo lo opuesto a la modular.

Es importante para nuestro caso hablar sobre la arquitectura del producto ya que esta tiene implicancias en problemas de importancia para la empresa como lo son la estandarización de componentes y la gestión del desarrollo del producto, por mencionar algunos.

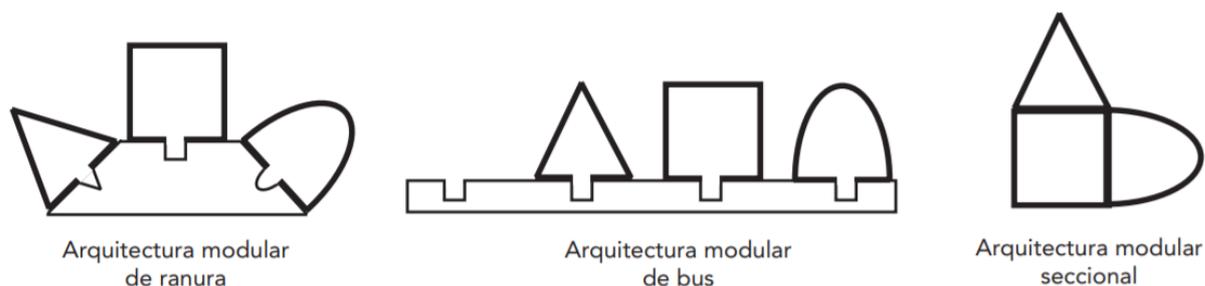


Figura 8. Tipos de modularidad

La estandarización de componentes

Como lo explican textualmente Ulrich y Eppinger:

La estandarización de componentes es el uso del mismo componente o *trozo* en múltiples productos. Si un *trozo* implementa sólo uno o pocos elementos funcionales de amplio uso, entonces el *trozo* se puede estandarizar y usar en varios productos diferentes. Esa estandarización permite a la empresa manufacturar el *trozo* en volúmenes más altos, lo que no sería posible de otra manera. Esto a su vez puede llevar a menores costos y mayor calidad. (2009, p. 189).

La gestión del desarrollo del producto

Según Ulrich y Eppinger (2009, p. 191) a un grupo relativamente pequeño o un proveedor externo se le suele asignar la tarea para el diseño de detalles de cada componente o *trozo*, debido a que muchas veces su diseño requiere cuidadosa resolución de geometría, interacciones y otros aspectos entre componentes.

En la arquitectura modular las interacciones funcionales con las que trabajan los grupos de diseño son conocidas y limitadas entre los componentes; mientras tanto en la arquitectura integral la puesta en marcha de un elemento funcional por dos o más componentes requiere de una rigurosa coordinación entre los grupos de diseño. Cabe resaltar que ambos tipos de arquitectura, modular e integral, requieren distintos estilos de gestión de desarrollo del proyecto. La modular demanda una cuidadosa planeación en la etapa de diseño a nivel de sistema, mientras a nivel de detalle se enfoca en asegurar que los equipos cumplan los requisitos de costo, rendimiento y fechas de entrega. La integral en cambio, se enfoca en más resolución de problemas y ardua coordinación a nivel de detalle, requiriendo menos planeación a nivel de sistema.

1.3.2 Secuenciación de Tareas

Heizer y Render explican que la secuenciación determina el orden en que se deben realizar los trabajos, proporcionando información detallada mediante los métodos de secuenciación, los cuales se conocen como reglas de prioridad.

Reglas de Prioridad

Heizer y Render (2004, p. 568) también mencionan que, “Las reglas de prioridad proporcionan lineamientos para establecer la secuencia en que deben realizar los trabajos. Las reglas se aplican en especial en instalaciones orientadas al proceso, como clínicas, imprentas y talleres intermitentes de manufactura” (p. 568).

Las reglas más conocidas son las siguientes:

- **Primero en entrar, primero en servir (PEPS):** El primer trabajo en llegar al centro de trabajo se procesa primero.
- **Tiempo de procesamiento más corto (TPC):** Los trabajos más breves se procesan y terminan primero.
- **Fecha de entrega más próxima (FEP):** El trabajo que tiene fecha de entrega más próxima se selecciona primero
- **Tiempo de procesamiento más largo (TPL):** Los trabajos más largos y más grandes a menudo son muy importantes y se seleccionan primero.
- **Razón crítica (RC):** Consiste en índice que se calcula al dividir el tiempo que falta desde la fecha actual hasta la fecha de entrega entre el tiempo de procesamiento restante. Esta regla es dinámica y fácil de actualizar.

1.3.3 Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Thomas L. Saaty crea, en los años 70's, el Proceso Analítico Jerárquico el cual está basado específicamente en su experiencia al dirigir proyectos de investigación de la Agencia de Desarme y Control de los Estados Unidos y en una necesidad existente de una metodología que permitiera la toma de decisiones complejas.

Bhushan y Rai (2004, p. 15) afirman que el AHP ha encontrado gran aceptación gracias a su simplicidad y fácil uso, contribuyendo con quienes se encargan de la toma de decisiones, organizando los problemas de manera que se puedan seguir y analizar. Ayudando así a estructurar la complejidad, la medición y la síntesis de las clasificaciones. Siendo probada y aceptada en las múltiples áreas que conforman el mercado y demostrando ser una metodología teóricamente sólida, capaz de producir resultados que coincidan con las percepciones y expectativas.

Procedimiento del AHP

En “Toma de decisiones Estrategias” Bhushan & Rai detallan como el AHP divide el problema en una jerarquía de sub-problemas para comprenderlo y evaluarlo de una manera más sencilla. Estas evaluaciones adoptan valores numéricos que se procesan para catalogar las alternativas en una escala numérica. (2004, p. 16).

Bhushan & Rai explican la Metodología AHP en seis pasos y se muestran a continuación:

Primer Paso: Para el AHP la estructuración del problema es fundamental, este se descompone en una jerarquía de objetivos, criterios, sub-criterios y alternativas. En esta jerarquía o red se presenta una relación entre los elementos de un nivel y su nivel inferior lo cual hace que haya una conexión entre todos los elementos de la red.

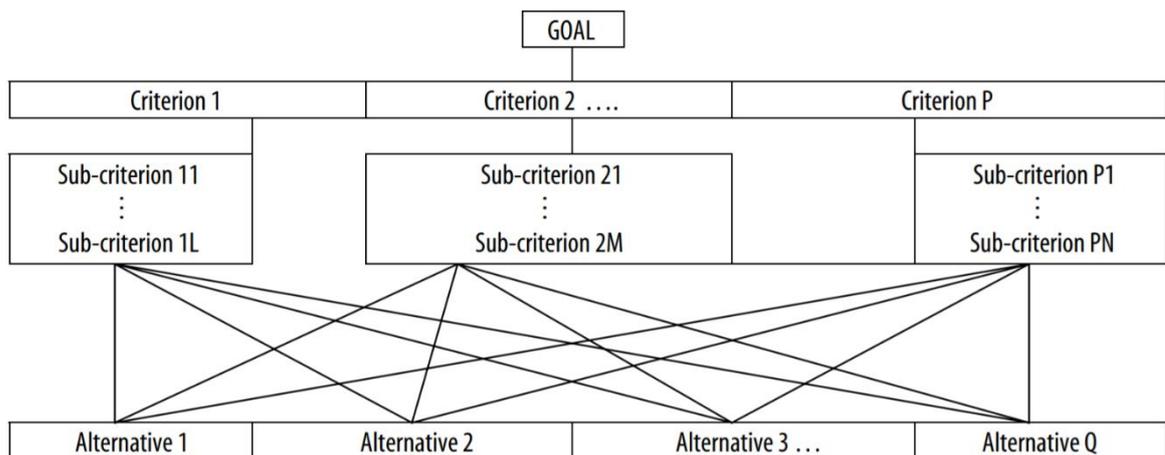


Figura 9. Estructura Jerárquica General - AHP

La figura anterior muestra una estructura jerárquica general, en donde se aprecia en el nivel superior el objetivo que se estudia y analiza, y en el nivel inferior las alternativas a comparar. Entre los niveles superior e inferior se encuentran los criterios y subcriterios.

Segundo Paso: La información y datos que se reúnen en la estructura provienen de las personas encargadas en la toma de decisiones, mediante un formato de comparación por pares en el que se califica la comparación de manera cualitativa como: igual, marginalmente fuerte, fuerte, muy fuerte y extremadamente fuerte.

A							X		B
	Extremely strong	Very strong	Strong	Marginally strong	Equal	Marginally strong	Strong I	Very strong	Extremely strong

Figura 10. Formato de comparación entre pares.

Como se puede apreciar en la figura anterior en la columna marcada la “X” nos indica que, B es muy fuerte en comparación con A. De igual manera se realiza esta comparación para cada uno de los criterios para luego convertirse en números cuantitativos, como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 4. Escala de gradación para comparación cuantitativa de alternativas.

Valores Numéricos	Opción
1	Igual.
3	Marginalmente fuerte.
5	Fuerte.
7	Muy Fuerte.
9	Extremadamente Fuerte.
2,4,6,8	Valores intermedios para reflejar entradas borrosas.
Recíprocos	Reflejo del predominio de la segunda alternativa en comparación con la primera.

Tercer Paso: Con los datos recolectados en la comparación por pares de los criterios se realiza una matriz cuadrada en la que se organizan estos datos. Los elementos en diagonal son igual a 1. Si el criterio de la fila i es mayor que 1, el valor de su contraparte en la columna j será su inversa.

Tabla 5. Ejemplo de Matriz AHP

	A _j	B _j	C _j	D _j	E _j	Ponderación
A _i	1	3	1/5	7	1/5	0.2
B _i	1/3	1	4	1/6	9	0.23
C _i	5	1/4	1	3	1/8	0.16
D _i	1/7	6	1/3	1	2	0.17
E _i	5	1/9	8	1/2	1	0.23

Cuarto Paso: El valor propio principal y el vector propio derecho normalizado correspondiente de la matriz de comparación dan la importancia relativa de los diversos criterios que se comparan. Los elementos del vector propio normalizado se denominan ponderaciones con respecto a los criterios o sub-criterios y calificaciones con respecto a las alternativas.

Quinto Paso: Las comparaciones hechas por este método son subjetivas y el AHP tolera la inconsistencia a través de la cantidad de redundancia en el enfoque.

La consistencia de la matriz de orden n (cantidad de criterios) se evalúa, si este índice de consistencia está debajo del nivel requerido, se pueden volver a examinar las respuestas a las comparaciones. El índice de consistencia (CI), se calcula de la siguiente manera:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

- En donde, el valor propio máximo de la matriz de juicio es $\lambda_{máx}$.
- El CI se puede comparar con el de una matriz aleatoria, RI.
- A la relación derivada CI / RI, se le denomina relación de consistencia (CR), valor el cual se sugiere, sea menor o igual a 0.1.

Sexto Paso: La calificación de cada alternativa se multiplica por los pesos de los sub-criterios y se agrega para obtener calificaciones locales con respecto a cada criterio. Las calificaciones locales luego se multiplican por los pesos de los criterios y se agregan para obtener calificaciones globales.

El Proceso de Análisis Jerárquico asigna un peso para cada alternativa como resultado en función de la importancia que se juzga con respecto a un criterio común entre una alternativa y otra.

El AHP y sus aplicaciones

Desde su descubrimiento el empleo de este método en la toma de decisiones se ha utilizado en diferentes tipos de escenarios, como lo detallan Bhushan & Rai (2004, p.21):

Tabla 6. *Escenarios de Aplicación de AHP*

ESCENARIO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP	
Elección	Selección de una alternativa en un conjunto de alternativas.
Priorización y Evaluación	Determinar el mérito relativo de un conjunto de opciones o alternativas.
Asignación de recursos	Encontrar la mejor combinación de alternativas sujetas a una variedad de restricciones.
Evaluación Comparativa	Entre sistemas o procesos con otros sistemas o procesos conocidos.
Calidad	Gestión de calidad.

Cabe resaltar que, así como en diferentes escenarios, también es usado en diferentes áreas:

- Planificación de proyectos
- Pronóstico tecnológico
- Precio de Productos
- Ciencias Sociales
- Atención Médica
- Defensa
- Pronóstico Económico
- Política
- Análisis de Conflictos
- Planificación Urbana
- Otros

Desarrollándose como una metodología para la toma de decisiones y evolucionando con el paso del tiempo junto a otras técnicas de análisis y modelamiento matemático.

1.3.4 Principios básicos de Pronóstico

Chapman (2006, p. 17) define al pronóstico con el siguiente enunciado: “La formulación de pronósticos (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro”.

Algunas características del pronóstico se presentan a continuación:

- Los pronósticos casi siempre son incorrectos
- Los pronósticos son más precisos para grupos o familias de artículos
- Los pronósticos son más precisos cuando se hacen para periodos cortos
- Todo pronóstico debe incluir un error de estimación
- Los pronósticos no son sustitutos de la demanda calculada

Principales categorías de pronóstico

Según Chapman, los pronósticos cualitativos y cuantitativos son los dos tipos más fundamentales.

Pronósticos Cualitativos

Los pronósticos cualitativos son los que se generan a partir de datos sin una estructura bien definida.

Dentro de los métodos más comunes para este tipo de pronósticos tenemos:

- Las encuestas de mercado
- Delphi o consenso de panel
- Analogía por ciclo de vida
- Valoración o juicio informado

Pronósticos Cuantitativos

En los pronósticos cuantitativos, tenemos dos subcategorías: causales y de serie de tiempo.

En los pronósticos causales, también llamados extrínsecos, debido a que se basan en información externa, los enfoques más comunes son:

- Modelos de entrada-salida
- Modelos Econométricos
- Modelos de simulación
- Regresión

Los pronósticos de serie de tiempo o extrínsecos, por otra parte, se encuentran entre los más usados en la proyección de demanda de productos; parten de la premisa que la demanda sigue un patrón el cual es usado para realizar proyecciones de la demanda futura.

Dentro de los métodos más usados tenemos:

- Patrón aleatorio
- Patrón de tendencia
- Patrón estacional
- Promedios móviles simples
- Promedios móviles ponderados
- Suavizado exponencial simple

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según Bernal (2010, p.106), manifiesta que, es necesario que el investigador exponga “los motivos que justifica su investigación. Asimismo, se debe determinar la dimensión para conocer su viabilidad”. El carácter de esta justificación podrá ser teórico, práctico o metodológico”.

Cada día, mantener bajos inventarios es importante para minimizar los costos, así como también el ofrecer productos con características personalizadas, de amplia variedad y con respuesta rápida. Por esta razón es muy importante estudiar el impacto que podría presentar el no tener implementado un sistema de producción apropiado.

Actualmente los enfoques de producción sobre la fabricación bajo pedido (MTO) y fabricación contra stock (MTS) han sido considerablemente estudiados y puestos en práctica, pero debido a la variabilidad y exigencia del mercado, es más probable encontrar situaciones en los que no son aplicados de forma pura, sino que en una misma planta se aplican distintas estrategias de producción. Poseer enfoques híbridos hace que cada situación o caso sea único, lo que conlleva a tener que responder a objetivos no solo diferentes, sino que en ocasiones también opuestos.

1.4.1 *Justificación Teórica*

“En la investigación hay una justificación teórica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (Bernal, 2010, p. 106).

Esta investigación presenta una justificación teórica, debido a que está enfocado en mejorar los recursos de la empresa al igual que su productividad, es por eso que se determina que las mismas deben trabajar con planes sobre productos específicos. Es así que se podrá emplear al máximo la capacidad de producción, logrando optimizar los recursos (mano de obra, materia prima) y productos terminados de manera más eficiente y eficaz; estos aspectos influirán en el incremento de la productividad, por otra lado debido a que no son

muchos los estudios realizados sobre casos de implementación de enfoques híbridos la presente investigación podrá emplearse en antecedentes de futuros proyectos y beneficiará a la Empresa porque permitirá tener un aproximación para solucionar problemas que puedan manifestarse usando métodos particulares.

1.4.2 Justificación Práctica

“Se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al implementar contribuirían a resolverlo” (Bernal, 2010, p. 106).

La justificación de este proyecto es de carácter práctica ya que al implementar el sistema híbrido MTS – MTO nos dará como resultado la mejora de los recursos humanos y materiales, además de incrementar la productividad, garantizando un nivel óptimo de servicio y cumpliendo con las fechas de entrega de los pedidos, según las prioridades establecidas.

1.4.3 Justificación Metodológica

“En la investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto que se va a realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable” (Bernal, 2010, p. 107).

El estudio realizado usará instrumentos de análisis de datos con el fin sustentar la eficiencia y eficacia del sistema propuesto, además la información recaudada y la información analizada apoyará a futuras y diversas investigaciones a intentar resolver problemas que se presenten en los diferentes aspectos de una empresa o industria sobre el tema que se expone.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.5.1 *Problema*

¿De qué manera mejora los tiempos de entrega de las carcasas de los equipos biométricos al implementar un sistema híbrido MTS / MTO en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C?

Problemas Específicos:

- ¿De qué manera la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora la entrega a tiempo de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos?
- ¿De qué manera la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora la variabilidad de la entrega de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos?
- ¿De qué manera la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora los plazos de entrega de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos?

1.6 HIPÓTESIS

Implementar un sistema híbrido MTS / MTO mejorará los tiempos de entrega para las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

Hipótesis Específicas:

- La implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará la entrega a tiempo de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos.
- La implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará la variabilidad de la entrega de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos.
- La implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará los plazos de entrega de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos.

1.7 OBJETIVOS

Determinar como la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora los tiempos de entrega para las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

Objetivos Específicos:

- Determinar como la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora la entrega a tiempo de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos.
- Determinar como la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora la variabilidad de la entrega de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos.
- Determinar como la implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejora los plazos de entrega de las órdenes para las carcasas de los equipos biométricos.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El objetivo de desarrollar un diseño de investigación será, según Sampieri, Collado y Lucio (2014, p. 118) “responder a las preguntas de investigación planteadas y cumplir con los objetivos del estudio...Cuando se establecen y formulan hipótesis, los diseños sirven también para someterlas a prueba. Los diseños cuantitativos pueden ser experimentales o no experimentales”.

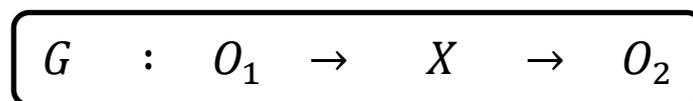
El proyecto de investigación reúne todas las cualidades de una investigación de diseño experimental, ubicándose dentro del sub-diseño pre experimental, pues evaluará la muestra tomada en distintos escenarios, para más adelante realizar un análisis previo y posterior de la implementación del sistema en el entorno que se estudiará.

Según Ary, Cheser Jacobs y Sorensen (2009, p. 303) el diseño de pre-test y post-test de un grupo generalmente incluye tres pasos:

- (1) Administrar una prueba previa que mide la variable dependiente;
- (2) Aplicar el tratamiento experimental X a los sujetos; y
- (3) Administrar una prueba posterior, nuevamente midiendo la variable dependiente.

Las diferencias atribuidas a la aplicación del tratamiento experimental se evalúan comparando los puntajes pre-test y pos-test.

El diagrama respectivo es el siguiente:



Donde:

- G : Grupo de control
- O₁ : Pre test
- X : Aplicación del Sistema híbrido MTS/MTO
- O₂ : Post test

2.1.1 Tipo de Investigación

Valderrama (2013) expresa que, los tipos de investigación se alude a “la clasificación de la investigación. Tradicionalmente, se presentan tres tipos de investigación: básica, aplicada y tecnológica u operativa. Cada uno de estos tipos de investigación tienen objetivos y estrategias diferentes para llevar a cabo el proceso investigativo” (p. 164).

En la investigación del tipo aplicada según Valderrama (2013) lo que se busca es “conocer para hacer, actuar, construir y modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad... y plantear soluciones concretas reales, factibles y necesarias a los problemas planteados” (p. 165).

Por la definición de Valderrama podemos considerar que, la presente tesis es del tipo aplicada al tener como objetivo realizar cambios específicos a una situación real, lo cual significa que, emplearemos teorías y herramientas que han sido demostradas en proyectos similares o con el mismo propósito.

Del mismo modo, por su enfoque la investigación es cuantitativa, porque se harán uso de distintos formatos para recolección de datos para su respectivo análisis, respondiendo así a las interrogantes de la investigación y probar de una manera más eficiente la hipótesis establecida, empleando la medición estadística y precisando los patrones de comportamiento del segmento estudiado.

2.1.2 Nivel de Investigación

Valderrama (2013), afirma que “Los niveles de investigación describen la profundidad y el grado de conocimiento que se tiene sobre el tema que investiga” (p. 167).

Dentro de los cinco niveles que reúne Valderrama, los cuales son: exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo y predictivo, nos ubicamos en el nivel descriptivo porque medirá y describirá las características de los hechos o fenómenos en el tema de estudio realizado.

2.1.3 Método de investigación

Valderrama (2013, p. 181) precisa al método de investigación como “una forma ordenada para obtener conocimientos sobre el tema de investigación. En términos prácticos, es la manera en que se busca solución a un problema determinado”.

Debido a que el problema se ha planteado en con la pregunta ¿Cómo mejorar los tiempos de entrega? Le corresponde el método descriptivo.

2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	FÓRMULAS	ESCALA
<p>VI: Sistema de producción Híbrido</p> <p>En un sistema de producción MTS / MTO, una parte del sistema de producción se ejecuta en MTS y el resto en un modo MTO. En una combinación apropiado de MTO y MTS se puede obtener un menor inventario y tiempo de entrega corto. (Kalantari, Rabbani, & Ebadian, 2011, p. 1)</p>	Eficacia del sistema de Producción	Desempeño del Plan de Producción	$\frac{\text{Producción Actual}}{\text{Producción Programada}} \times 100$	Razón
	Tiempo de Ciclo de Producción	Desempeño del Tiempo de entrega de producción	$\frac{\text{Tiempo de entrega actual}}{\text{Tiempo de entrega planeado}} \times 100$	Razón
<p>VD: Tiempos de entrega</p> <p>“Para un artículo manufacturado, el tiempo de entrega consiste en la suma de los tiempos necesarios para mover, preparar y ensamblar o hacer una corrida para cada componente” (Render & Heyzer, 2015, p. 527)</p>	Entrega a tiempo	Órdenes entregadas	$\frac{\text{Total de órdenes entregadas a Tiempo}}{\text{Órdenes a Tiempo + Tardías + Anticipadas}} \times 100$	Razón
	Variabilidad de la entrega	Desviación estándar	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ER_i - FE_i)^2}{n}}$	Razón
	Makespan	Plazo de fabricación de la orden	$\sum_{j=1}^n t_{fj} - t_{ij}$	Intervalo

2.2.1 Matriz de coherencia

Tabla 8. Matriz de Coherencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿ De qué manera mejorar los tiempos de entrega de las carcassas de los equipos biométricos implementando un sistema híbrido MTS / MTO en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C ?	Implementar un sistema híbrido MTS / MTO para mejorar los tiempos de entrega para las carcassas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.	Implementar un sistema híbrido MTS / MTO mejorará los tiempos de entrega para las carcassas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
<ul style="list-style-type: none"> - ¿De qué manera la implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará la entrega a tiempo de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos? - ¿De qué manera la implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará la variabilidad de la entrega de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos? - ¿De qué manera la implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará los plazos de entrega de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos? 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar el sistema híbrido MTS / MTO para mejorar la entrega a tiempo de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos. - Implementar el sistema híbrido MTS / MTO para mejorar la variabilidad de la entrega de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos. - Implementar el sistema híbrido MTS / MTO para mejorar los plazos de entrega de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - La implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará la entrega a tiempo de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos. - La implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará la variabilidad de la entrega de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos. - La implementación del sistema híbrido MTS / MTO mejorará los plazos de entrega de las órdenes para las carcassas de los equipos biométricos.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 Población

Para Valderrama (2013) la población se “trata de los elementos o individuos en los cuales se ha considerado ciertos criterios de inclusión para, posteriormente, obtener una muestra” (p. 182).

Es así que, podemos definir que en la presente investigación la población será la línea de producción de las órdenes de servicio para las carcasas de los equipos biométricos en el área de Producción de la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

2.3.2 Muestra

Valderrama (2013) define la muestra como “un subconjunto representativo de un universo o población. Esta es representativa porque refleja fielmente las características de la población cuando se aplica la técnica adecuada de muestreo de la cual, procede; difiere de ella solo en el número de unidades incluidas y es de suma importancia ya que tiene que ser representativa para tener un menor margen de error en la investigación” (p. 184).

Así mismo en este trabajo se utilizará el tipo de muestreo no probabilístico, en el cual, según Canales, Alvarado y Pineda, es el investigador quien decide “según los objetivos, los elementos que integrarán la muestra, considerando aquellas unidades supuestamente “típicas” de la población que se desea conocer. En este caso el investigador conoce la población y las características que pueden ser utilizadas para seleccionar la muestra” (1994, p. 119), puesto que se tomarán las órdenes de servicio en la línea de producción de las carcasas para los Terminales Biométricos del periodo correspondiente entre enero a mayo del año 2019.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que se aplicaron en el presente proyecto de investigación fueron las siguientes:

Observación

“Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 252).

Datos secundarios

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), “Implica la revisión de documentos, registros públicos y archivos físicos o electrónicos” (p. 252).

Internet

“No existe duda sobre las posibilidades que hoy ofrece Internet como una técnica de obtener información; es más, se ha convertido en uno de los principales medios para recabar información” Bernal (2010, p. 194).

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), “Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente... En términos cuantitativos: capturo verdaderamente la “realidad” que deseo capturar” (p. 199)

En este proyecto de investigación los instrumentos a utilizar serán:

- Cronómetro
- Ficha de recolección de datos
- Formatos

2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento

Validez de instrumento

Valderrama (2013, p.198) asevera que “El juicio de expertos viene ser el conjunto de opiniones que brindan los profesionales de experiencia. Estas apreciaciones consisten en las correcciones que realiza el asesor de tesis o el especialista en investigación”.

La validación del instrumento que se realizó para el presente proyecto de investigación, fue a través del juicio de expertos mediante tres expertos de la especialidad del tema de estudio, para los cuales resultó aplicable y que se adjunta en la sección de Anexos. A continuación, se mencionan los nombres de los expertos:

- 1) Mgtr. Suca Apaza, Guido Rene
- 2) Mgtr. Munsibay Muñoa, Manuel Alberto
- 3) Mgtr. Hirata Tejada, Luis Toribio

Confiabilidad del instrumento

"Un instrumento es confiable o fiable si produce resultados consistentes cuando se aplica en diferentes ocasiones [estabilidad o reproducibilidad (réplica)]...Se trata de analizar la concordancia entre los resultados obtenidos en las diferentes aplicaciones del instrumento” Valderrama (2013, p. 215).

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

2.5.1 Estadística Descriptiva

“Se denomina estadística descriptiva, al conjunto de métodos estadísticos que se relacionan con el resumen y descripción de los datos, como tablas, gráficas, y el análisis mediante algunos cálculos” (Córdova, 2003, p. 1).

2.5.2 Estadística Inferencial

Córdova (2003, p. 2), denomina a la estadística inferencial como un “conjunto de métodos con los que se hacen la generalización o inferencia sobre una población utilizando una muestra. La inferencia puede contener conclusiones que [...] deberán de ser dadas con una medida de confiabilidad que es la probabilidad”.

2.6 ASPECTOS ÉTICOS

En el actual proyecto de investigación titulado: “Implementación de un sistema de producción híbrido MTS–MTO para mejorar los tiempos de entrega de las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.” cumple con los criterios y parámetros para la investigación cuantitativa que establece la Universidad Cesar Vallejo.

Como futuro profesional de la carrera de Ingeniería Industrial, el investigador tiene el compromiso de respetar la veracidad de los resultados expuestos, la confiabilidad de los datos que se están suministrando por parte de la empresa y la identidad de los involucrados en el estudio realizado. Respetando la autoría de las fuentes de investigación que se han consultado, así como, la confiabilidad de los datos obtenidos en el proceso investigativo, la veracidad de los resultados y el perfil ético profesional que será de gran valor para el beneficio de la sociedad.

2.7 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Una vez presentada la propuesta “la etapa siguiente consiste en materializar los diferentes aspectos del trabajo mediante su ejecución, bien sea en el laboratorio, la planta piloto, el campo de experimentación agrícola o ganadera, el túnel de ensayos, el observatorio, etc.” (Cegarra Sánchez, 2004, p. 113).

La implementación del sistema se realizó entre el 27 de mayo al 7 de junio del año 2019, siendo un total de 12 días hábiles de implementación.

Para el desarrollo de la propuesta utilizamos diversas técnicas y herramientas de ingeniería con las cuales podremos no solo tener una idea más clara del problema, sino también encaminar para poder resolver el presente problema.

Estas técnicas y herramientas “generalmente se emplean para generar ideas y organizar información básica. Sin embargo, estas técnicas y herramientas se abordan por separado en el contexto de la resolución de problemas; Se puede usar más de una herramienta cuando se emplean las técnicas” (Maharshi, 2019, p. 83).

Iniciaremos por conocer cuál es el proceso del sistema actual, mediante un diagrama de flujo de las órdenes de servicio, pasando luego a realizar un diagrama de análisis del proceso (DAP) y un diagrama de operaciones del proceso (DOP) para conocer con más detalles cada uno de los procesos para la fabricación de las carcassas de los Terminales biométricos que se fabrican en la empresa.

Así mismo, realizaremos un balance de línea con el fin de minimizar el tiempo de total de inactividad y mejorar el rendimiento en el sistema de producción; realizando para esto un estudio de tiempos de todos los procesos que conlleva la producción de las carcassas.

A continuación, presentaremos las técnicas y herramientas utilizadas en el proyecto de investigación.

Diagrama de Flujo

Proceso de Fabricación de las Carcasas de los Terminales Biométricos de la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

Figura 11. Diagrama de Flujo

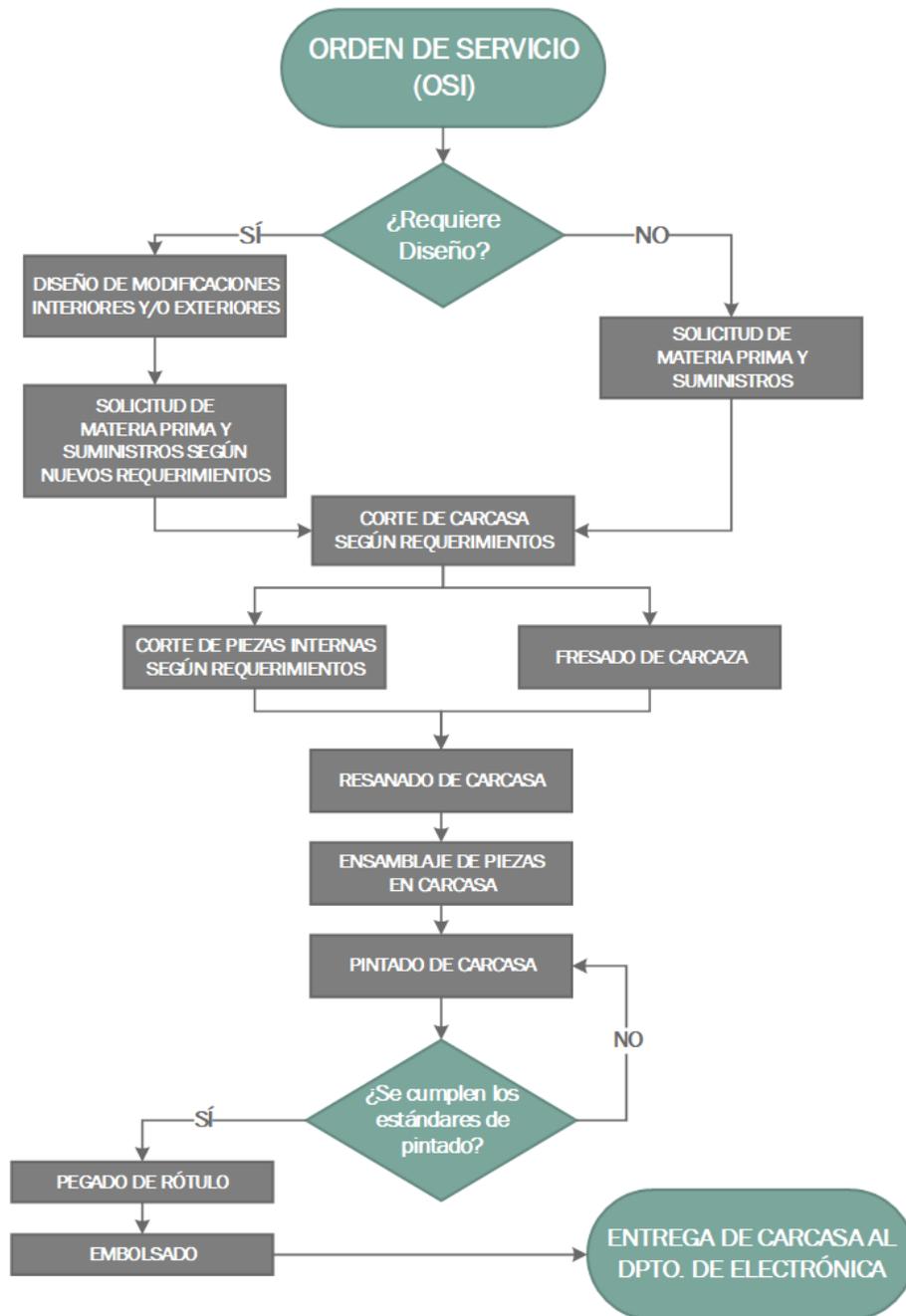


Diagrama de Análisis de Procesos

Tabla 9. Diagrama de Análisis de Procesos (DAP)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS						HDAPP: 0001		
Empresa:		RESUMEN						
Sistemas Inteligentes S.A.C		Actividad	Cantidad	Minutos	Tiempo (%)			
Objetivo:	Operación	15	251	51%				
Producción de Carcasa	Transporte	-	-	-				
Área	Demora	9	245	49%				
Producción	Inspección	1	1	-				
Operario:	Almacenaje	1	-	-				
		TOTALES	26	497	100%			
N°	Descripción	○	➔	D	□	▽	Tiempo (min)	Observaciones
1	Corte de Carcasa						30	Láser
2	Fresado de Carcasa						10	CNC
3	Corte de Piezas Internas						24	Láser
4	Pegado de piezas internas						12	
5	Secado de pegamento						5	
6	Masillado de Carcasa						10	
7	Secado de masilla						5	
8	Lijado de Carcasa						12	
9	Pegado de piezas internas en Carcasa						30	
10	Secado de pegamento						5	
11	Pintado interno de Carcasa						4	
12	Secado de Pintura						20	
13	Pintado externo de Carcasa						10	
14	Secado de Pintura						90	
15	Corte de Tapa						18	Láser
16	Corte de Piezas Internas para Tapa						14	Láser
17	Pegado de piezas para tapa						24	
18	Secado de pegamento						5	
19	Masillado de Tapa						12	
20	Secado de masilla						5	
21	Lijado de Tapa						18	
22	Pintado interno de Tapa						2	
23	Secado de Pintura						20	
24	Pintado externo de Tapa						10	
25	Secado de Pintura						90	
26	Fabricación de Abrazaderas						6	
27	Corte de rótulo						2	Láser
28	Pegado de rótulo						1	
29	Control de Calidad						2	
29	Embolsado						1	
30	Almacenado para entrega							

Diagrama de Operaciones del Proceso

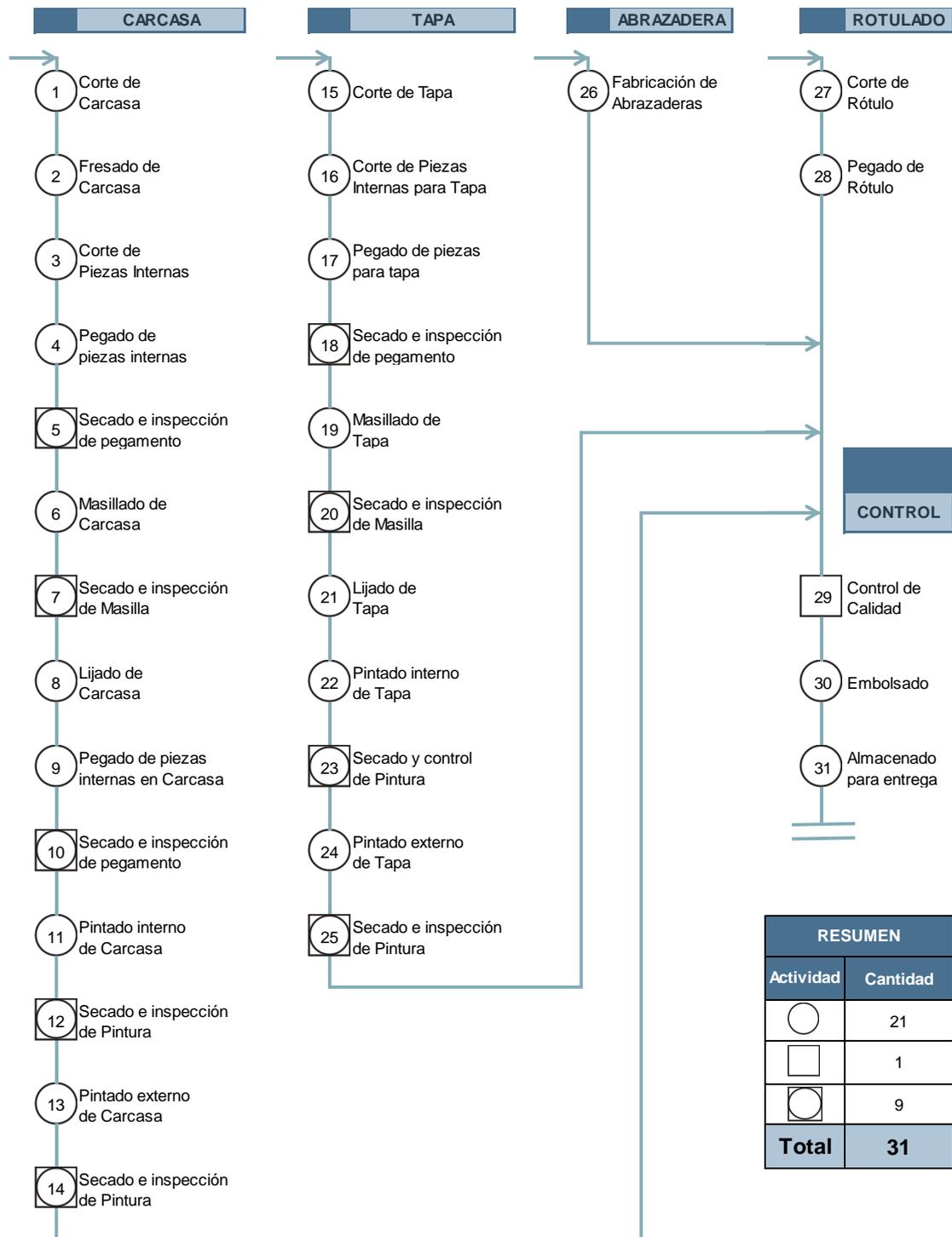


Figura 12. Diagrama de Operación de Procesos (DOP)

Balance de Línea

Para Coletti Romero y Riojas Cañari, “El Balance de líneas es la agrupación de las actividades que sigue una secuencia de trabajo en una planta de producción, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de los recursos como son: la mano de obra y los equipos y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso” (2018, p. 11).

Empezaremos por realizar un Estudio de tiempos de las tareas o labores que se realizan en todo el proceso para la obtener producto final. En este estudio se tomó en cuatro oportunidades el tiempo en que los operarios realizan para culminar las tareas, como la siguiente tabla lo muestra.

Tabla 10. Estudio de Tiempos

Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo
		1 (min)	2 (min)	3 (min)	4 (min)	Promedio (min)
A	Corte de Carcasa	29	30	31	30	30
B	Fresado de Carcasa	10	9	11	10	10
C	Corte de Piezas Internas	24	24	24	24	24
D	Pegado de piezas internas	11	12	13	12	12
E	Masillado de Carcasa	9	9	11	11	10
F	Lijado de Carcasa	12	13	11	12	12
G	Pegado de piezas internas en carcasa	30	30	30	30	30
H	Pintado interno de Carcasa	5	4	4	3	4
I	Pintado externo de Carcasa	11	9	8	12	10
J	Corte de Tapa	17	18	18	19	18
K	Corte de piezas internas para tapa	14	14	14	14	14
L	Pegado de piezas para tapa	25	24	23	24	24
M	Masillado de Tapa	12	13	13	10	12
N	Lijado de Tapa	18	18	18	18	18
O	Pintado interno de Tapa	2	2	2	2	2
P	Pintado externo de Tapa	11	10	9	10	10
Q	Fabricación de Abrazaderas	7	6	5	6	6
R	Corte de rótulo	2	2	2	2	2
S	Control de Calidad	2	2	2	2	2
T	Pegado de rótulo	1	1	1	1	1
U	Embolsado	1	1	1	1	1
TOTALES		253	251	251	253	252

Aunque actualmente solo contamos con 2 operarios o puestos de trabajo, debido a la baja demanda de producción, el escenario ideal para el proceso productivo es la de 3 puestos de trabajo. En el siguiente cuadro mostramos el tiempo de producción diaria, la cantidad ideal de carcasas requeridas, el tiempo ciclo de cada estación de trabajo expresado en segundos, así como la cantidad de puestos de trabajo.

Tabla 11. Tiempos para ciclos de Trabajo

Tiempo de Producción diaria 7h x 60min x 60seg	Producción diaria	Tiempo de Ciclo (s)	N° mínimo de estaciones de trabajo	Eficiencia
25200	5	5040	3.00	100.00%

A continuación, veremos las tareas que se realizan, así como las tareas precedentes de cada una, para de esta forma poder obtener una mejor idea de la secuencia de las mismas y cómo influyen en la fabricación del producto.

Tabla 12. Tareas Precedentes y Tiempo de Realización

Tareas	Descripción	Tareas Precedentes	Tiempo de Realización (min)	Tiempo de Realización (s)
A	Corte de Carcasa		30	1800
B	Fresado de Carcasa	A	10	600
C	Corte de Piezas Internas	A	24	1440
D	Pegado de piezas internas	C	12	720
E	Masillado de Carcasa	B	10	600
F	Lijado de Carcasa	E	12	720
G	Pegado de piezas internas en carcasa	D	30	1800
H	Pintado interno de Carcasa	G	4	240
I	Pintado externo de Carcasa	F	10	600
J	Corte de Tapa	C	18	1080
K	Corte de Piezas Internas para Tapa	J	14	840
L	Pegado de piezas para tapa	J,K	24	1440
M	Masillado de Tapa	L	12	720
N	Lijado de Tapa	M	18	1080
O	Pintado interno de Tapa	N	2	120
P	Pintado externo de Tapa	O	10	600
Q	Fabricación de Abrazaderas		6	360
R	Corte de rótulo	K	2	120
S	Control de Calidad	I,P	2	120
T	Pegado de rótulo	S	1	60
U	Embolsado	Q,T	1	60
	TOTALES		252	15120

A partir de la toma de tiempos y la precedencia de tareas podremos otorgar a cada puesto de trabajo de manera secuencial y ordenada cada tarea a realizar, de manera que el total de tiempos que toman todas las tareas en el proceso productivo se ajusten a los puestos de trabajo obteniendo así un mejor desempeño.

Tabla 13. *Asignación de Ciclos de trabajo a las estaciones de Trabajo*

Estación de Trabajo	Tarea Asignada	Tiempo (s)	Tiempo no asignado (s)
1	A	1800	$5040 - 1800 = 3240$
	B	600	$3240 - 600 = 2640$
	C	1440	$2640 - 1440 = 1200$
	K	840	$1200 - 840 = 360$
	R	120	$360 - 120 = 240$
	S	120	$240 - 120 = 120$
	T	60	$120 - 60 = 60$
	U	60	$60 - 60 = 0$
2	D	720	$5040 - 720 = 4320$
	J	1080	$4320 - 1080 = 3240$
	L	1440	$3240 - 1440 = 1800$
	M	720	$1800 - 720 = 1080$
	N	1080	$1080 - 1080 = 0$
3	E	600	$5040 - 600 = 4440$
	F	720	$4440 - 720 = 3720$
	G	1800	$3720 - 1800 = 1920$
	H	240	$1920 - 240 = 1680$
	I	600	$1680 - 600 = 1080$
	O	120	$1080 - 120 = 960$
	P	600	$960 - 600 = 360$
	Q	360	$360 - 360 = 0$

Diagrama de precedencias

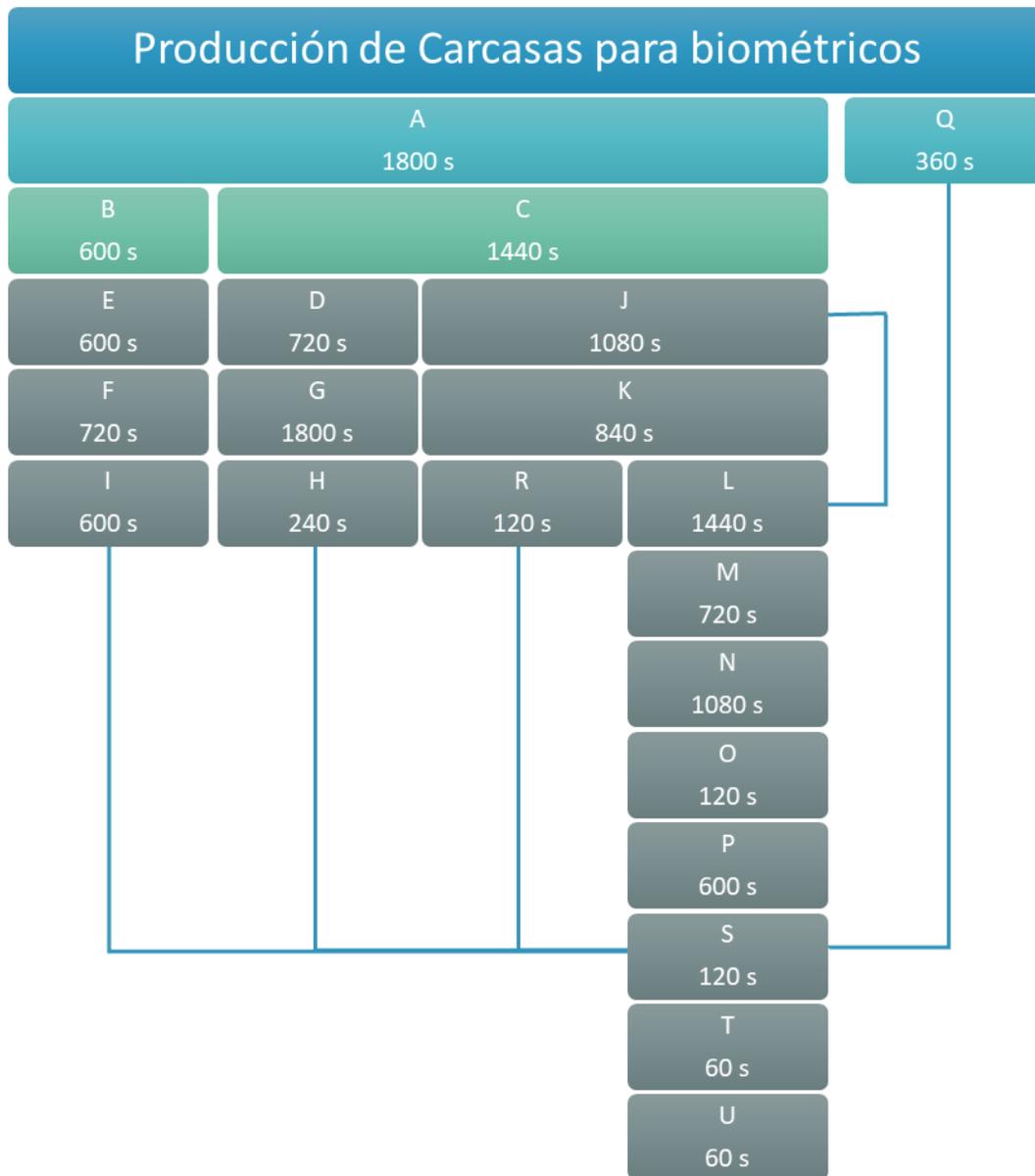


Figura 13. Diagrama de Precedencias.

2.7.1 Situación antes de la implementación de la propuesta

Antes de la implementación de la propuesta con la que se pretende mejorar los problemas que se vienen presentando en la empresa, se presentarán a continuación los resultados obtenidos en el Pre-test, para más adelante poder compararlo con los resultados obtenidos en la implementación de la mejora (Post-test). Utilizaremos los indicadores definidos en la Matriz de Operacionalización de variables mostrada en la Tabla 8.

Variable Independiente

Dentro de la variable independiente podemos encontrar en el actual entorno productivo de la empresa que se viene trabajando bajo un Sistema de Producción de “Fabricación bajo Pedido” o por sus siglas en inglés MTO (Make to order). El cual permite, en ciertos aspectos, cumplir con la entrega de las órdenes de pedido.

Eficacia del sistema de producción

La eficacia “está relacionada con el logro de los objetivos/resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado” (Da Silva, 2008, p. 18).

Esta dimensión tiene como indicador al Desempeño del plan de producción el cual podemos definir cuantitativamente con la siguiente fórmula:

$$\text{Desempeño del plan de Producción} = \frac{\text{Producción Actual}}{\text{Producción Programada}} \times 100$$

Realizando un Pre-test con los datos obtenidos del área de producción podemos observar lo siguiente:

Se analizaron las órdenes realizadas en lo que va del año 2019, teniendo un recuento de 45 órdenes entre el periodo enero-mayo, con un promedio de 9 órdenes mensuales, como lo muestra la siguiente gráfica:

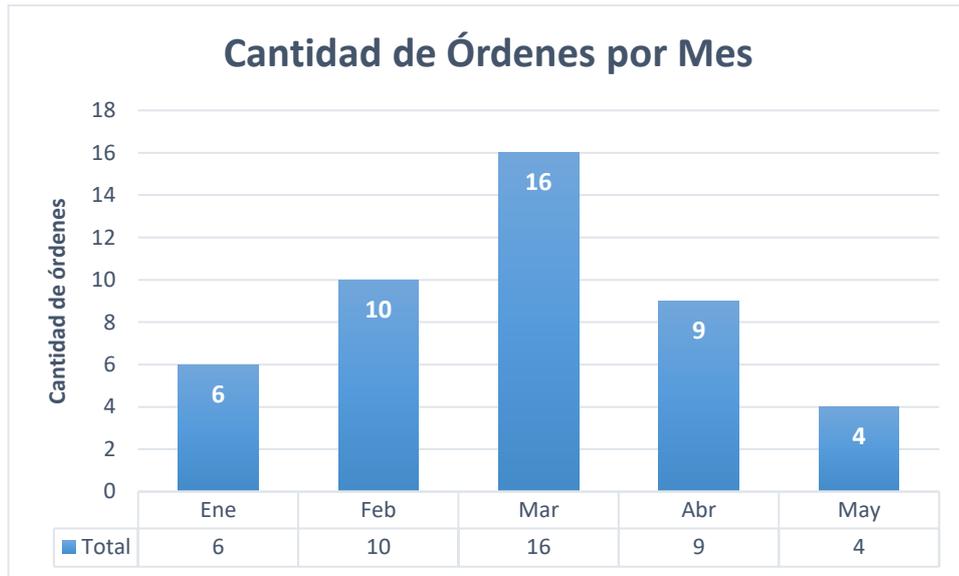


Figura 14. Cantidad de Órdenes por mes (enero – mayo)

Asimismo, la cantidad de terminales por mes es un indicador importante, debido a que no solo se consideran las órdenes propiamente dichas, sino también la cantidad de terminales por órdenes recibidas, criterio por el cual el tiempo de entrega de una orden podría aumentar. En el periodo enero-mayo se tuvo un total de 123 terminales. En la siguiente figura se muestra dicha información:

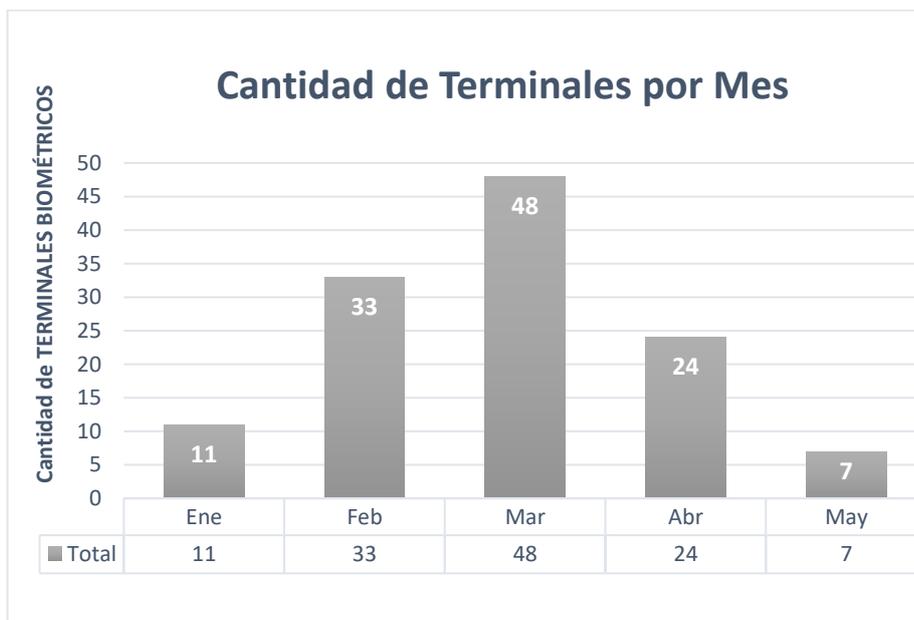


Figura 15. Cantidad de Terminales por mes (enero – mayo)

Tiempo de ciclo de Producción

“Se denomina al total de minutos necesarios para completar una tarea desde su inicio hasta que se recorren todas sus etapas y se vuelve a comenzar nuevamente” (Blog de EAE Business School, 2019).

En nuestro caso, necesitamos medir la eficiencia en la que venimos entregando las órdenes de entrega y en el cual radica el problema principal.

Para Harold, Heinz y Mark (2012, p. 14) “la eficiencia es alcanzar los fines con el mínimo de recursos”. Para nuestro tema de estudio, el recurso que deberemos de minimizar será, los tiempos de entrega de las órdenes de servicio.

La forma de calcular la eficiencia según Schonberg (2019) es “El número que se obtenga del cálculo de la eficacia se someterá a una escala de valor que, a su vez, determinará el grado de eficacia de una empresa. Lo ideal es que el resultado sea siempre mayor a 1; si es menor a 1, se hablará de ineficacia”, en donde la fórmula empleada es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Resultado alcanzado} / \text{Coste total}) \times \text{Tiempo de entrega invertido}}{(\text{Resultado previsto} / \text{Coste previsto}) \times \text{Tiempo de entrega planeado}}$$

En nuestro caso, por políticas de la empresa, no podemos revelar ningún tipo de información de los costos que implican la realización de la producción. Por otra parte, debido a que las órdenes de pedido siempre tienen que cumplirse a excepción de que el cliente la cancele directamente, asumiremos que, el resultado alcanzado será igual al resultado previsto. Al despejar los resultados y los costos de la fórmula principal, para poder realizar nuestra medición obtendremos lo siguiente:

$$\text{Desempeño del tiempo de entrega de producción} = \frac{\text{Tiempo de entrega actual}}{\text{Tiempo de entrega planeado}}$$

Debido a que las fechas de entregas están expresados en días, utilizaremos esa unidad de medida, considerando que es inversamente proporcional para nuestra fórmula. De acuerdo a los datos que obtuvimos de los registros de las órdenes de servicio de la empresa, podemos

tener un recuento de los días invertidos, así como los días planeados para la producción de todas las órdenes (Anexo N° 8), obteniendo en nuestro pre-test el siguiente resultado:

$$\frac{\frac{1}{209} \text{ días invertidos}}{\frac{1}{177} \text{ días planeados}} = 0.85$$

Como podemos observar en la operación anterior, el valor obtenido es 0.85, lo cual es indicativo de que hay ineficiencia en el sistema que se viene empleando, como lo describe Schonberg.

Variable Dependiente

Tiempo de entrega

“Para un artículo manufacturado, el tiempo de entrega consiste en la suma de los tiempos necesarios para mover, preparar y ensamblar o hacer una corrida para cada componente” (Heizer y Render, 2004, p. 527).

En esta variable se considerarán las tres dimensiones a continuación:

Entrega a tiempo

Para Jaramillo (2012, p. 29) la entrega a tiempo se refiere al porcentaje de órdenes despachadas a tiempo. Siendo la razón entre las órdenes despachadas a tiempo y el total de órdenes solicitadas.

El objetivo en esta dimensión será el mejorar la entrega a tiempo de las órdenes de pedido. Para lo cual será necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$ET = \frac{\text{Número de órdenes despachadas a tiempo}}{\text{Órdenes a tiempo} + \text{órdenes tardías} + \text{órdenes anticipadas}} \times 100$$

En nuestro caso, las órdenes entregadas a tiempo también incluyen a las órdenes entregadas con anticipación o antes de su fecha de entrega.

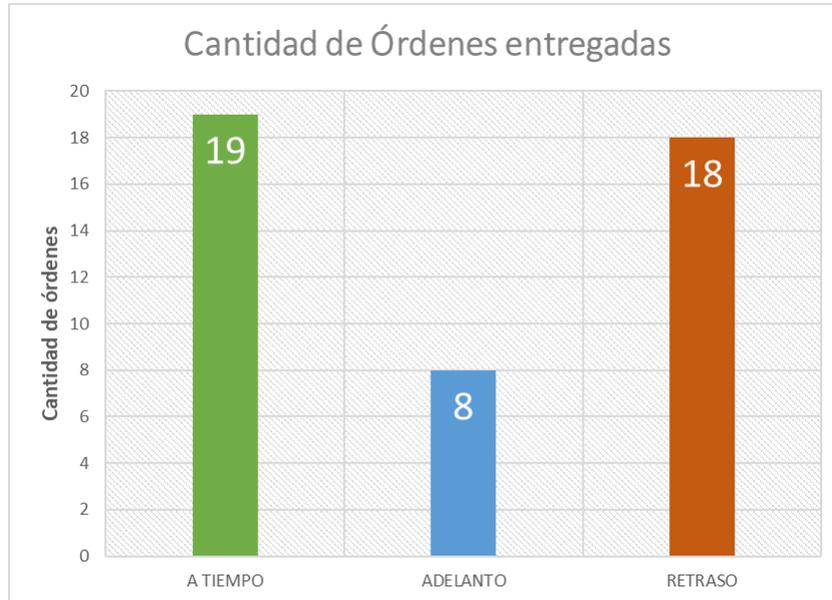


Figura 16. Estado de órdenes entregadas (enero – mayo) - A Tiempo / Adelanto / Retraso

Como podemos observar en la figura anterior se muestran las órdenes entregadas entre los meses de enero y mayo, siendo un total de 45 órdenes, teniendo como resultado 19 órdenes a tiempo, 8 órdenes entregadas antes de su fecha de vencimiento y, por último, 18 órdenes con retraso.

Reemplazando en la fórmula los datos obtenidos de los registros, expresado en números porcentuales, tenemos lo siguiente:

$$\frac{19 \text{ a tiempo}}{19 \text{ a tiempo} + 8 \text{ adelanto} + 18 \text{ retraso}} \times 100 = 42\%$$

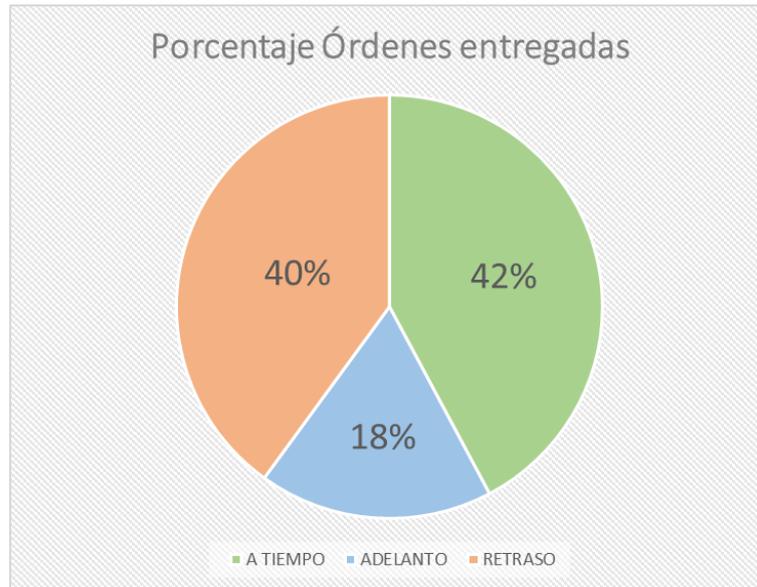


Figura 17. Porcentaje de estado de entrega de las órdenes (enero - mayo)

En nuestro caso, debido a que para la empresa es positivo que las órdenes se entreguen con anticipación ya que no se obtiene ninguna penalidad por tal acción, las órdenes entregadas a tiempo también incluyen a las órdenes entregadas con anticipación o antes de su fecha de entrega, teniendo un total de 58% de órdenes entregadas a tiempo incluyendo en esta cifra las órdenes entregadas con adelanto, contra un 42% de órdenes despachadas con retraso.

Variabilidad de la Entrega

“Se refiere a la variabilidad ponderada promedio del retraso/adelanto de las órdenes entregadas (desviación estándar)” (Jaramillo, 2012, p. 30).

Esta dimensión tendrá como objetivo disminuir la variabilidad de las órdenes de entrega. Para la medición utilizaremos la fórmula a continuación:

$$VarEnt = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ER_i - FE_i)^2}{n}}$$

Siendo:

- ER: Fecha de Entrega Real de la orden
- FE: Fecha de Entrega Prometida de la orden
- n: Número total de órdenes

En nuestro Pre-test pudimos observar la variación con la que las órdenes fueron entregadas teniendo como resultado que, en algunos casos, los retrasos llegaron hasta los 7 días posteriores a la fecha de entrega prometida, como lo muestra la siguiente gráfica:

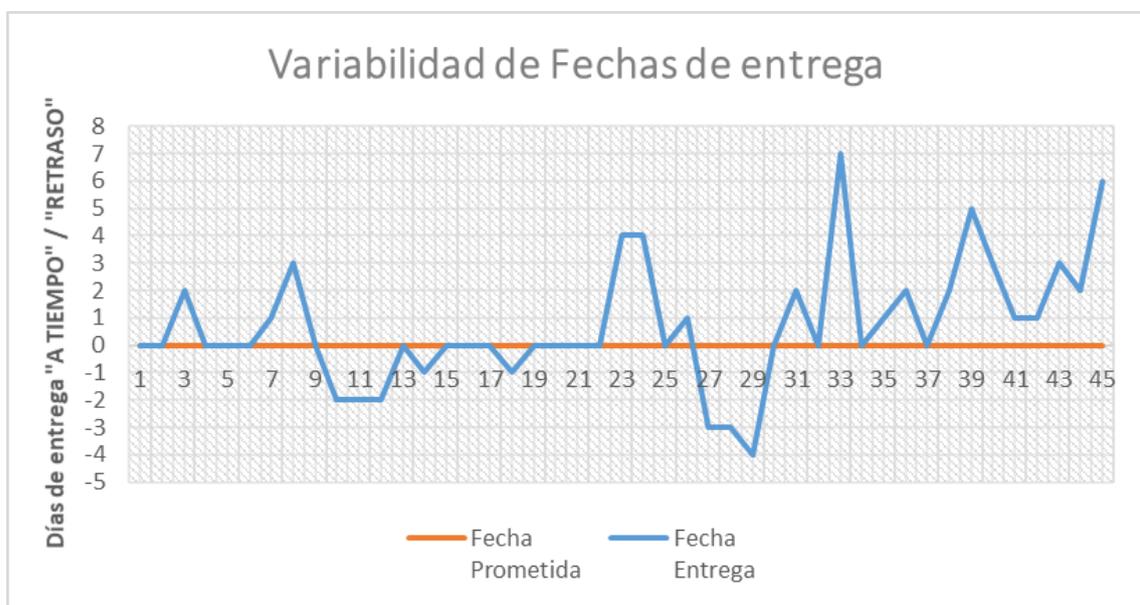


Figura 18. Variabilidad de entrega de las órdenes (enero – mayo)

Makespan

“El ‘makespan’ de una orden es el tiempo desde el inicio de su producción hasta su terminación” (Jaramillo, 2012, p. 30).

En esta dimensión se pretende valorar la sumatoria del makespan de todas las órdenes de servicio. Disminuir el makespan total, será el objetivo.

La siguiente fórmula nos ayudará a calcular el Makespan:

$$\text{Makespan total} = \sum_{j=1}^n t_{fj} - t_{ij}$$

Siendo:

- T_f : Tiempo final de la orden
- T_i : Tiempo inicial de la orden

Dentro de los plazos para la entrega de las órdenes de servicio hay mucha variabilidad, esto es debido a diversos criterios, los cuales también pueden influir en el momento de la entrega de las órdenes de servicio entregadas por el área de producción. A continuación, se muestra la variabilidad de plazos de entrega de las órdenes de servicio.

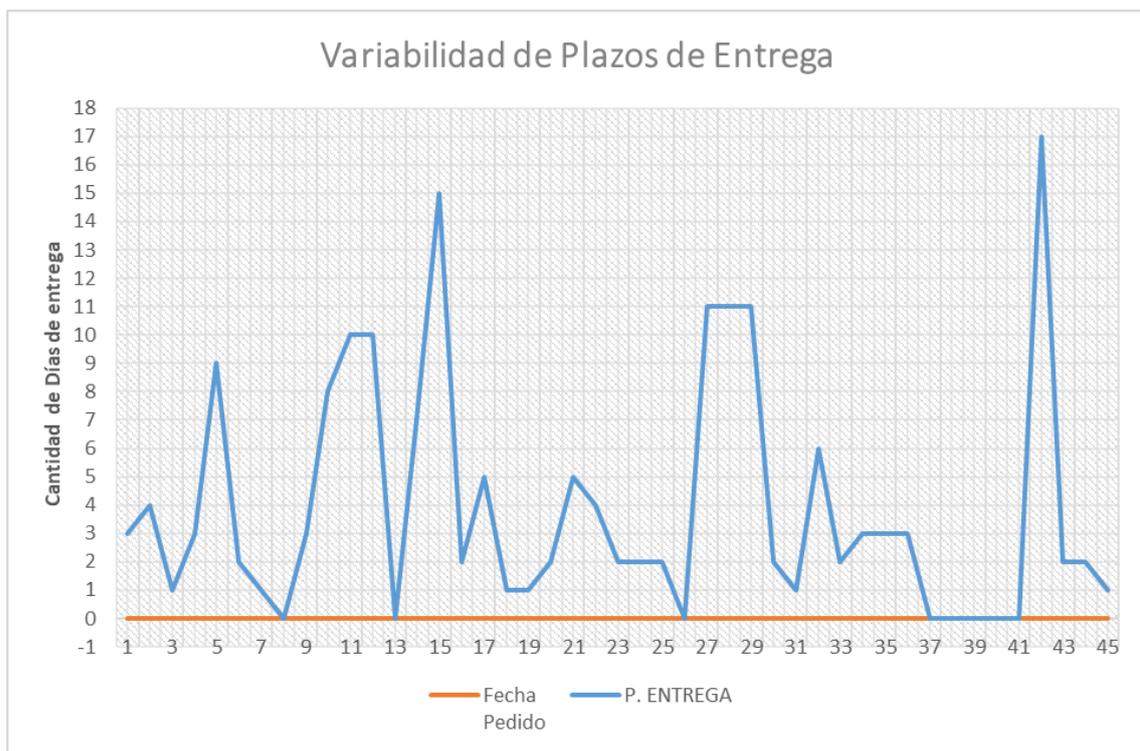


Figura 19. Variabilidad de Plazos de Entrega (enero – mayo)

2.7.2 Estructura de implementación del sistema híbrido MTS/MTO

De acuerdo con Hemmati y Rabbani (2010, pp. 186), un sistema de producción tiene mejor ventaja competitiva cuando puede ofrecer productos personalizados y cumplir pedidos rápidamente. Sin embargo, esto puede significar el tener diversos conflictos en el sistema de producción. Por otra parte, tener que producir para almacenar, en la mayoría de ocasiones, es costoso y también riesgoso si la demanda del producto es muy variable.

Según Soman, Van Donk y Gaalman (2004 , pp. 224) hay muy pocos trabajos que hablan sobre los sistemas híbridos MTS/MTO, considerando como uno de los más relevantes en los años 80's al de Williams, en el cual supuso que los artículos de menor demanda se producen en MTO y los artículos de mayor demanda en MTS. Si bien es cierto como mencionan |diversos autores no hay una estructura o proceso especial que se siga para la implementación del sistema híbrido MTS/MTO debido a que cada ambiente de producción suele ser distinto y se suelen aplicar diferentes tipos de estrategias; debido a esto el concepto básico que se suele utilizar en ocasiones para analizar este sistema en general es el OPP o punto de penetración de la orden, como lo mencionan algunos autores.

Para nuestro caso la estructura de implementación sería distinta en comparación a otros sistemas híbridos ya implementados, debido a que, como se mencionó anteriormente, los ambientes de producción (procesos) son diferentes. Teniendo en cuenta esto, dividiremos la estructura de implementación del sistema en 4 pasos descritos a continuación:

- Paso 1: la estandarización en el diseño del producto,
- Paso 2: la determinación y elaboración del stock a producir, en otras palabras, realizar un pronóstico de la demanda
- Paso 3: la implementación de un sistema de priorización de pedidos u órdenes de servicio, en nuestro caso utilizando el método AHP
- Paso 4: la retroalimentación y actualización del sistema híbrido implementado

Todos estos pasos se muestran en la figura que se presenta a continuación:



Figura 20. Estructura de implementación del sistema híbrido para la empresa sistemas Inteligentes S.A.C.

Como nos muestra la figura, la estructura de implementación tiene una forma cíclica, esto debido a que el rubro en el que se desenvuelve la empresa es el de la tecnología y como sabemos, se actualiza constantemente, esto conlleva a que cada cierto tiempo, esta estructura pase por un ciclo de actualización en el cual cada punto sea revisado. En el caso de la estandarización del diseño del producto debido a que los componentes tecnológicos empleados pasan por constantes actualizaciones; en el pronóstico de la demanda, debido a que la demanda de las órdenes suele ser incierta; y en el método de priorización de las órdenes de servicio, debido a que los criterios de selección o de decisión de priorización en el futuro podrían tener un cambio de acuerdo a las necesidades de la empresa.

2.7.3 Cronograma de implementación del sistema

Tabla 14. Cronograma de implementación del sistema híbrido MTS-MTO

Cronograma de implementación del Sistema Híbrido MTS-MTO																													
Etapa	Fases	Actividades	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Obs.		
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
POST TEST	Fase 3: Implementación	Solicitud de autorización para iniciar la implementación																											
		Paso 1: Estandarización en el diseño del producto (Modular)																											
		Paso 2: Pronóstico de la demanda (Stock)																											
		Paso 3: Elaboración del sistema de priorización (AHP)																											
		Gestión de requerimientos (materia prima y suministros)																											
		Paso 4:	Seguimiento y control de la implementación																										
			Recopilación de datos de las órdenes de servicio																										
			Evaluación de la implementación de la mejora																										

2.7.4 Ejecución de la propuesta de mejora

Paso 1: Estandarización de la carcasa para los terminales biométricos

La primera tarea para implementar el sistema híbrido será la estandarización de la carcasa para los terminales biométricos, es un paso importante al momento de reducir los tiempos de entrega, debido a que al hacer que el ensamblaje de los componentes sea más sencillo y siempre en la misma posición se podrá agilizar la producción de las carcasas.

En esta etapa partiremos por ubicar en la carcasa todos los componentes o tecnologías que lleva un terminal biométrico, con el fin de tener un lugar estándar para cada una de las piezas o componentes y no realizar cambios de último momento cuando se reciban las órdenes de servicio, así mismo los componentes tanto internos como externos tendrán una arquitectura modular del tipo ranura, lo cual otorgará un lugar estandarizado en la carcasa según las tecnologías que ofrece la empresa, ya sea que estas tecnologías sean ofrecidas de manera combinada o de manera individual, para las carcasas de los terminales biométricos.

Esta estandarización, como lo menciona Ulrick y Eppinger, permite a su vez tener menores costos y mejor calidad. “La calidad y el rendimiento con frecuencia aumentan también con cantidades crecientes de producción porque el productor del componente puede invertir en aprender y mejorar el diseño del componente y su proceso de producción” (2009, p. 189).

Una característica esencial de los componentes estándar es que pueden ser comunes a varios productos; en el caso de la empresa, específicamente en el área de producción para las carcasas de los equipos biométricos, esta estandarización traerá considerables mejoras ya que se podrán utilizar algunos de los componentes que se han estandarizado para otros modelos de terminales que se comercializa.

Kerckänen (2007, pp. 7) hace referencia a los beneficios que puede proporcionar la estandarización, indicando que en algunos casos podemos adaptar los productos semiacabados que se almacenan orientándolos a la demanda del cliente. Dicho de otra manera, para nuestro caso, la estandarización nos va a permitir realizar productos semiacabados y no que se tenga que realizar todo el proceso de elaboración (Figura 12) cuando se reciban las órdenes de servicio, pudiendo así contribuir con la reducción en el

tiempo de entrega de las carcasas para los terminales biométricos que pasarán a las áreas consecuentes para el respectivo ensamblaje de componentes electrónicos.

En resumen, ¿qué nos permitirá la estandarización de la carcasa de los equipos biométricos?:

- Producir en volúmenes más altos
- Reducir los costos de producción
- Aumentar la calidad del producto
- Mejorar el diseño del producto (retroalimentación)
- Mejorar el proceso productivo
- Reducir tiempos en el proceso productivo

A continuación, presentaremos algunas imágenes que demostrarán la estandarización realizada en el diseño del producto; hay que considerar que, por políticas de la empresa no podemos añadir muchos detalles del diseño interno del producto, ni tampoco de los componentes que este lleva, solo podremos apreciar una vista exterior, pero que nos permitirá divisar cómo se ha realizado la estandarización.

Partiremos por mencionar que la carcasa se compone de dos partes, una máscara que es la parte delantera y de una tapa que vendría a ser la parte posterior. Para la tapa solo necesitaremos realizar solo una estructura de diseño ya que las tecnologías que se solicitarán en las órdenes no afectarán en esta parte de la carcasa; caso contrario en la máscara si se verán reflejados los cambios que producen las tecnologías que se puedan añadir o restar a la carcasa del terminal biométrico.

En las siguientes figuras, que son capturas del software AutoCAD utilizado para realizar los archivos con las modificaciones necesarias para la estandarización, presentaremos primero la tapa de la carcasa y luego la máscara con algunas de las posibles combinaciones de las tecnologías que presentan los terminales.

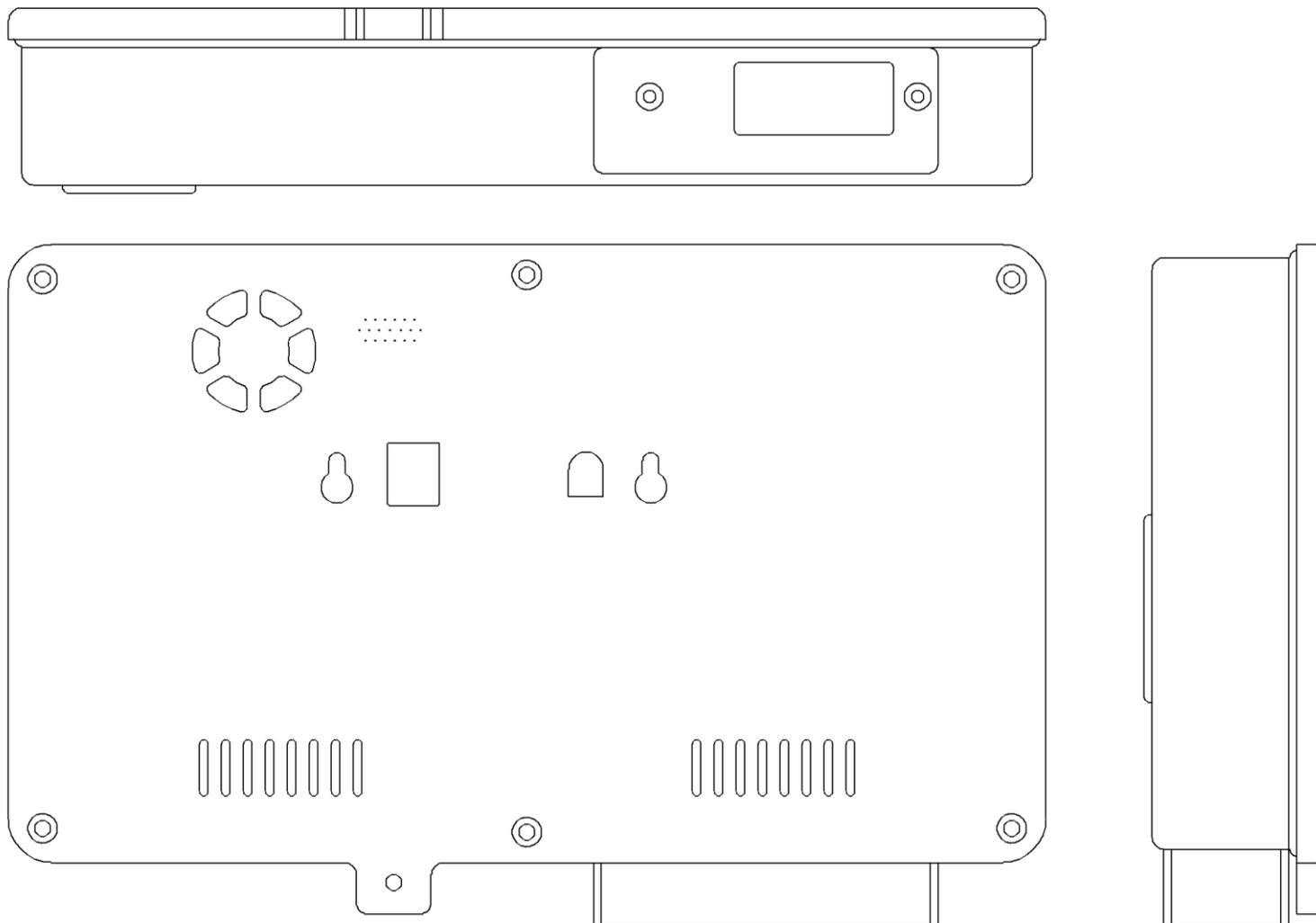


Figura 21. Parte posterior de carcasa del terminal biométrico estandarizada.

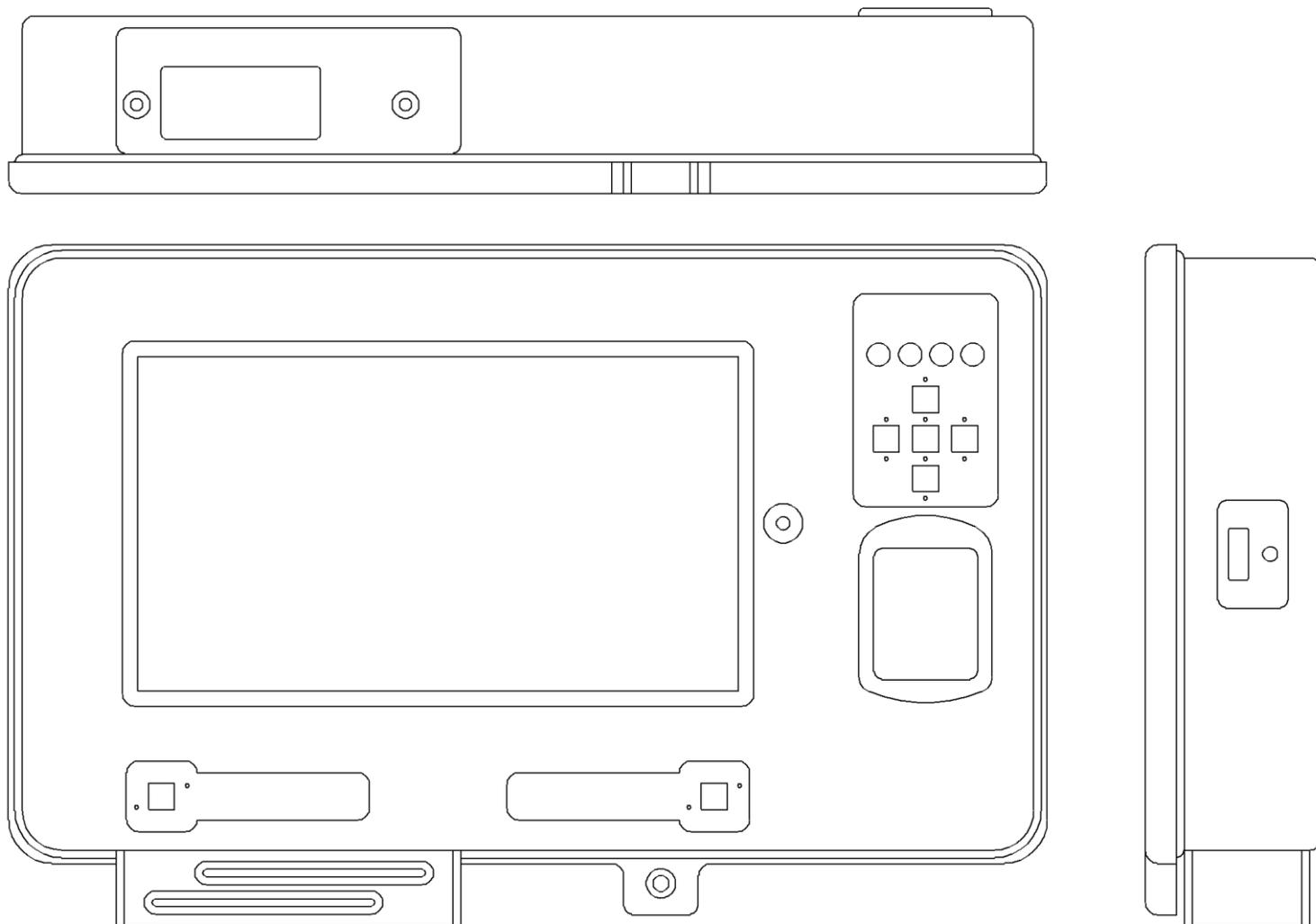


Figura 22. Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Huella/DNI/Cámara/USB/Eventos

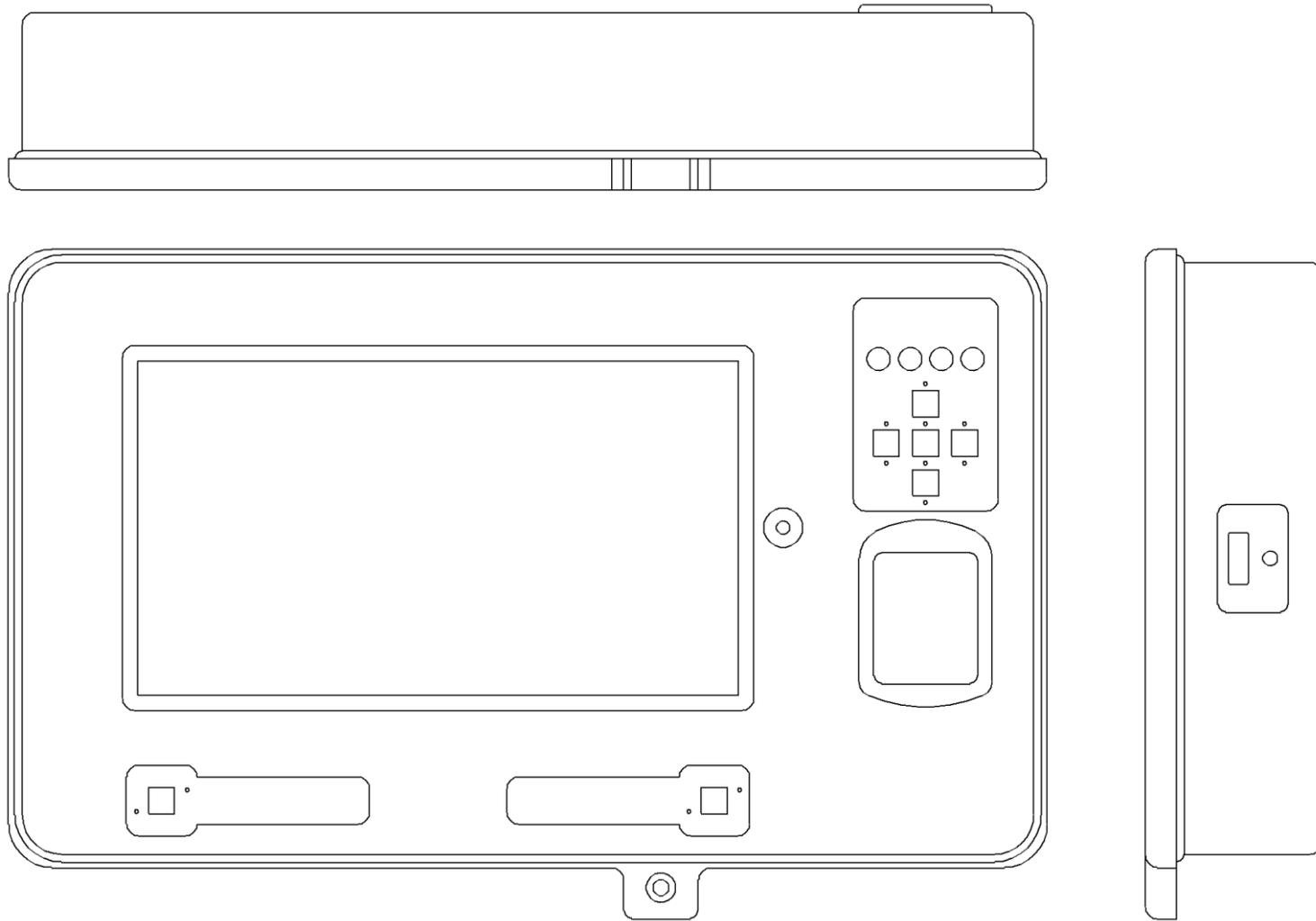


Figura 23. Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Huella/Cámara/USB/Eventos

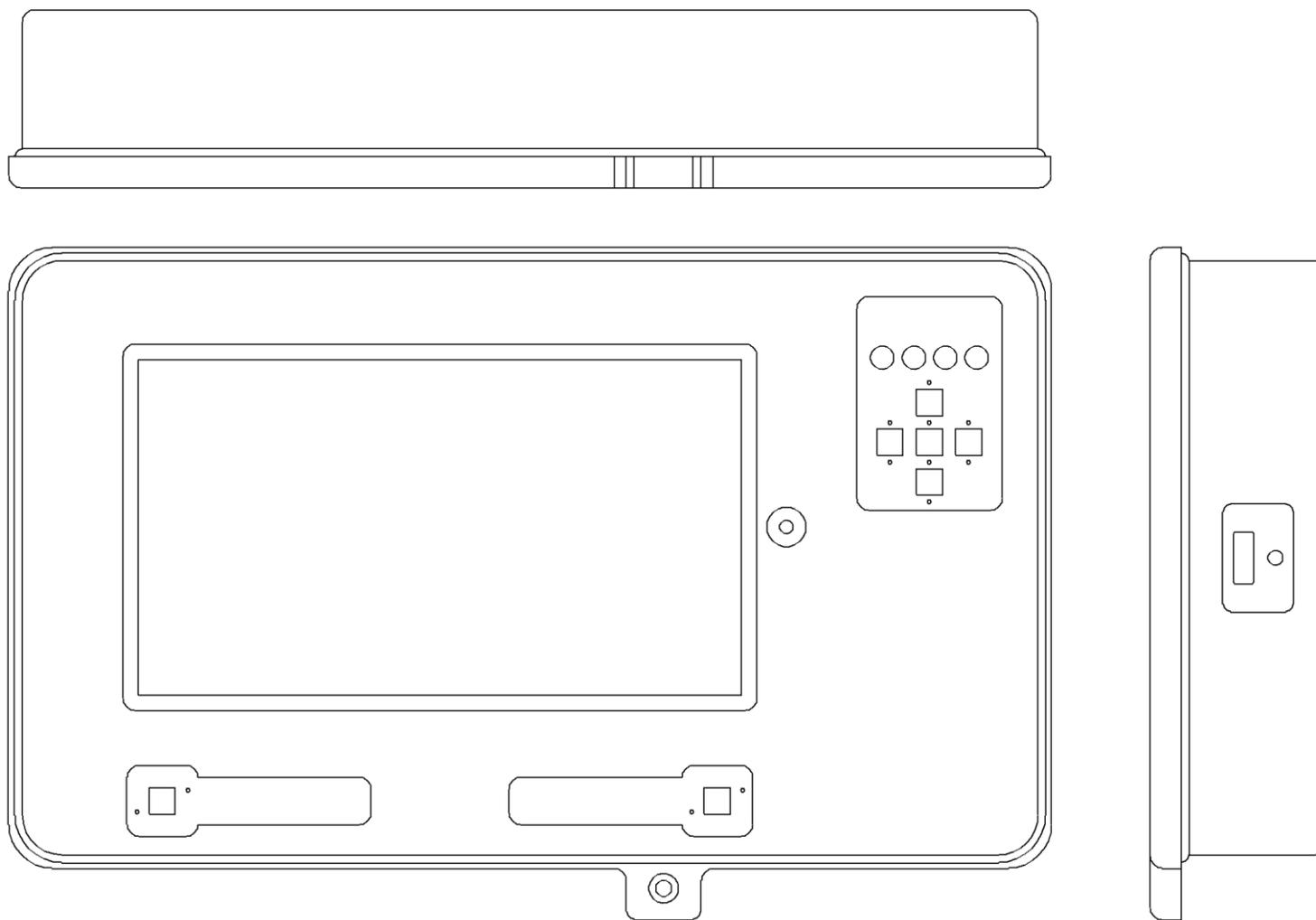


Figura 24. Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Cámara/USB/Eventos

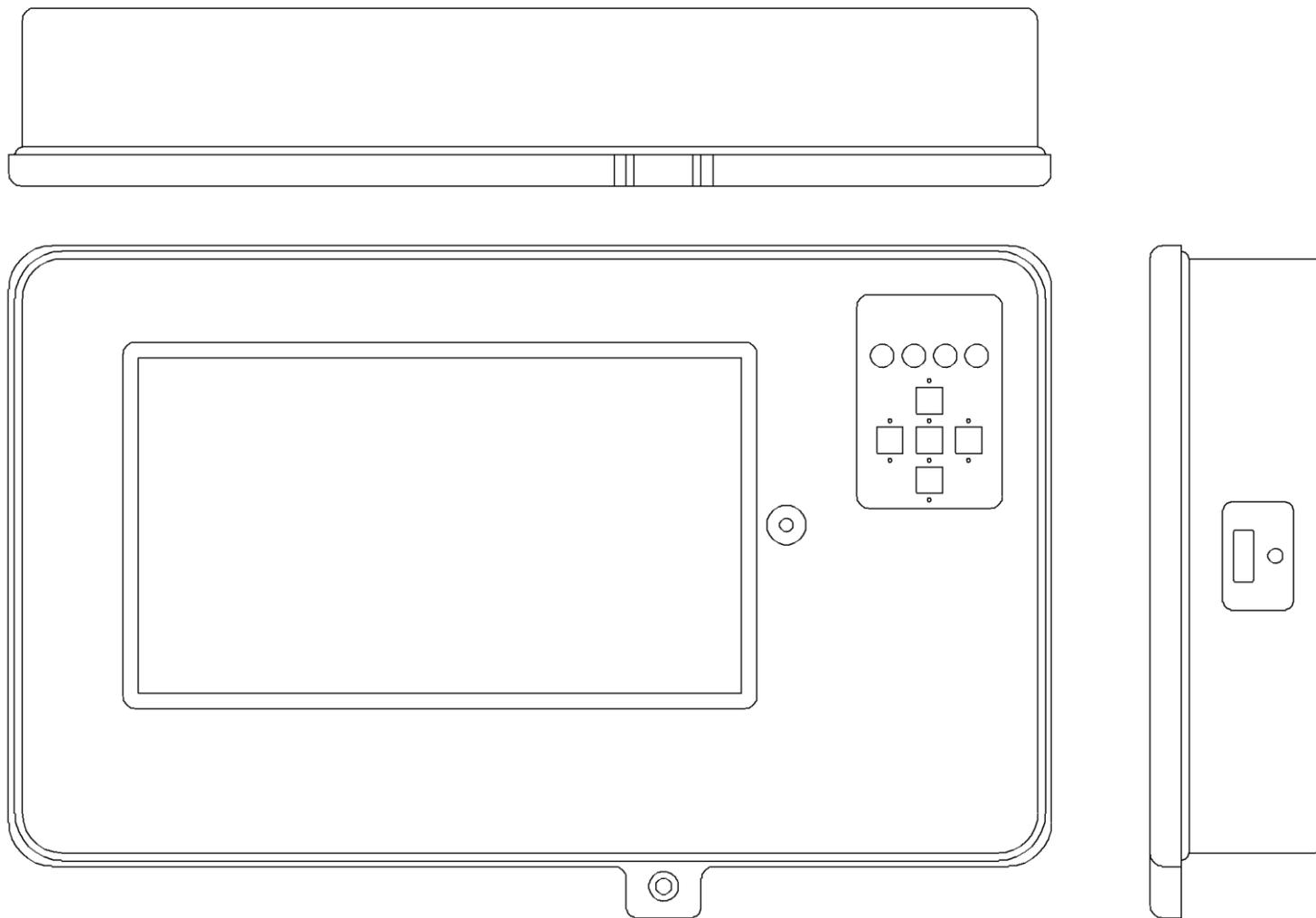


Figura 25. Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/Cámara/USB

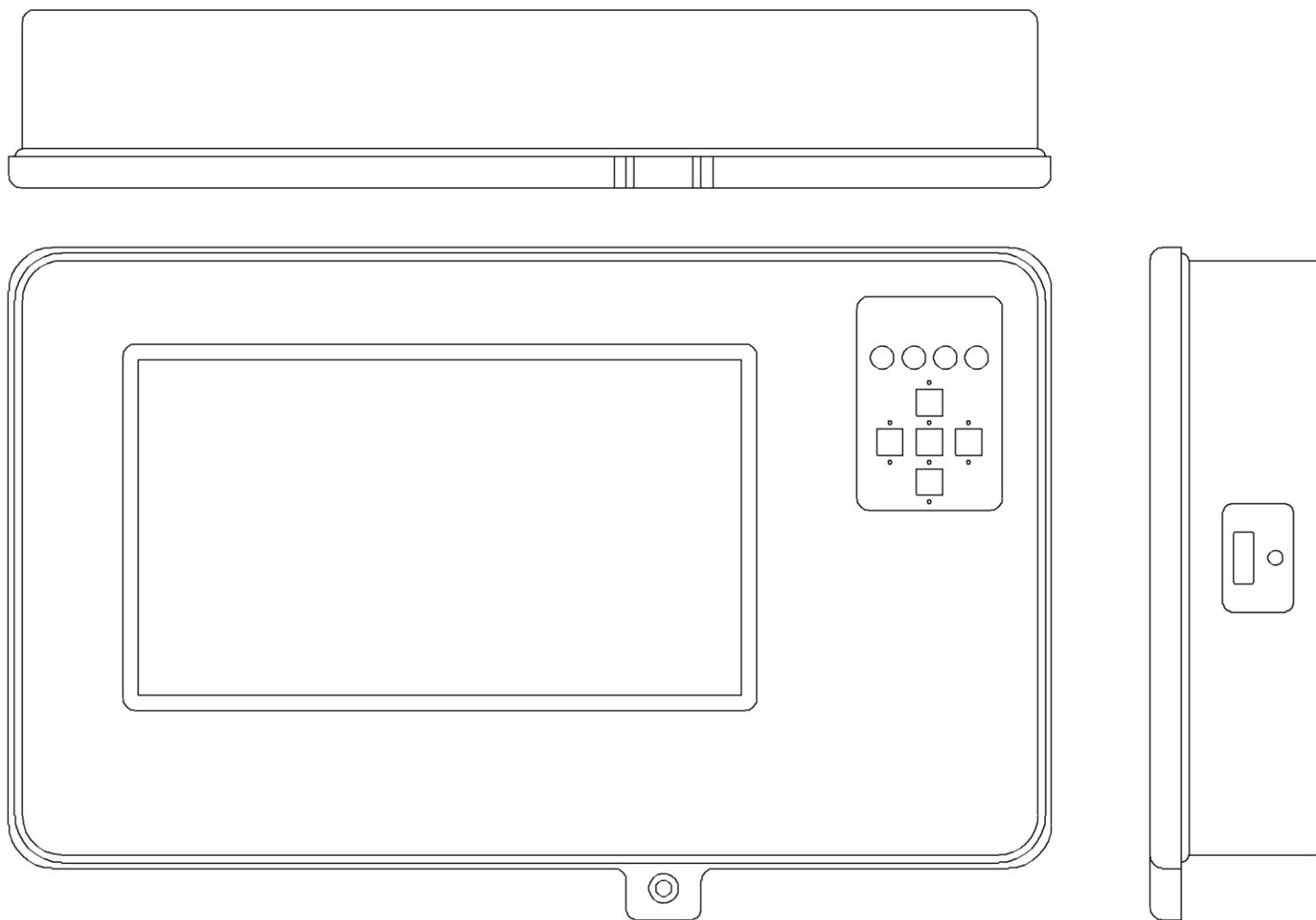


Figura 26. Diseño estandarizado de Carcasa para terminal biométrico Proximidad/USB

Paso 2: Pronóstico de la demanda

Para atacar el primer problema específico el cual es ¿De qué manera establecer la cantidad de stock a realizar para poder implementar el sistema híbrido MTS / MTO?, debemos realizar un pronóstico de la demanda.

Prado (1992, p. 29) define como pronóstico a “la estimación de un evento futuro, analizando para ello datos del pasado, dichos datos se combinan sistemáticamente en un forma predeterminada para obtener el estimativo”.

Existen diversos tipos de pronósticos. Nosotros pondremos nuestra atención en los pronósticos cuantitativos o de series de tiempo los cuales, se encuentran entre los más utilizados entre la proyección de demanda de productos. Todos parten del supuesto común de que, para realizar proyecciones para la demanda futura se deberá analizar el patrón marcado por la demanda pasada, suponiendo que este patrón continúa aproximadamente de la misma forma. Teniendo como única variable al tiempo y basándose en la información de las ventas realizadas (Chapman, 2006, p. 23).

En nuestro caso, para resolver el dilema de pronóstico de demanda utilizaremos el promedio móvil simple, el cual “como su nombre lo indica, nada más que el promedio matemático de los últimos periodos recientes de la demanda real”(Chapman, 2006, p. 26).

La fórmula general se expresa de la siguiente manera:

$$F_t = \frac{A_{t-n} + A_{t-n+1} + \dots + A_{t-1}}{n}$$

Donde:

- F es el pronóstico
- t es el periodo de tiempo actual, lo que significa que F_t es el pronóstico para el periodo de tiempo actual.
- A_t es la demanda real en el periodo t , y
- n es el número de periodos que se utiliza.

Por lo cual, teniendo como dato histórico la cantidad de terminales realizada en los 5 primeros meses del año 2019 (véase figura 14), tendremos como resultado lo siguiente:

$$F = \frac{11 + 33 + 48 + 24 + 7}{5} = 24.6$$

El resultado nos muestra que la cantidad que necesitaremos realizar al mes será de 25 carcadas para poder cubrir con la demanda mensual. Hay que considerar que la demanda es incierta y la predicción no nos dará un dato real sino más bien un estimado de la cantidad a realizar.

Paso 3: Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Una importante herramienta de ingeniería para la toma de decisiones, es el método AHP, el cual nos entregará de acuerdo a una serie de cálculos, la priorización de las órdenes de servicio, es decir, nos ayudará a seleccionar que orden tiene más relevancia que otras de acuerdo a los criterios considerados para realizar una orden de servicio.

Cabe resaltar que, para fines de nuestro estudio se elaboró, con el apoyo de la herramienta informática Microsoft Excel, un documento en el cuál se automatizan cada uno de los cálculos realizados.

Para la presentación de la aplicación del AHP se tomaron, con el fin de visualizar dicha aplicación, solo las órdenes de servicio ingresadas en la última semana de julio, debido a que, si se detalla los procesos de todas las órdenes, el documento se haría demasiado extenso.

Las órdenes servicios tomadas del Anexo N° 9 para la aplicación de esta herramienta serán las “14199”, “14195” y “14188” serán llamadas, para simplificar su visualización como A, B y C respectivamente.

Como lo mencionamos anteriormente en la *Sección 1.3.2*, este proceso cuenta con diferentes etapas o fases, las cuales mencionaremos a continuación.

Selección de criterios

En nuestro caso, los criterios que implican cada orden de servicio (OSI) implica 3 aspectos, los cuales son considerados para dar prioridad antes de empezar la fabricación de las carcasas:

- Plazo de entrega de la orden de servicio
- Cantidad de Terminales de la orden de servicio
- Valor oportuno de la orden de servicio

Cálculo de peso de criterios

Teniendo los criterios definidos, pasaremos a realizar el cálculo de los pesos de cada criterio con respecto al otro, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15. Cálculo de peso de criterios

CÁLCULO DE PESOS DE CRITERIOS							
CRITERIOS	Plazo de Entrega	Cantidad de Terminales	Valor oportuno	Matriz Normalizada			Ponderado
Plazo de Entrega	1,00	3,00	0,20	0,16	0,23	0,15	0,18
Cantidad de Terminales	0,33	1,00	0,11	0,05	0,08	0,08	0,07
Valor oportuno	5,00	9,00	1,00	0,79	0,69	0,76	0,75
TOTAL	6,33	13,00	1,31				

Para comprobar que la determinación de pesos de los criterios y sus resultados ponderados sean coherentes, realizaremos la operación del cálculo de Relación de consistencia (CR).

Según Brunelli (2014, p.25) “Dada una matriz de orden n , se puede obtener CR dividiendo el IC por un número real RI_n (Índice aleatorio)”. El RI se puede obtener por una tabla de índice de consistencia aleatorio promedio que brinda Saaty y que se presenta en la siguiente figura:

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency index (R.I.)	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Figura 27. Índice de consistencia aleatorio promedio

El resultado de CR, según Saaty y Vargas (2012) deberá ser menos al 0.1, caso contrario se deberá revisar nuevamente la intensidad de importancia entre los criterios en la tabla realizada (p.9).

Tabla 16. Cálculo de relación de consistencia

Cálculo de Relación de consistencia			
P. Matriz	Cociente	Criterios =	3
0,54	3,02	CI =	0,01
0,21	3,01	RI =	0,52
2,29	3,06	CR =	0,03
Promedio	3,03		VERDADERO

En el cálculo de realizado, obtuvimos en la relación de consistencia un valor inferior a 0.1, lo que nos indica que nuestros pesos al igual que la importancia brindada entre criterios tiene coherencia.

Cálculo de peso de alternativas según criterio

A continuación, se realizan los cálculos según cada criterio establecido.

Tabla 17. Peso de alternativas según el plazo de entrega

CRITERIO: PLAZO DE ENTREGA							
Alternativas	A	B	C	Matriz Normalizada			Ponderado
A	1,00	0,20	0,11	0,07	0,05	0,08	0,06
B	5,00	1,00	0,33	0,33	0,24	0,23	0,27
C	9,00	3,00	1,00	0,60	0,71	0,69	0,67
TOTAL	15,00	4,20	1,44				

Como vemos en la tabla anterior, los pesos obtenidos para las alternativas A, B y C según el criterio de “Plazo de entrega” fueron de 0.06, 0.27 y 0.67 respectivamente.

Tabla 18. *Peso de alternativas según la cantidad de terminales*

CRITERIO: CANTIDAD DE TERMINALES							
Alternativas	A	B	C	Matriz Normalizada			Ponderado
A	1,00	9,00	5,00	0,76	0,69	0,79	0,75
B	0,11	1,00	0,33	0,08	0,08	0,05	0,07
C	0,20	3,00	1,00	0,15	0,23	0,16	0,18
TOTAL	1,31	13,00	6,33				

La tabla 18 nos muestra los pesos obtenidos para las alternativas A, B y C según el criterio de “Cantidad de terminales” los cuales fueron de 0.75, 0.07 y 0.18 respectivamente.

Tabla 19. *Peso de alternativas según el Valor oportuno*

CRITERIO: VALOR OPORTUNO DE LA ORDEN							
Alternativas	A	B	C	Matriz Normalizada			Ponderado
A	1,00	0,11	0,20	0,07	0,08	0,03	0,06
B	9,00	1,00	5,00	0,60	0,76	0,81	0,72
C	5,00	0,20	1,00	0,33	0,15	0,16	0,22
TOTAL	15,00	1,31	6,20				

Por último, con respecto al peso de alternativas por criterio, vemos que la tabla 19 los pesos obtenidos para las alternativas A, B y C según el criterio de “Valor oportuno” fueron de 0.06, 0.72 y 0.22 respectivamente

Decisión de priorización de alternativas

En la etapa final, cada uno de los ponderados obtenidos de las alternativas de acuerdo a los criterios de las tablas anteriores pasan a una matriz para ser multiplicadas con peso respectivo del criterio (Tabla 14) y luego sumar los tres productos para así obtener el valor de la priorización deseada.

Tabla 20. *Resultado de priorización de alternativas*

Alternativas	Tabla de Criterios Ponderados			Priorización
	Plazo de Entrega	Cantidad de Terminales	Valor oportuno	
A	0,06	0,75	0,06	0,11
B	0,27	0,07	0,72	0,59
C	0,67	0,18	0,22	0,29
Peso de Criterios	0,18	0,07	0,75	

Pudimos obtener como resultado, según la tabla anterior, que entre las alternativas A, B y C, la más prioritarias de acuerdo a los criterios establecidos sería la B con el 59%, luego la C con un 29% y por último la alternativa A con 11%.

Como pudimos apreciar de acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente, la herramienta de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es muy útil cuando tenemos diversos criterios a considerar de acuerdo a las órdenes de pedido, ayudándonos así a tomar una mejor decisión cuando de priorización de órdenes se trata.

Paso 4: Retroalimentación y actualización de la información

De acuerdo con Janert (2013, p.10), la retroalimentación es un método que tiene como objetivo que la salida de una sistema siga la referencia del sistema ideal lo más cerca posible, esto se logra realizando una comparación continua de la señal de salida con la señal de referencia y aplicando, de ser necesario, una acción que corrija el error el cuestión.

Otra definición que podemos considerar es la brindada por la Real Academia de Ingeniería de España (2014), la retroalimentación es el “proceso por el que se actúa sobre un sistema, dispositivo o máquina, a partir de observaciones de la/s salida/s del mismo, con el fin de conseguir un comportamiento previamente determinado”.

Así pues, considerando las definiciones mencionadas anteriormente, podemos decir que este paso nos ayudará a mantener los resultados del sistema implementado de manera positiva, manteniendo actualizada la información, así como también cualquier otra variable que se presente en el control que se realice en el sistema, y por consiguiente corrigiendo los errores o desvíos que se presenten en el futuro; debido a que, como mencionamos con anterioridad, el rubro en el que se desenvuelve la empresa es en el de sistemas informáticos y estos sufren constantes actualizaciones, no solo en software sino también en hardware, así también la demanda del producto al ser incierta, promoverá que el stock a realizarse, sea verificado periódicamente, para evitar futuros problema de exceso o déficit de stock del producto.

2.7.5 *Análisis Beneficio-Costo*

Según Blank y Tarquin (2012, p. 235) existen diversas variaciones de la razón beneficio/costo y este se considera el método de análisis fundamental para proyectos del sector público, teniendo como enfoque fundamental que todos los cálculos de los beneficios y los costos se conviertan a una unidad monetaria común (ya sea Valor presente, Valor Anual o Valor Futuro) con la tasa de interés determinada.

Villareal lo expresa matemáticamente como: “una relación entre los beneficios o ingresos del proyecto y sus costos o egresos. Como este método incorpora el valor del dinero en el tiempo, todos los beneficios y costos deben convertirse a una unidad monetaria equivalente o común” (2013, p. 103).

Baca engloba el concepto de beneficio/costo con la siguiente expresión:

[...] La idea básica es que independientemente de que la inversión sea pública o privada, sólo se debe realizar si los beneficios son mayores que los costos. Los conceptos generales de la ingeniería económica no cambian, esto es, tanto beneficios como costos deben compararse a su valor equivalente en el tiempo. Esto significa que se deben cuantificar los beneficios y costos que implica la inversión pública a lo largo de cierto periodo, trasladar esos beneficios y costos a su valor equivalente a un mismo instante que por lo general es el presente, mediante la aplicación de una tasa de descuento apropiada y comparar beneficios frente a costos. Cuando se aplica el método de beneficio-costo se debe realizar la inversión si los beneficios exceden a los costos, esto es, si el cociente $B/C > 1$, pero si se utiliza el método costo-beneficio, el cociente C/B deberá ser menor a 1, pues si fuera mayor indicaría que los costos superan a los beneficios. (2010, p. 311).

Así mismo, Blank y Tarquin (2006, p. 335) describen las fórmulas para realizar este método, las cuales se presentan a continuación:

- La relación Beneficio/Costo convencional:

$$B/C = \frac{VP \text{ de beneficios}}{VP \text{ de costos}} = \frac{VA \text{ de beneficios}}{VA \text{ de costos}} = \frac{VF \text{ de beneficios}}{VF \text{ de costos}}$$

- La relación Beneficio/Costo convencional, pero utilizada con más amplitud y en la que se realiza una diferencia entre los beneficios y contra beneficios:

$$B/C = \frac{(Beneficios - Contrabeneficios)}{Costos}$$

- La relación Beneficio/Costo modificada; La cual incluye los costos de mantenimiento y operación:

$$B/C = \frac{(Beneficios - Contrabeneficios - Costos M\&O)}{Inversión}$$

Para fines de nuestro estudio realizaremos la relación beneficio/costo tanto convencional como modificada y así constatar si la implementación del sistema es rentable con respecto al sistema que anteriormente se venía empleando. Por lo cual, realizaremos el cálculo de los beneficios y de los costos, para luego reemplazar estos datos en nuestra fórmula principal.

Cálculo de Beneficios

El cálculo de los beneficios parte de la premisa de la reducción de las pérdidas por las penalidades al incurrir en retrasos en los tiempos de entrega, teniendo en cuenta la fórmula para el cálculo de penalidad la siguiente:

$$Penalidad\ diaria = \frac{0.1 \times Monto\ Contratado}{F \times Días\ de\ retraso}$$

Donde:

- F= 0.3 para plazos menores o iguales a 60 días.
- F= 0.5 para plazos mayores a 60 días.

Para obtener los datos y reemplazarlos en la fórmula brindada, realizaremos una serie de cálculos para conseguir el resultado del promedio de penalidades mensuales que se paga por cada orden de servicio entregada fuera del tiempo requerido, así pues, tenemos que:

En nuestro caso para poder obtener el monto contratado utilizaremos el promedio de los precios de venta de los diferentes tipos de terminales biométricos según su tecnología de acuerdo a la lista de precios brindada por el área de ventas de la empresa (Anexo N° 12). La cual nos da como resultado la suma de 950 dólares, que expresado en soles a una tasa de cambio de \$/. 3.39 nos da un monto de S/. 3220.5 soles. Este valor se multiplicará por el promedio de días con retraso que tuvimos en el periodo enero-mayo obteniendo como resultado la suma de 3 días de retraso por cada orden que no se entrega a tiempo.

Remplazando los datos obtenidos en la fórmula de penalidad diaria mostrada líneas atrás obtenemos lo siguiente:

$$\frac{0.1 \times 3320.5}{0.3 \times 3} = S/. 357.83 \text{ soles}$$

Por otra parte, la cantidad de Terminales entregados fuera de tiempo por mes, valor el cual obtendremos de la cantidad de los terminales realizados en el periodo enero-mayo por el porcentaje de retrasos del mismo, entre los cinco meses correspondientes al periodo; lo mismo haremos para el periodo después de la implementación y la diferencia de ambos resultados nos dará la cantidad de terminales mensuales que se entregan con retraso, como lo apreciamos en la siguiente ecuación:

$$\frac{123 \times 0.4}{5} - \frac{88 \times 0.13}{5} = 7.6 = 8 \text{ unidades mensuales}$$

Dando como resultado que la cantidad de terminales con retraso en tiempo de entrega es de 8 terminales por mes, resultado que podremos trasladar a nuestra ecuación para obtener el monto de Penalidad de Terminales biométricos que no se entregan a tiempo por mes, el cual será el producto de la penalidad diaria y la cantidad de terminales por mes con retraso en el tiempo de entrega, dando como resultado:

$$357.83 \text{ soles} \times 8 \text{ terminales} = 2862.67 \text{ soles mensuales}$$

Este resultado será considerado parte de nuestro beneficio, debido a que es parte de remuneración que tiene que dejó de percibir la empresa por las órdenes entregadas con días de retraso utilizando el sistema anterior.

Dentro de los beneficios podemos añadir el tiempo promedio de horas que se dejarán de pagar mensualmente por atender las órdenes de servicio entregadas dentro de la fecha, así como también las que se entregan fuera de la fecha requerida, debido al corto plazo de entrega para las mismas. Este pago expresado en soles será calculado con el producto de las horas realizadas por orden, el promedio de órdenes mensuales, la cantidad de operarios y por último la remuneración por hora extra trabajada como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 21. *Cálculo de pago de horas mensuales por equipos entregados con retraso*

Cálculo pago horas extras mensual	Cantidad
Promedio de horas extras por orden	3
Promedio de órdenes mensuales	9
Operarios	3
Remuneración x 0.30 hora	6,31
Total	510,71

La adición de la penalidad mensual y el pago de horas extras nos dará como resultado el beneficio total obtenido expresado en soles, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 22. *Beneficios obtenidos por mes*

Descripción de Beneficios obtenidos por mes	Valor
Reducción de penalidades	2862.67
Reducción de pago de horas extras por órdenes	510.71
Beneficio Total	3373.37

Cálculo de Costos

En el siguiente cálculo sumaremos todos los costos que se utilizaron para poder implementar dándonos como resultado lo que nos muestra la siguiente tabla:

Tabla 23. *Descripción de costos de implementación de sistema híbrido*

Descripción de Costos	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Suministros para elaboración de stock	Terminal	25	26.52	663
Materia prima para elaboración de stock	Terminal	25	12	300
Mano de obra (3 operarios) para elaboración de stock	Días	4	116.40	465.6
Maquinaria para elaboración de stock	Horas	25	11.25	281.25
Elaboración de documentos digitales	Documento	2	120	240
Honorarios de la Investigación		1	1200	1200
Inversión Total				3149.85

Como lo indica la tabla, el dato obtenido de los costos de implementación se toma como una inversión, la cual, nos servirá para poder hallar junto con el valor del beneficio total (Tabla 21), el beneficio/costo que obtendremos por la implementación del sistema híbrido.

Para obtener el valor total del beneficio debemos traer al presente el monto del beneficio mensual obtenido al igual que los costos de operación por la cantidad de meses, se desarrolló para un periodo de 6 meses concernientes a junio-noviembre, que es el tiempo aproximado que duraría el stock realizado, los cuales se detallan en la Tabla 24 y que nos permite tener como resultados en las siguientes relaciones de Beneficio/Costo:

$$B/C \text{ convencional} = \frac{13869.30}{3149.85 + 2329.78} = 2.53 \text{ soles}$$

Por lo cual podemos decir que, por cada sol que se invirtió al implementar el sistema híbrido estaremos obteniendo un beneficio de 1.53 soles.

$$B/C \text{ modificada} = \frac{13869.30 - 2329.78}{3149.85} = 3.66 \text{ soles}$$

Por lo cual podemos decir que, por cada sol que se invirtió al implementar el sistema híbrido estaremos obteniendo un beneficio de 2.66 soles.

Como lo menciona Villareal Navarro (2013, p. 104) “Es importante tener en cuenta que la relación B/C se puede expresar de diferentes maneras, pero no la decisión de aceptar o rechazar el proyecto”. Así pues, el criterio de selección para saber si el proyecto o implementación del sistema es justificable económicamente será el siguiente:

- Cuando la relación $B/C > 1$, el proyecto genera valor y debe aceptarse.
- Cuando la relación $B/C = 1$, es indiferente aceptar o rechazar el proyecto.
- Cuando la relación $B/C < 1$, el proyecto debe rechazarse.

Por lo tanto, con los resultados obtenidos en nuestros cálculos para la relación Beneficio/Costo podremos decir que la implementación del sistema se justifica económicamente, debido a que obtuvimos en ambos casos un valor mayor a 1.

Beneficios no económicos

Dentro de los beneficios que se han obtenido al implementar el sistema también hay que considerar los beneficios del tipo no económico que nos ha generado dicha implementación, tales como:

- Menos estrés laboral a causa de presión por entregar a tiempo las órdenes.
- Menos amonestaciones por los retrasos de las carcasas
- Menos amonestaciones por los retrasos de suministros y materia prima
- Clientes satisfechos
- Áreas involucradas o consiguientes satisfechas
- Mejor ambiente laboral entre áreas
- Personal con mejor productividad gracias a menos tiempo de trabajo.
- Menor tiempo muerto.

2.7.6 Cálculo del Valor actual neto (VAN) y la Tasa interna de retorno (TIR)

Tabla 24. VAN y TIR de la implementación del sistema híbrido en la empresa Sistemas Inteligentes S.AC.

Periodos (Meses)	0	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Flujo		3373,37	3373,37	3373,37	3373,37	3373,37	3373,37	13869,30
	Actualizado	3011,94	2689,23	2401,10	2143,84	1914,14	1709,06	
Contra Beneficios		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Actualizado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
C. Operación		-970,00	-970,00	-970,00	0,00	0,00	0,00	-2329,78
C. Mtto.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Suma costos	Actualizado	-866,07	-773,28	-690,43	0,00	0,00	0,00	
TOTAL		2403,37	2403,37	2403,37	3373,37	3373,37	3373,37	

Periodos	0	1	2	3	4	5	6
Flujo	-3149,85	2403,37	2403,37	2403,37	3373,37	3373,37	3373,37
Manual	-3149,85	2145,87	1915,95	1710,67	2143,84	1914,14	1709,06
TOTAL	-3149,85	11539,53					

Periodo	6
Tasa	12,00%
VAN	S/8 389,68
TIR	78,40%

B/C= Convencional	13869,30	-	0,00	2,53
	3149,85	+	2329,78	

B/C= Modificada	13869,30	-	0,00	-	2329,78	3,66
	3149,85					

Valor presente neto (VPN)

Según Baca Urbina (2010, p.77) el Valor presente neto (VPN) o Valor actual neto (VAN) significa “traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente[...], cuando se expresan cantidades del futuro en el presente, como en el cálculo del VPN, se dice que se utiliza una tasa de descuento”

Así mismo, menciona que los criterios para la toma de decisión serán los siguientes:

- Si $VPN > 0$, conviene aceptar la inversión, pues se ganaría más del rendimiento esperado.
- Si $VPN < 0$, conviene rechazar la inversión, pues no generaría ganancia alguna.

Por esto mismo, como podemos ver en la Tabla 24, el proyecto deberá aceptarse, pues su VAN es S/8 389,68 y de acuerdo con Baca, la inversión que se ha realizado está generando rendimiento.

Tasa Interna de retorno

De acuerdo con Baca Urbina (2010, p.81), “TIR es la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos descontados sea igual a la inversión inicial”, es decir, si el proyecto genera un rendimiento mayor o igual a la tasa esperada por el inversionista, este debe de aceptarse, si sucediera lo contrario deberá rechazarse, pues no generará ganancia alguna.

Como vemos en la Tabla 24, en el cálculo correspondiente la TIR es de 78,40%, siendo esta mayor a la tasa de descuento, por tal motivo la inversión está generando rentabilidad y debe de aceptarse.

2.7.7 Situación después de implementación de la propuesta

Luego de implementar la mejora, conociendo el pronóstico de la demanda y empleándolo para realizar el stock necesario, al igual que la priorización de las órdenes de servicio, los resultados obtenidos se muestran en las gráficas que se muestran a continuación.

Eficacia del sistema implementado

Al igual que en el sistema de producción anterior, en el sistema implementado siempre se cumple con la entrega de las órdenes de servicio, ya que, si estas no se entregan causarían una ruptura de contrato lo cual obligaría a la empresa a pasar por procesos judiciales los cuales afectarían considerablemente la parte financiera de la empresa.

Los meses que se analizaron fueron entre junio y octubre del presente año, obteniendo como resultado un total de 45 órdenes y un promedio de 9 órdenes al mes, siendo estas cifras iguales al periodo anterior, lo cual fue beneficioso al momento de realizar la comparación entre periodos, como lo demuestra el siguiente gráfico:

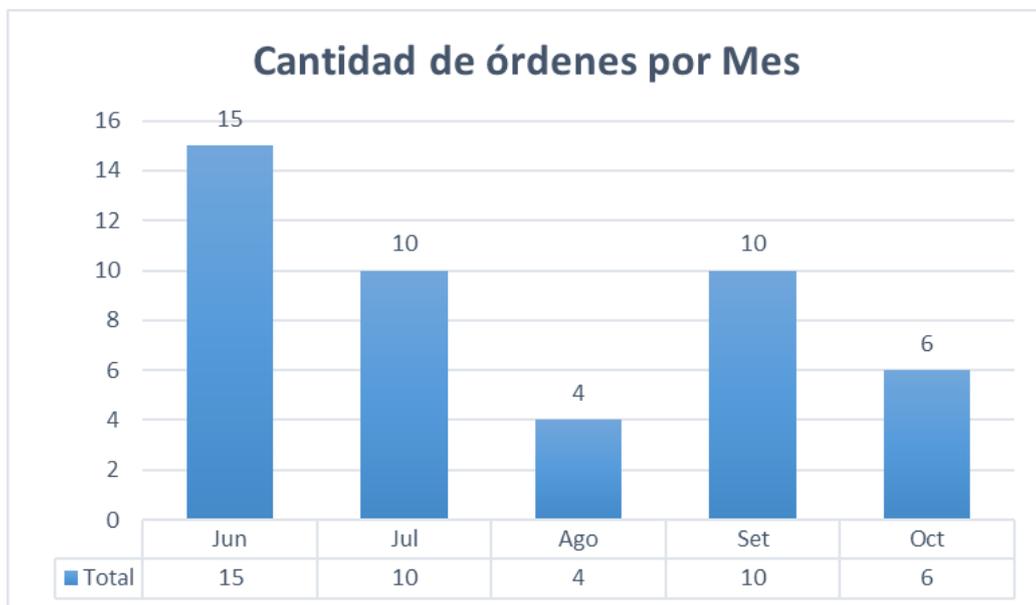


Figura 28. Cantidad de Órdenes por mes (junio – octubre)

Así mismo se analizó la cantidad de terminales por mes, obteniendo los siguientes resultados:

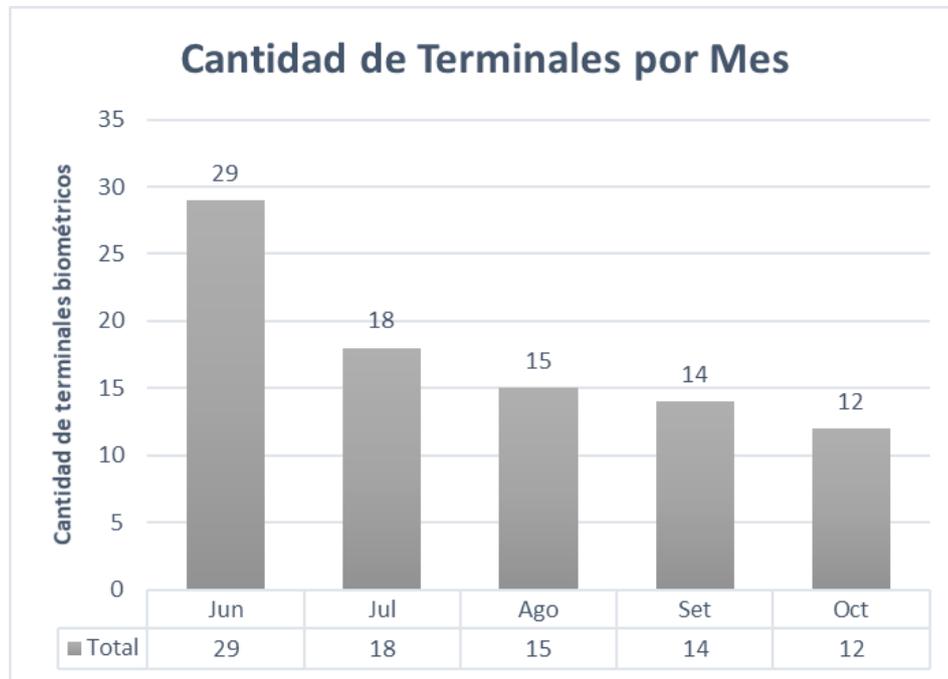


Figura 29. Cantidad de Terminales por mes (junio – octubre)

Como lo demuestra el gráfico anterior, se obtuvo un total de 88 terminales en el periodo en el que se implementó la mejora, teniendo un promedio de 18 terminales biométricos

Eficiencia del sistema implementado

De acuerdo a los datos que obtuvimos de los registros de las órdenes de servicio del periodo junio a octubre del presente año, con el recuento de los días invertidos y los días planeados para la producción de todas las órdenes de servicio, como lo muestra el Anexo N° 9, obtuvimos en nuestro post-test el siguiente resultado:

$$\frac{\frac{1}{71} \text{ días invertidos}}{\frac{1}{68} \text{ días planeados}} = 0.95$$

Entrega a tiempo del sistema implementado

Al implementar el sistema híbrido, mejoraron las entregas a tiempo de las órdenes de servicio en comparación al periodo anterior, como lo muestra la siguiente figura:

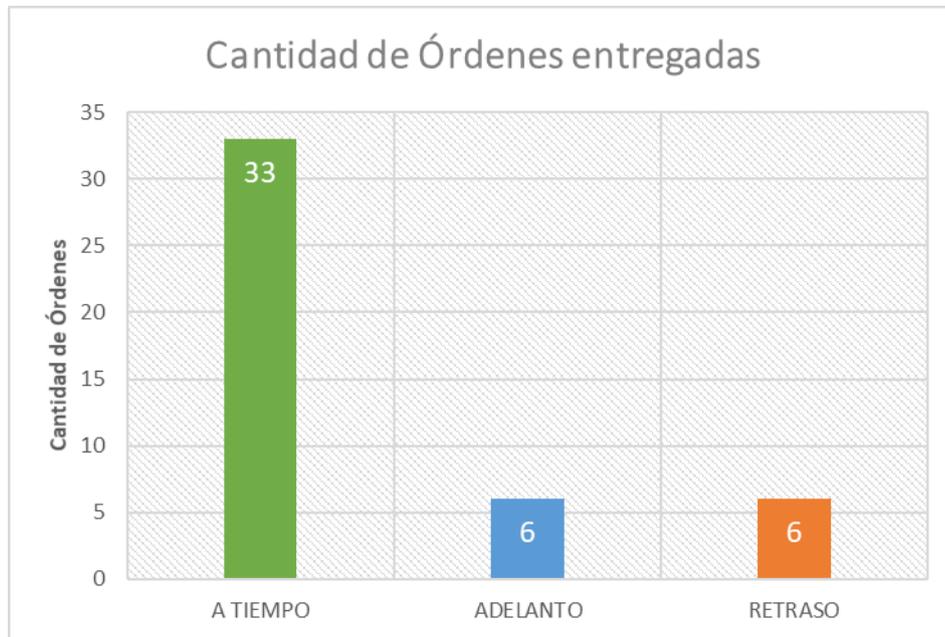


Figura 30. Estado de órdenes entregadas (junio – octubre) - A Tiempo / Adelanto / Retraso

Como podemos observar en la figura anterior se muestran las órdenes entregadas en los últimos cinco meses, siendo un total de 45 órdenes, teniendo como resultado 33 órdenes a tiempo, 6 órdenes entregadas antes de su fecha de vencimiento y, por último, órdenes con retraso.

Aplicando la fórmula de la entrega a tiempo, tendríamos:

$$\frac{33 \text{ a tiempo}}{33 \text{ a tiempo} + 6 \text{ adelanto} + 6 \text{ retraso}} \times 100 = 73\%$$

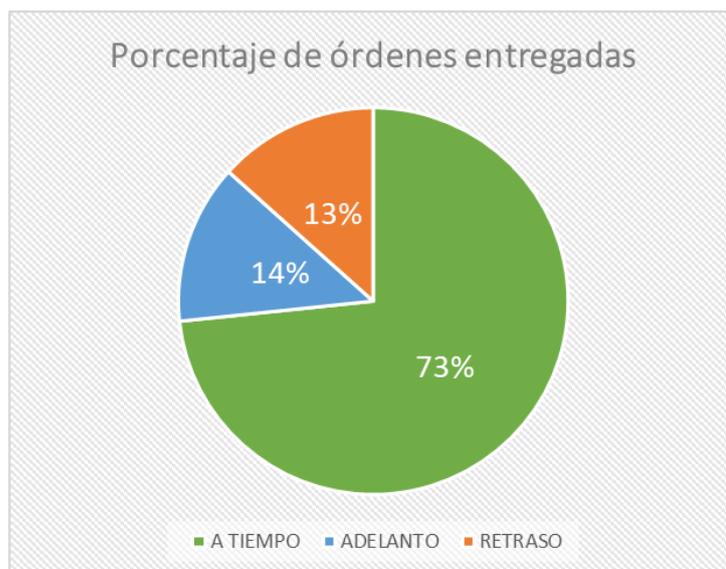


Figura 31. Porcentaje de estado de entrega de las órdenes (junio - octubre)

Como podemos apreciar, el porcentaje de las órdenes despachadas a tiempo incrementó con respecto al periodo anterior, teniendo un total de 87% órdenes entregadas a tiempo incluyendo en esta cifra las órdenes entregadas con adelanto, contra un 13% de órdenes despachadas con retraso.

Variabilidad de la entrega del sistema implementado

En nuestro Post-test pudimos observar la variación con las que las órdenes fueron entregadas en el periodo junio – octubre, como lo muestra la siguiente gráfica:

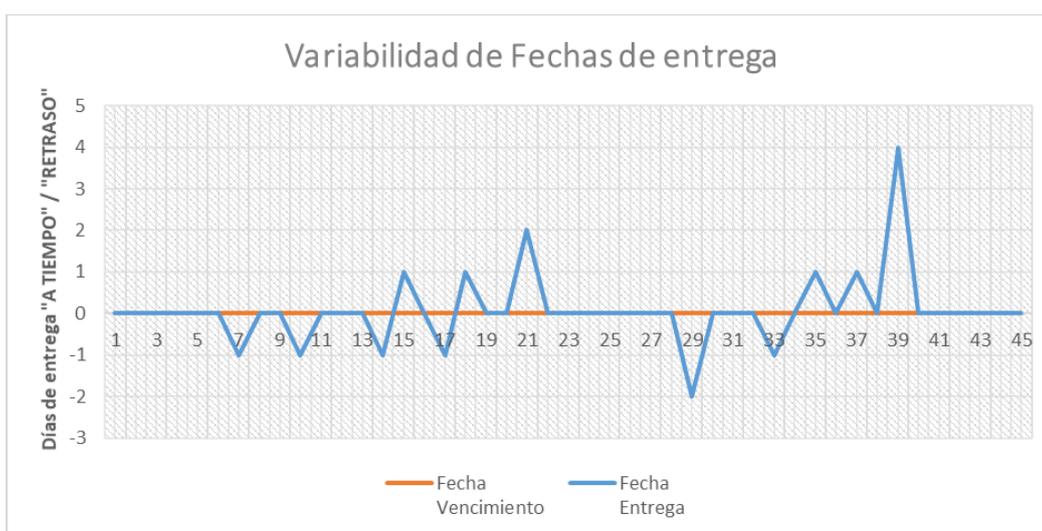


Figura 32. Variabilidad de entrega de las órdenes (junio – octubre)

Como se puede apreciar la variabilidad de las fechas de entrega ha disminuido en comparación al periodo anterior, siento este resultado positivo para el fin del desarrollo del proyecto de investigación.

Variabilidad de los plazos de entrega

A continuación, se muestran los plazos de entrega del periodo junio – octubre, los cuales se ven reflejados en la siguiente gráfica:

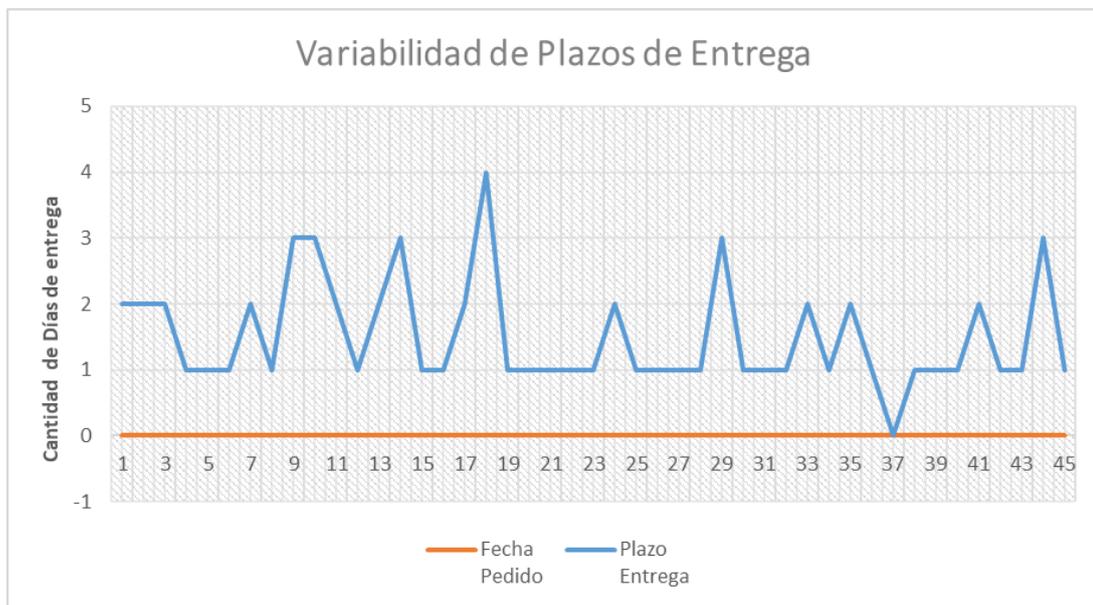


Figura 33. Variabilidad de Plazos de Entrega (junio – octubre)

Estos resultados son importantes, porque nos va a permitir determinar que, a pesar de que los plazos de entregas en este periodo han sido más cortos, implementando el sistema híbrido hemos incrementado las entregas a tiempo.

III. RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

En el análisis descriptivo realizaremos, gracias al software SPSS una descripción más detalladas de gracias a gráficos estadísticos de la situación antes y después de la implementación de la mejora, determinando así valores en los que “se incluyen medidas de posición como las medias aritmética, geométrica, armónica, ponderada, la moda y la mediana, y medidas de dispersión o variabilidad de la muestra como la varianza, la desviación típica y el coeficiente de variación” (Guisande González, Barreiro Felpeto y Vaamonde Liste, 2013, p. 21).

3.1.1 Eficiencia del sistema

Debido a que las órdenes siempre se cumplen, optaremos por no realizar mediciones de la eficacia del sistema, debido a que los valores tanto antes, así como después de la implementación de la mejora van a ser los mismos.

Partiremos entonces comparando la eficiencia del sistema entre ambos periodos, esta dimensión perteneciente a nuestra variable independiente es la que realmente nos asegurará de que estamos cumpliendo con el objetivo por el cual se realizó el estudio; para lo cual mostraremos en la siguiente tabla el procesamiento de datos realizados:

Tabla 25. *Resumen de procesamiento de datos para la Eficiencia*

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Eficiencia Antes	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%
Eficiencia Después	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%

Como podemos observar, la tabla indica la prueba realizadas a 45 órdenes de servicio del periodo enero-mayo del presente año, el cual corresponde al periodo antes de la implementación del sistema híbrido y 45 órdenes correspondientes al periodo junio-octubre que corresponde al periodo después de la implementación del sistema; notándose que el 100% de los datos fueron procesados con validez.

Pasamos al análisis descriptivo de la eficiencia en los dos periodos, el cual nos entrega el siguiente resultado:

Tabla 26. *Análisis descriptivo de la eficiencia, antes y después de la mejora*

		Estadístico
Eficiencia Antes	Media	,8584
	Mediana	1,0000
	Desv. Desviación	,38144
	Mínimo	,17
	Máximo	2,00
	Rango	1,83
	Asimetría	,202
	Curtosis	,497
Eficiencia Después	Media	1,0164
	Mediana	1,0000
	Desv. Desviación	,26564
	Mínimo	,33
	Máximo	2,00
	Rango	1,67
	Asimetría	,871
	Curtosis	4,653

Así, podemos decir que, el valor de la media de la eficacia antes de implementar el sistema era de 0.8584, y después 1.0164 lo cual nos indica que el promedio de los valores de eficiencia de las órdenes de servicio entregadas es mayor con respecto al periodo anterior, obteniendo una mejora del 18.4%. Del mismo modo obtuvimos una mejora en la desviación estándar al tener un valor de 0.265 con respecto al anterior que fue de 0.381, lo que es indicativo de que los valores de eficiencia de las órdenes entregadas están más cerca a la media muestral.

Por otra parte, los valores de asimetría y curtosis del periodo actual, siendo estos 0.871 y 4.653 respectivamente, fueron mayores con respecto al periodo anterior con 0.202 y 0.497 respectivamente, lo que es indicativo en el caso de la asimetría, de que la uniformidad de la distribución de los datos alrededor del punto central es mayor, esto tiene sentido ya que la media es ligeramente mayor a la mediana; y en el caso de curtosis que el nivel de concentración de datos en la región central es mayor.

Esto lo podremos visualizar mejor en los siguientes gráficos:

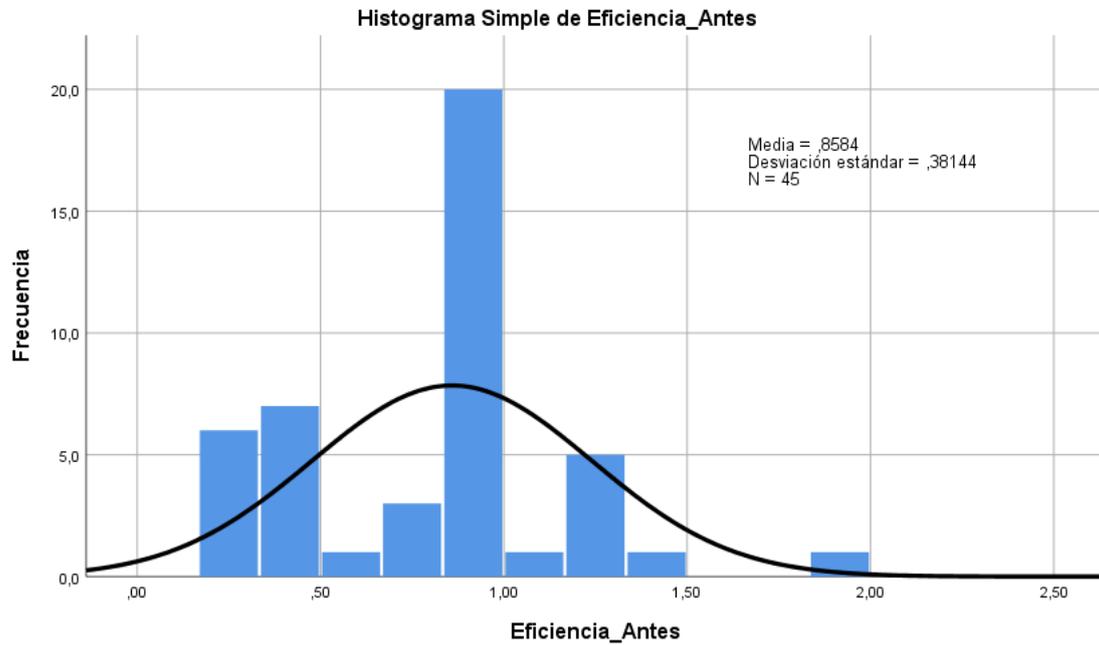


Figura 34. Curva normal de la eficiencia antes de la implementación.

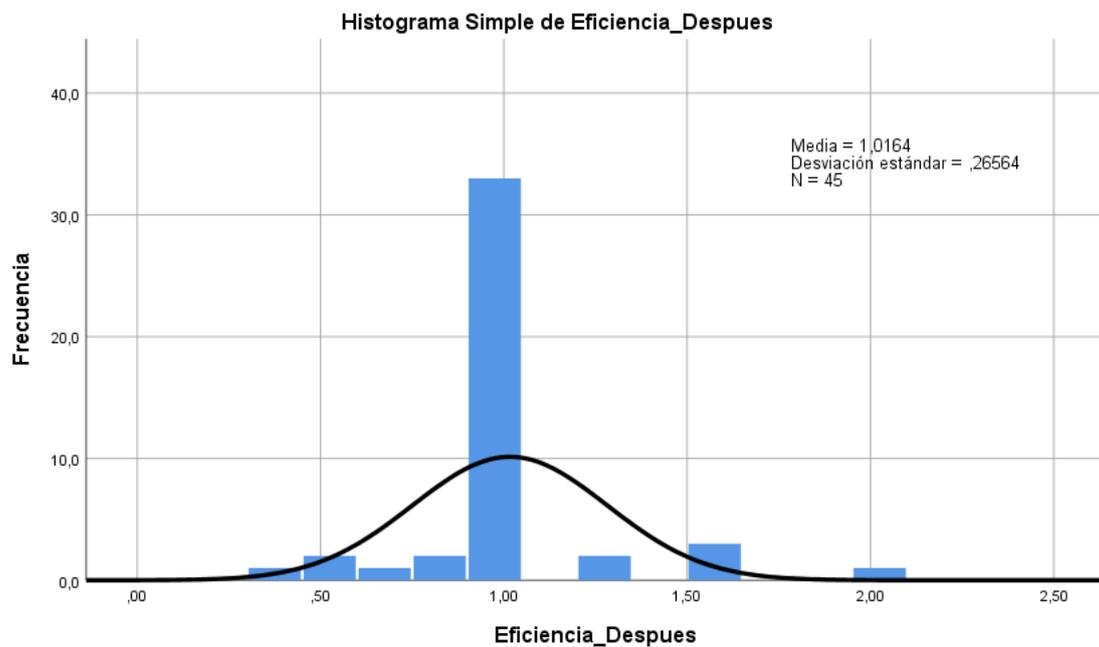


Figura 35. Curva normal de la eficiencia después de la implementación.

3.1.2 Entrega a tiempo

En el análisis descriptivo realizado a esta dimensión, perteneciente a la variable dependiente, pudimos observar lo que nos muestra las siguientes figuras a partir de las 45 órdenes analizadas:

Tabla 27. Resumen de procesamiento de datos para la Entrega a tiempo

	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Entrega a tiempo antes de la mejora	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%
Entrega a tiempo después de la mejora	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%

Tabla 28. Análisis descriptivo de la entrega a tiempo, antes y después de la mejora

Estadísticos		Entrega a tiempo antes de la mejora	Entrega a tiempo después de la mejora
N	Válido	45	45
	Perdidos	0	0
Media		,60	,87
Mediana		1,00	1,00
Moda		1	1
Desv. Desviación		,495	,344
Asimetría		-,422	-2,232
Curtosis		-1,908	3,120
Rango		1	1
Mínimo		0	0
Máximo		1	1

Como podemos observar en las tablas anteriores, las 45 órdenes analizadas, el valor de la media de la dimensión “entrega a tiempo” antes de implementar el sistema era de 0.6, y después de 0.8667 lo cual nos indica que el promedio de los valores de entrega a tiempo de las órdenes de servicio es mayor con respecto al periodo anterior, obteniendo una mejora del 44.4%. Así mismo, obtuvimos una mejora en la desviación estándar al tener un resultado de 0.343 con respecto al anterior que fue de 0.495, lo que es indicativo de que los valores de entrega a tiempo de las órdenes están más cerca a la media muestral.

Los valores de asimetría y curtosis del periodo actual, siendo estos -2.232 y 3.12 respectivamente, fueron diferentes con respecto al periodo anterior con -0.422 y -1.908 respectivamente, lo que es indicativo en el caso de la asimetría, de que la uniformidad de la distribución de los datos alrededor del punto central es mayor, esto tiene sentido ya que la media es menor a la mediana; y en el caso de curtosis que el nivel de concentración de datos en la región central es mayor. Esto lo veremos reflejados en los gráficos que presentamos a continuación:

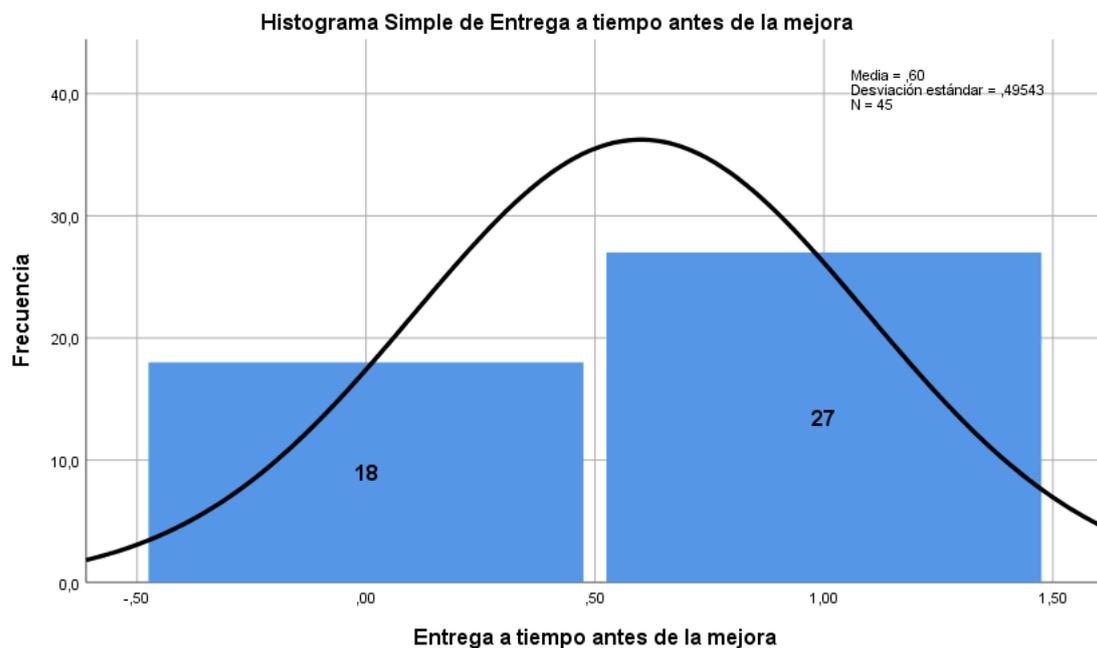


Figura 36. Curva normal de la entrega a tiempo antes de la implementación

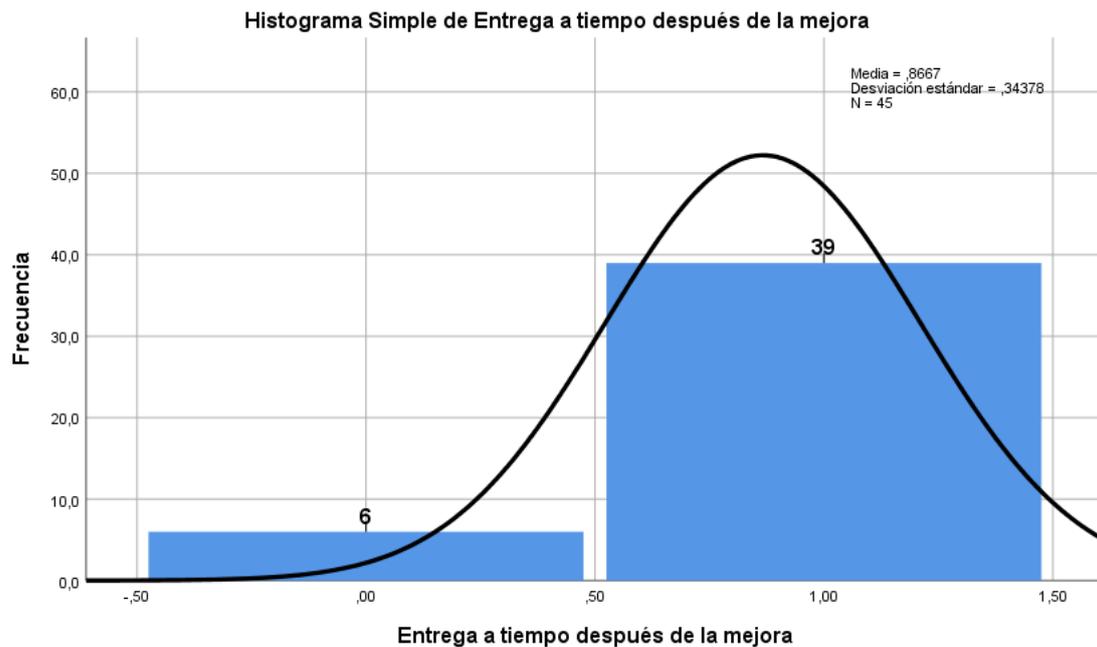


Figura 37. Curva normal de la entrega a tiempo después de la implementación

3.1.3 Variabilidad de la entrega

En esta dimensión, correspondiente a la variable dependiente, pudimos conseguir los siguientes resultados, por la cantidad de muestra contrastada en los dos periodos:

Tabla 29. Análisis descriptivo de la Variabilidad de entrega, antes y después de la mejora

		Variabilidad de la entrega antes de la mejora	Variabilidad de la entrega después de la mejora
N	Válido	45	45
	Perdidos	0	0
Media		-,5111	,6667
Mediana		1,0000	1,0000
Moda		1,00	1,00
Desv. Desviación		3,05720	1,44600
Asimetría		-,568	-2,213
Curtosis		-,328	5,483
Rango		13,00	8,00
Mínimo		-8,00	-5,00
Máximo		5,00	3,00

En la tabla anterior se puede apreciar que, de las 45 órdenes analizadas, el valor de la media para la dimensión variabilidad de la entrega antes de implementar el sistema era de -0.5111, y después de 0.6667 lo cual nos indica que el promedio de los valores de la variabilidad de entrega de las órdenes de servicio es mayor con respecto al periodo anterior, obteniendo una mejora del 30.46%. Así mismo, obtuvimos una mejora en la desviación estándar al tener un resultado de 1.446 con respecto al anterior que fue de 3.0572, lo que es indicativo de que los valores de la variabilidad de la entrega de las órdenes están más cerca a la media muestral.

Los valores de asimetría y curtosis del periodo actual, siendo estos -2.213 y 5.483 respectivamente, fueron diferentes con respecto al periodo anterior con -0.568 y -0.328 respectivamente, lo que es indicativo en el caso de la asimetría, de que la uniformidad de la distribución de los datos alrededor del punto central es mayor, esto tiene sentido ya que la media es menor a la mediana; y en el caso de curtosis que el nivel de concentración de datos en la región central es mayor.

Esto lo veremos reflejados en los gráficos que presentamos a continuación:

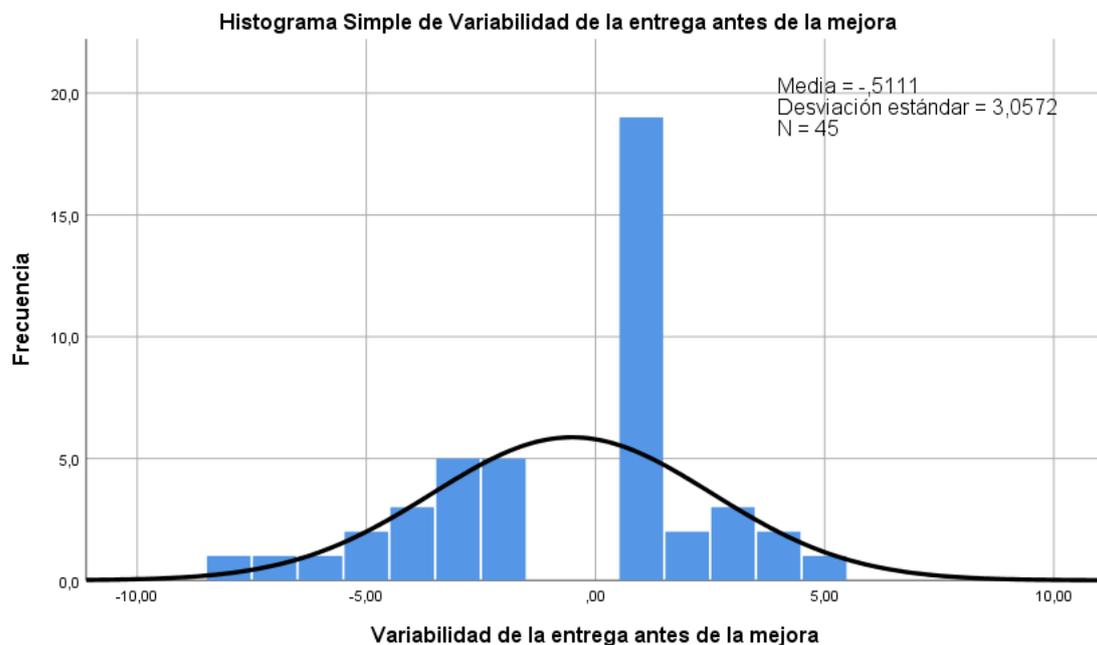


Figura 38. Curva normal de la Variabilidad de entrega antes de la implementación

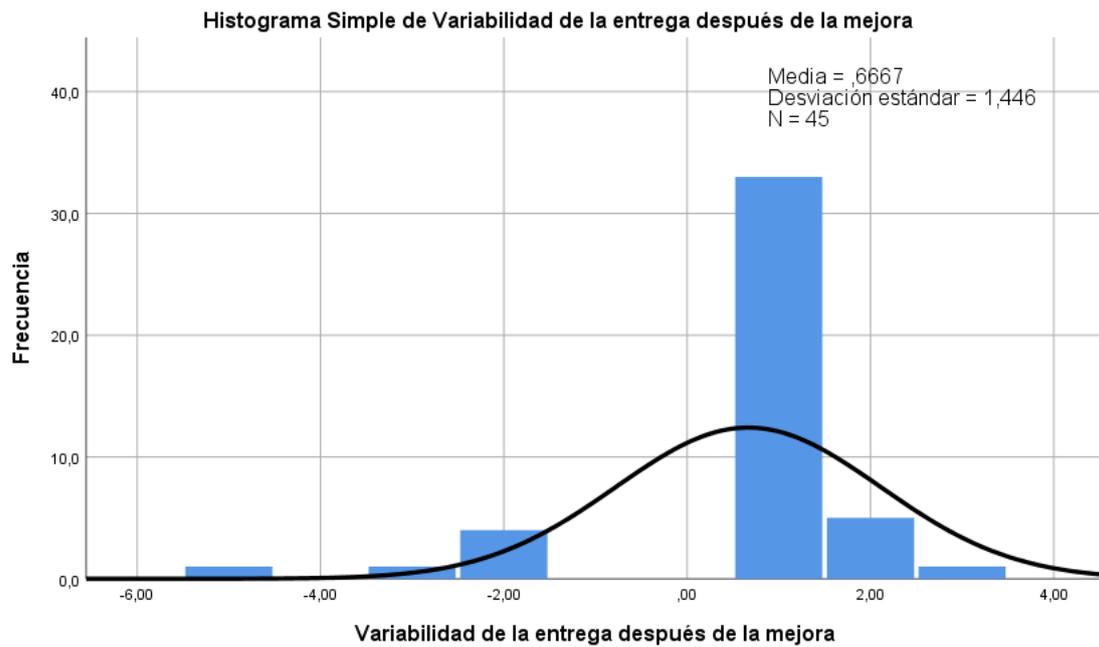


Figura 39. Curva normal de la Variabilidad de la entrega después de la implementación

3.1.4 Plazo de entrega

En esta dimensión, correspondiente a la variable dependiente, pudimos conseguir los siguientes resultados, por la cantidad de muestra contrastada en los dos periodos:

Tabla 30. Análisis descriptivo de los Plazos de entrega, antes y después de la mejora

		Plazo de entrega antes de la mejora	Plazo de entrega después de la mejora
N	Válido	45	45
	Perdidos	0	0
Media		4,9333	2,5111
Mediana		3,0000	2,0000
Moda		3,00	2,00
Desv. Desviación		4,24478	,81526
Asimetría		1,435	1,148
Curtosis		1,429	,949
Rango		17,00	4,00
Mínimo		1,00	1,00
Máximo		18,00	5,00

En la tabla anterior se puede apreciar que, de las 45 órdenes analizadas, el valor de la media para la dimensión plazo de entrega antes de implementar el sistema era de 4.933, y después de 2.511 lo cual nos indica que el promedio de los valores de la variabilidad de entrega de las órdenes de servicio es mayor con respecto al periodo anterior, obteniendo una mejora del 96.4%. Así mismo, obtuvimos una mejora en la desviación estándar al tener un resultado de 0.8152 con respecto al anterior que fue de 4.245, lo que es indicativo de que los valores de los plazos de entrega de las órdenes están más cerca a la media muestral.

Los valores de asimetría y curtosis del periodo actual, siendo estos 1.148 y 0.949 respectivamente, fueron diferentes con respecto al periodo anterior con 1.435 y 1.429 respectivamente, lo que es indicativo en el caso de la asimetría, de que la uniformidad de la distribución de los datos alrededor del punto central es menor, esto tiene sentido ya que la media es mayor a la mediana; y en el caso de curtosis que el nivel de concentración de datos en la región central es mayor.

Esto lo veremos reflejados en los gráficos que presentamos a continuación:

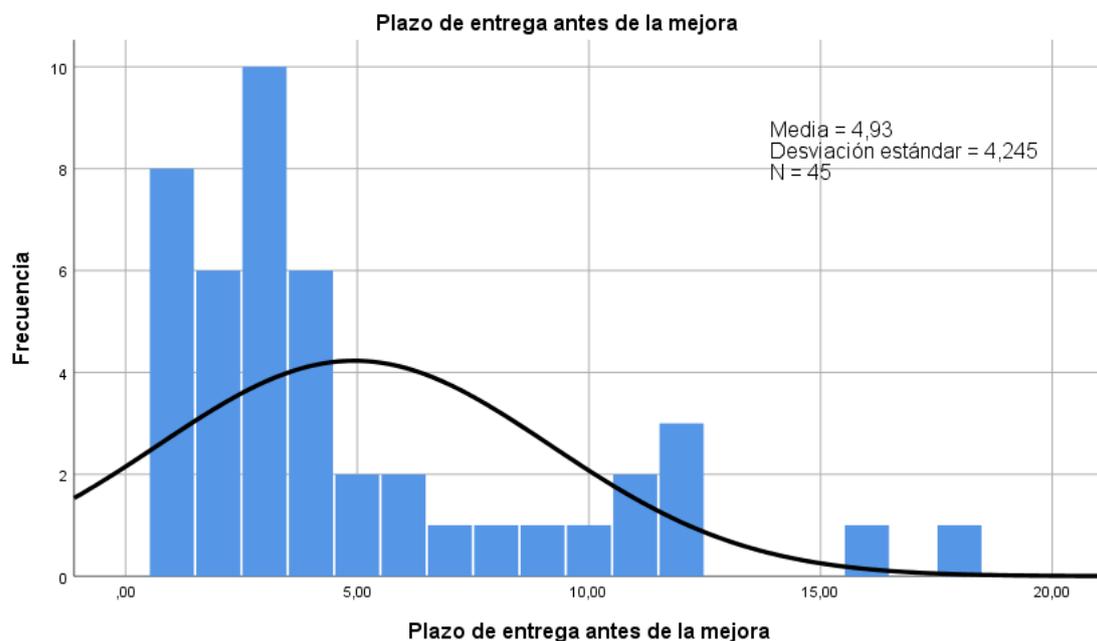


Figura 40. Curva normal de los Plazos de entrega antes de la implementación

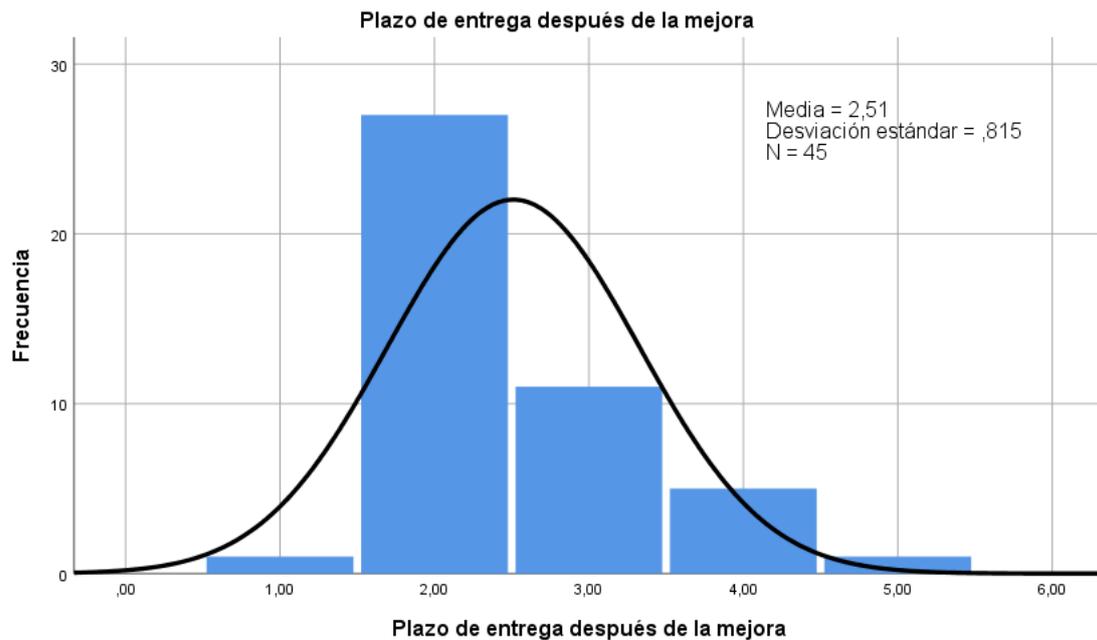


Figura 41. Curva normal de los Plazos de entrega después de la implementación

3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO INFERENCIAL

Como lo mencionan Spiegel y Stephens, si la muestra es una representación de la población que estamos estudiando, el análisis realizado nos permitirá deducir válidas deducciones de dicha población. Se le llama estadística inferencial a la parte estadística que se encarga de las condiciones bajo las cuales se validan estas inferencias. Para lo cual se emplea el lenguaje de la probabilidad ya que las inferencias no son ciertas en su totalidad (2009, p. 1).

En esta sección se presentará las pruebas de hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_a) contrastando las muestras de los dos periodos para así inferir conclusiones sobre la población que estamos estudiando.

Empezaremos analizando la hipótesis general así como también cada una de las hipótesis específicas, utilizando el estadígrafo de Shapiro Wilk que, como lo menciona Espejo Miranda et al. (2007), “El test de Shapiro–Wilk se comporta mejor cuando se tienen muestras pequeñas ($n \leq 50$), mientras que en otras situaciones se emplea el test de Kolmogorov–Smirnov–Lilliefors” (p. 122).

3.2.1 Análisis inferencial de la Hipótesis General

Partiremos por comprobar si los datos analizados son paramétricos o no paramétricos, para lo cual realizaremos la prueba de normalidad empleando el test de Shapiro Wilk y así obtener los valores de probabilidad de error de acuerdo al nivel de significancia.

El nivel de significancia como lo describe Triola (2018) es el “valor de probabilidad utilizado como punto de corte para determinar cuándo la evidencia muestral es suficientemente significativa contra la hipótesis nula [...], el nivel de significancia α es la probabilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula cuando es verdadera” (p. 361).

El valor del nivel de significancia típico o frecuentemente utilizado para α es de 0.05.

Para el contraste de la hipótesis general se aplicará la regla de decisión siguiente:

- Si $\rho > 0.05$ utilizaremos estadística paramétrica
- Si $\rho \leq 0.05$ utilizaremos estadística no paramétrica

Tabla 31. Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para la eficiencia

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia_Antes	,912	45	,002
Eficiencia_Despues	,713	45	,000

Como lo muestra la tabla, el valor de ρ en ambos periodos es menor a 0.05, teniendo para el primero periodo un valor de 0.002 y para el segundo periodo el valor de 0.000, lo que nos indica que tendremos que usar estadística no paramétrica, ya que no existe normalidad en los datos.

Cuando necesitamos comparar datos no paramétricos podremos utilizar la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, la cual es “Una prueba no paramétrica que utiliza rangos ordenados de datos muestrales consistentes en datos apareados. Se usa para probar las diferencias en las distribuciones poblacionales” (Triola, 2004, p. 651).

Contrastación de la hipótesis general

Para la hipótesis general, tenemos como hipótesis nula y alterna lo siguiente:

- H_0 = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO no mejorará los tiempos de entrega en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.
- H_a = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO mejorará los tiempos de entrega en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

La regla de decisión en este caso sería:

- H_0 = Eficiencia antes \geq Eficiencia después.
- H_a = Eficiencia antes $<$ Eficiencia después.

Tabla 32. Prueba de rangos con signos de Wilcoxon de la eficiencia, antes y después.

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Eficiencia_Despues -	Rangos negativos	9 ^a	11,89	107,00
Eficiencia_Antes	Rangos positivos	21 ^b	17,05	358,00
	Empates	15 ^c		
	Total	45		

a. Eficiencia_Despues < Eficiencia_Antes

b. Eficiencia_Despues > Eficiencia_Antes

c. Eficiencia_Despues = Eficiencia_Antes

Tabla 33. Comparación de las medias de la eficiencia antes y después

	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Eficiencia_Antes	45	,8584	,38144	,17	2,00
Eficiencia_Despues	45	1,0164	,26564	,33	2,00

De la tabla 24 podemos extraer que, la cantidad de diferencias de los rangos negativos del periodo actual tienen un valor de 9, así mismo los positivos un valor de 21 y los neutros o empate suman un total de 15. La tabla 25 nos muestra la comparación entre medias en la cual vemos que, con un valor de 1.0164 en el periodo después de la implementación se demuestra que la eficiencia ha tenido una mejora con respecto al periodo anterior.

Para poder confirmar el análisis realizado en las tablas anteriores, se procederá a evaluar el nivel de la significancia de los resultados con la prueba de Wilcoxon para la eficiencia en ambos periodos, utilizando la siguiente regla de decisión:

- Si el valor de $\rho \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.
- Si el valor de $\rho > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 34. Estadístico de prueba Wilcoxon para la Eficiencia

	Eficiencia_Despues - Eficiencia_Antes
Z	-2,591 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,010

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Como podemos apreciar en la tabla el valor de significancia es de 0.01 valor que es inferior a 0.05 por lo cual rechazamos la hipótesis nula y por ende aceptamos la hipótesis alterna de que la Implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejorará los tiempos de entrega en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

3.2.2 Análisis inferencial de la primera hipótesis específica

Similarmente al análisis realizado a la hipótesis general, para realizar el contraste de la primera hipótesis específica (H_1) se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $\rho > 0.05$ utilizaremos estadística paramétrica
- Si $\rho \leq 0.05$ utilizaremos estadística no paramétrica

Tabla 35. Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para la entrega a tiempo

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Entrega a tiempo antes de la mejora	,622	45	,000
Entrega a tiempo después de la mejora	,402	45	,000

Como podemos visualizar en la tabla anterior, el valor de ρ en ambos periodos es menor a 0.05, teniendo para ambos periodos un valor de 0.000, lo que nos indica que tendremos que usar estadística no paramétrica, ya que no existe normalidad en los datos. Lo que es indicativo de que usaremos Wilcoxon para contrastar los datos.

Contrastación de la primera hipótesis específica

Para la primera hipótesis específica, tenemos como hipótesis nula y alterna lo siguiente:

- H_0 = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO no mejorará la entrega a tiempo de las órdenes.
- H_1 = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO mejorará la entrega a tiempo de las órdenes.

La regla de decisión en este caso sería:

- H_0 = Entrega a tiempo antes \geq Entrega a tiempo después.
- H_1 = Entrega a tiempo antes $<$ Entrega a tiempo después.

Tabla 36. Prueba de rangos de Wilcoxon de la entrega a tiempo, antes y después.

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Entrega a tiempo después de la mejora - Entrega a tiempo antes de la mejora	Rangos negativos	4 ^a	10,50	42,00
	Rangos positivos	16 ^b	10,50	168,00
	Empates	25 ^c		
	Total	45		

- Entrega a tiempo después de la mejora $<$ Entrega a tiempo antes de la mejora
- Entrega a tiempo después de la mejora $>$ Entrega a tiempo antes de la mejora
- Entrega a tiempo después de la mejora $=$ Entrega a tiempo antes de la mejora

En la tabla de prueba de rangos podemos ver que, la cantidad de diferencias de los rangos negativos del periodo actual tienen un valor de 4, así mismo los positivos un valor de 16 y los neutros o empate suman un total de 25.

Tabla 37. Comparación de las medias de la entrega a tiempo, antes y después.

	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Entrega a tiempo antes de la mejora	45	,60	,495	0	1
Entrega a tiempo después de la mejora	45	,87	,344	0	1

La tabla anterior nos muestra la comparación entre medias en la cual vemos que, con un valor de 0.87 en el periodo después de la implementación se demuestra que la entrega tiempo ha tenido una mejora con respecto al periodo anterior.

Para poder confirmar el análisis realizado en las tablas anteriores, se procederá a evaluar el nivel de la significancia de los resultados con la prueba de Wilcoxon para la entrega a tiempo en ambos periodos, utilizando la siguiente regla de decisión:

- Si el valor de $\rho \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.
- Si el valor de $\rho > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 38. Estadístico de prueba Wilcoxon para la entrega a tiempo

Estadísticos de prueba ^a	
	Entrega a tiempo después de la mejora - Entrega a tiempo antes de la mejora
Z	-2,683 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,007

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Como podemos apreciar en la tabla el valor de significancia es 0.007 valor que es inferior a 0.05 por lo cual rechazamos la hipótesis nula y por consiguiente aceptamos la hipótesis alterna, siendo esta nuestra primera hipótesis específica, y demostrando que la Implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejorará la entrega a tiempo en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

3.2.3 *Análisis inferencial de la segunda hipótesis específica*

Para realizar el contraste de la segunda hipótesis específica (H_2) se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $\rho > 0.05$ utilizaremos estadística paramétrica
- Si $\rho \leq 0.05$ utilizaremos estadística no paramétrica

Tabla 39. Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para la variabilidad de la entrega

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variabilidad de la entrega antes de la mejora	,915	45	,003
Variabilidad de la entrega después de la mejora	,614	45	,000

Como podemos visualizar en la tabla de prueba de normalidad, el valor de ρ en ambos periodos es menor a 0.05, teniendo para el periodo anterior un valor de 0.003 y para el actual un valor de 0.000, lo que nos indica que tendremos que usar estadística no paramétrica, ya que no existe normalidad en los datos. Para lo cual, usaremos Wilcoxon para el contraste de datos.

Contrastación de la segunda hipótesis específica

Para la segunda hipótesis específica, tenemos como hipótesis nula y alterna lo siguiente:

- H_0 = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO no mejorará la variabilidad de entrega de las órdenes.
- H_2 = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO mejorará la variabilidad de la entrega de las órdenes.

La regla de decisión en este caso sería:

- H_0 = Variabilidad de entrega antes \geq Variabilidad de entrega después.
- H_2 = Variabilidad de entrega antes $<$ Variabilidad de entrega después.

Tabla 40. Prueba de rangos de Wilcoxon de la variabilidad de entrega, antes y después

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Variabilidad de la entrega después de la mejora -	Rangos negativos	10 ^a	9,20	92,00
Variabilidad de la entrega antes de la mejora	Rangos positivos	18 ^b	17,44	314,00
	Empates	17 ^c		
	Total	45		

a. Variabilidad de la entrega después de la mejora < Variabilidad de la entrega antes de la mejora

b. Variabilidad de la entrega después de la mejora > Variabilidad de la entrega antes de la mejora

c. Variabilidad de la entrega después de la mejora = Variabilidad de la entrega antes de la mejora

En la tabla de prueba de rangos podemos ver que, la cantidad de diferencias de los rangos negativos del periodo actual tienen un valor de 10, así mismo los positivos un valor de 18 y los neutros o empate suman un total de 17.

Tabla 41. Comparación de las medias de la variabilidad de la entrega, antes y después.

	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Variabilidad de la entrega antes de la mejora	45	-,5111	3,05720	-8,00	5,00
Variabilidad de la entrega después de la mejora	45	,6667	1,44600	-5,00	3,00

La tabla anterior nos muestra la comparación entre medias en la cual vemos que, con un valor de 0.6667 en el periodo después de la implementación se demuestra que la entrega tiempo ha tenido una mejora con respecto al periodo anterior. Analizando también la desviación estándar, valor importante para nuestro estudio, podemos observar que esta es menor con 1.446 en comparación con el periodo anterior con 3.0572 lo cual indica una mejora en la variabilidad.

Para poder confirmar el análisis realizado en las tablas anteriores, se procederá a evaluar el nivel de la significancia de los resultados con la prueba de Wilcoxon para la entrega a tiempo en ambos periodos, utilizando la siguiente regla de decisión:

- Si el valor de $\rho \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.
- Si el valor de $\rho > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 42. Estadístico de prueba Wilcoxon para la variabilidad de la entrega

Estadísticos de prueba^a	
	Variabilidad de la entrega después de la mejora - Variabilidad de la entrega antes de la mejora
Z	-2,540 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,011

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Como podemos apreciar en la tabla el valor de significancia es menos a 0.011 valor que es inferior a 0.05 por lo cual rechazamos la hipótesis nula y por consiguiente aceptamos la hipótesis alterna, siendo esta nuestra primera hipótesis específica, y demostrando que la Implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejorará la entrega a tiempo en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

3.2.4 Análisis inferencial de la tercera hipótesis específica

Similarmente al análisis realizado a la hipótesis general, para realizar el contraste de la primera hipótesis específica (H_1) se aplicará la siguiente regla de decisión:

- Si $\rho > 0.05$ utilizaremos estadística paramétrica
- Si $\rho \leq 0.05$ utilizaremos estadística no paramétrica

Tabla 43. Prueba de Normalidad Shapiro Wilk para los plazos de entrega

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Plazo de entrega antes de la mejora	,814	45	,000
Plazo de entrega después de la mejora	,763	45	,000

Como podemos visualizar en la tabla de prueba de normalidad, el valor de ρ en ambos periodos es inferior a 0.05, teniendo para ambos periodo un valor de 0.000, lo que es

indicativo que tendremos que usar estadística no paramétrica, ya que no existe normalidad en los datos. Para lo cual, usaremos Wilcoxon para el contraste de datos.

Contrastación de la tercera hipótesis específica

Para la tercera hipótesis específica, tenemos como hipótesis nula y alterna lo siguiente:

- H_0 = Implementar el sistema híbrido MTS / MTO no mejorará los plazos de entrega.
- H_3 = Implementar un sistema híbrido MTS / MTO mejorará los plazos de entrega.

La regla de decisión en este caso sería:

- H_0 = Plazo de entrega antes \geq Plazo de entrega después.
- H_3 = Plazo de entrega antes $<$ Plazo de entrega después.

Tabla 44. *Prueba de rangos de Wilcoxon de los plazos de entrega, antes y después*

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Plazo de entrega después de la mejora - Plazo de entrega antes de la mejora	Rangos negativos	27 ^a	22,33	603,00
	Rangos positivos	11 ^b	12,55	138,00
	Empates	7 ^c		
	Total	45		

a. Plazo de entrega después de la mejora $<$ Plazo de entrega antes de la mejora

b. Plazo de entrega después de la mejora $>$ Plazo de entrega antes de la mejora

c. Plazo de entrega después de la mejora = Plazo de entrega antes de la mejora

En la tabla de prueba de rangos podemos ver que, la cantidad de diferencias de los rangos negativos del periodo actual tienen un valor de 27, así mismo los positivos un valor de 11 y los neutros o empate suman un total de 7.

Tabla 45. *Comparación de las medias de los plazos de entrega, antes y después.*

	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Plazo de entrega antes de la mejora	45	4,9333	4,24478	1,00	18,00
Plazo de entrega después de la mejora	45	2,5111	,81526	1,00	5,00

La tabla anterior nos muestra la comparación entre medias en la cual vemos que, con un valor de 2.5 en el periodo después de la implementación se demuestra que los plazos de entrega han tenido una mejora con respecto al periodo anterior con 4.9.

Para poder confirmar el análisis realizado en las tablas anteriores, se procederá a evaluar el nivel de la significancia de los resultados con la prueba de Wilcoxon para los plazos de entrega en ambos periodos, utilizando la siguiente regla de decisión:

- Si el valor de $\rho \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.
- Si el valor de $\rho > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 46. Estadístico de prueba Wilcoxon para los plazos de entrega

Estadísticos de prueba^a	
	Plazo de entrega después de la mejora - Plazo de entrega antes de la mejora
Z	-3,411 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Como podemos apreciar en la tabla el valor de significancia es de 0.001 valor que es inferior a 0.05 por lo cual rechazamos la hipótesis nula y por consiguiente aceptamos la hipótesis alterna, siendo esta nuestra primera hipótesis específica, y demostrando que la Implementación de un sistema híbrido MTS / MTO mejorará los plazos de entrega en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

IV. DISCUSIÓN

4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado nuestro estudio se podrá comparar, a partir de los resultados encontrados, con otros autores los cuales también aplicaron el sistema híbrido MTS / MTO y los resultados que tuvieron.

Los resultados que obtuvimos, guardan relación con los estudios realizados por Beemsterboer, Land y Teunter (2015), Kalantari, Rabbani y Ebadian (2011), Jaramillo (2012).

Los resultados que obtuvieron en sus estudios demuestran la mejora en la eficiencia, la reducción de costos, etc.

Beemsterboer, Land y Teunter (2015) en “Planificación de producción híbrida MTO-MTS: un estudio exploratorio” demuestra que se pueden obtener beneficios de hasta un 65% de ahorro de costos en comparación con los métodos de planificación que priorizan MTO o MTS, y hasta un 25% si se compara con el mejor de los dos.

En la implementación de nuestro estudio, al igual que Beemsterboer pudimos obtener hasta un 66% de ahorros en penalidades por retrasos, lo que significa que también hubo una mejora sustancial al implementar el sistema híbrido.

Kalantari, Rabbani y Ebadian (2011) en “Un sistema de soporte de decisiones para la aceptación / rechazo de pedidos en sistemas híbridos de producción MTS / MTO” mencionan que, la mayoría de las empresas tienen que trabajar en un entorno híbrido MTS / MTO en la práctica para disminuir sus costos de producción y también mejorar su nivel de servicio al cliente. El control de producción y la programación de los pedidos aceptados se pueden llevar a cabo de manera más eficiente porque solo los pedidos que la empresa puede producir se consideran en el taller. Dado que la satisfacción de los clientes tiene un efecto importante en el éxito de la empresa, sugerimos diferentes atributos cuantitativos y cualitativos para la evaluación del cliente y luego priorizamos a los clientes.

En nuestro caso pudimos obtener resultados pudimos obtener un 95%, con respecto a la eficiencia, lo que significa un aumento del 10% teniendo como referencia el periodo

anterior. De esta manera podemos validar de que la implementación del sistema híbrido mejora la eficiencia en comparación con el sistema utilizado anteriormente.

Para Jaramillo (2012) en la tesis “Programación de un sistema de producción híbrido make to stock / make to order mediante un proceso analítico jerárquico de ordenación grupal (GAHPO)”, los requerimientos de cada mercado son distintos. Mientras para MTS el objetivo es mantener inventario suficiente para satisfacer la demanda, especialmente de los productos más importantes y que más contribución dejen, para MTO es cumplir con las fechas de entrega prometidas, dándole prioridad a los clientes y pedidos más importantes.

Evaluando la “entrega a tiempo” tenemos un incremento del 31% lo cual demuestra también una significativa mejora al implementar el sistema híbrido con respecto a esta dimensión.

V. CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIÓN GENERAL

De acuerdo al estudio realizado se pudo comprobar que la implementación del sistema híbrido MTS/MTO mejoró los tiempos de entrega para las carcacas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C, consiguiendo un aumento en la eficiencia, así como también una reducción en penalidades, entre otros beneficios económicos y no económicos que se han obtenido a lo largo de la implementación.

5.1.1 Conclusiones Específicas

Así mismo, se pudo demostrar de acuerdo a los resultados mostrados anteriormente que la implementación de sistema híbrido mejoró la entrega a tiempo de las órdenes de pedido para las carcacas de los equipos biométricos, teniendo como evidencias los datos estadísticos brindados por el software SPSS al analizar nuestra muestra.

Demostramos también que la implementación del sistema híbrido mejoró la variabilidad de la entrega para las carcacas de los equipos biométricos, tras el análisis de las 45 órdenes de servicio que se tomaron como muestra, observando que la variabilidad disminuyó si lo comparamos con el periodo en el que aún no se implementaba la mejora.

Por último, pudimos demostrar que, con respecto a los plazos de entrega, la implementación del sistema híbrido tiene un mejor desempeño, debido a que, a pesar de tener en el periodo junio-octubre plazos de entrega más cortos para las carcacas de los equipos biométricos, no se vio afectada la entrega a tiempo de las órdenes solicitadas, sino por lo contrario se obtuvo mejores resultados.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda, mantener periódicamente controlado el stock que se debe realizar para mantener funcionando el sistema híbrido MTS / MTO, debido a que en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C. la demanda es incierta y muy variable y conforme pasa el tiempo, podría aumentar o disminuir la cantidad de carcadas de terminales biométricos para poder atender las órdenes de servicio.

Por otra parte, se recomienda, para la evaluación de las futuras órdenes entrantes la participación de todas las áreas involucradas, para que de esta forma se puedan determinar de manera más exacta lo que el cliente requiere, y poder definir así los plazos de entrega con más coherencia, etc.

Así mismo, sería muy importante mantener actualizadas las herramientas de ingeniería utilizadas, con la cuales podremos, en futuras investigaciones, realizar mejoras en el sistema si este lo requiere.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARY, D., CHESER JACOBS, L. y SORENSEN, C., 2009. *Introduction to Research in Education*. 8va ed. Belmont: Wadsworth, Cengage Learning. ISBN 9780495601227.
- BACA URBINA, G., 2010. *Fundamentos de Ingeniería Económica*. 5ta Ed. Delegación Álvaro Obregón: McGRAW-HILL. ISBN 9786071505385.
- BEEEMSTERBOER, B., LAND, M. y TEUNTER, R., 2015. Hybrid MTO-MTS production planning: An explorative study. *European Journal of Operational Research* [en línea], vol. 248, no. 2, pp. 453–461. ISSN 03772217. DOI 10.1016/j.ejor.2015.07.037. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.037>.
- BEEEMSTERBOER, B., LAND, M., TEUNTER, R. y BOKHORST, J., 2017. Integrating make-to-order and make-to-stock in job shop control. *International Journal of Production Economics* [en línea], vol. 185, no. March 2016, pp. 1–10. ISSN 09255273. DOI 10.1016/j.ijpe.2016.12.015. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.002>.
- BERNAL, C., 2010. *Metología de la Investigación Científica*. 3ra Ed. Bogotá: Pearson. ISBN 978-958-699-128-5.
- BHUSHAN, N. y RAI, K., 2004. *Strategic Decision Making Applying the Analytic Hierarchy Process*. Bangalore, India: Springer. ISBN 1852337567.
- BLANK, L. y TARQUIN, A., 2006. *Ingeniería económica*. 6ta ed. Delegación Álvaro Obregón: McGRAW-HILL. ISBN 970-10-5608-6.
- BLANK, L. y TARQUIN, A., 2012. *Ingeniería económica*. 7ma Ed. Delegación Álvaro Obregón: McGRAW-HILL. ISBN 9786071507617.
- BLOG DE EAE BUSINESS SCHOOL, 2019a. Tipos de sistemas de producción industrial y sus características. *Retos en Supply Chain* [en línea]. [Consulta: 17 abril 2019]. Disponible en: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-de-sistemas-de-produccion-industrial-y-sus-caracteristicas/>.
- BLOG DE EAE BUSINESS SCHOOL, 2019b. Ventajas de reducir el lead time para la

empresa. *Retos en Supply Chain* [en línea]. [Consulta: 28 mayo 2019]. Disponible en: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/ventajas-de-reducir-el-lead-time-para-la-empresa/>.

BRUNELLI, M., 2014. *Introduction to the Analytic Hierarchy Process*. Aalto: SpringerBriefs in Operations Research. ISBN 9783319125015.

CANALES, F.H., ALVARADO, E.L. y PINEDA, E.B., 1994. Metodología de la investigación. Manual para el desarrollo de personal de salud. *Metodología de la investigación*, pp. 232.

CASAÑ, A., 2013. *LA DECISIÓN MULTICRITERIO; APLICACIÓN EN LA SELECCIÓN DE OFERTAS COMPETITIVAS EN EDIFICACIÓN*. S.l.: Universidad Politécnica Valencia.

CEGARRA SÁNCHEZ, J., 2004. *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica* [en línea]. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. ISBN 84-7978-624-8. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Metodología_de_la_investigación_cient.html?hl=es&id=8SA8KZyurk4C.

CHAPMAN, S.N., 2006. *Planificación Y Control De La Producción*. Atlacomulco, México: PEARSON EDUCACIÓN. ISBN 970260771X.

COLETTI ROMERO, E. y RIOJAS CAÑARI, A.C., 2018. Balance de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú. *Revista peruana de computación y sistemas*, vol. 1, no. 1, pp. 9. DOI 10.15381/rpcs.v1i1.14853.

CÓRDOVA ZAMORA, M., 2012. *Estadística descriptiva e inferencial* [en línea]. 5ta ed. S.l.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V. ISBN ISBN 978-607-15-0759-4. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Estadística+descriptiva+e+inferencial#2>.

DA SILVA, R., 2008. *Teorias de la administración* [en línea]. São Paulo: Pearson. ISBN 9788576050902. Disponible en: <http://www.fasam.edu.br/downloads/501acbcfa510f.pdf>.

ESPEJO MIRANDA, I., FERNÁNDEZ PALACÍN, F., LÓPEZ SÁNCHEZ, M.A., MUÑOZ MÁRQUEZ, M., RODRÍGUEZ CHÍA, A.M., SÁNCHEZ NAVAS, A. y VALERO

- FRANCO, C., 2007. *Inferencia Estadística (Teoría y Problemas)*. Cádiz: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. ISBN 9788498281316.
- GUERRINI, F.M., BELHOT, R.V. y AZZOLINI, W., 2014. *Planejamento e controle da produção: Projeto de operações e sistemas* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9788535268072. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901983000200011&lng=pt&tlng=pt.
- GUISANDE GONZÁLEZ, C., BARREIRO FELPETO, A. y VAAMONDE LISTE, A., 2013. *Tratamiento de Datos con R, STATISTICA y SPSS*. España: Diaz de Santos. ISBN 9788578110796.
- HAROLD, K., HEINZ, W. y MARK, C., 2012. *Administración una perspectiva global y empresarial*. México D.F.: s.n. ISBN 9786071507594.
- HEIZER, J. y RENDER, B., 2004. *Principios de Administración de Operaciones* [en línea]. 5ta Ed. Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. ISBN 970-26-0525-3. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/9781118785317.weom120027>.
- HEMMATI, S. y RABBANI, M., 2010. Make-to-order/make-to-stock partitioning decision using the analytic network process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 48, no. 5–8, pp. 801–813. ISSN 02683768. DOI 10.1007/s00170-009-2312-4.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2010. *Metología de Investigación*. 5ta ed. S.l.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ISBN 978-607-15-0291-9.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P., 2014. *Metodología de la Investigación*. 6ta ed. México D.F.: MCGRAW-HILL. ISBN 9781456223960.
- JANERT, P.K., 2013. *Introducing Control Theory to Enterprise Programmers*. S.l.: O'Reilly Media. ISBN 9781449361693.

- JARAMILLO, P.E., 2012. *Programación De Un Sistema De Producción Híbrido Make- To- Stock / Make-To-Order Mediante Un Proceso Analítico Jerárquico De Ordenación Grupal (Gahpo) Scheduling of a Hybrid Make-To-Stock / Make-To-Order Production System Through the Group Analytic Hiera*. S.l.: s.n.
- KALANTARI, M., RABBANI, M. y EBADIAN, M., 2011. A decision support system for order acceptance/rejection in hybrid MTS/MTO production systems. *Applied Mathematical Modelling* [en línea], vol. 35, no. 3, pp. 1363–1377. ISSN 0307904X. DOI 10.1016/j.apm.2010.09.015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2010.09.015>.
- KANDA, S., TAKAHASHI, K. y MORIKAWA, K., 2015. A Flexible Service Rule for the Dynamic Make-to-Stock/Make-to-order Hybrid Production System. *Procedia Manufacturing* [en línea], vol. 2, no. February, pp. 46–50. ISSN 23519789. DOI 10.1016/j.promfg.2015.07.009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.009>.
- KERKKÄNEN, A., 2007. Determining semi-finished products to be stocked when changing the MTS-MTO policy: Case of a steel mill. *International Journal of Production Economics*, vol. 108, no. 1–2, pp. 111–118. ISSN 09255273. DOI 10.1016/j.ijpe.2006.12.006.
- MAHARSHI, S., 2019. *Lean Problem Solving and QC Tools for Industrial Engineers*. 1ra Ed. New York: Taylor & Francis Group. ISBN 9781138338494.
- MANSILLA, J., 2016. *PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PINTADO DE BOBINAS DE ACERO DE LA EMPRESA PRECOR APLICANDO TPM* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621926>.
- MARKETS AND MARKETS, 2019. Mercado de control de acceso. *Mercado de control de acceso por componente (lectores basados en tarjetas de hardware, lectores biométricos, bloqueos electrónicos, controladores y software), servicio (instalación, mantenimiento y ACaaS), vertical y geografía: pronóstico global hasta 2* [en línea]. [Consulta: 12 abril 2019]. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/access-control-market->

164562182.html?gclid=CjwKEAiAjvrBBRDxm_nRusW3q1QSJAAzRI1t7gzilxzx.

PRADO, J.R., 1992. *La planeacion y el control de la produccion*. 1ra ed. Azcapolzalco: Universidad Autónoma Metropolilana. ISBN 9706201661.

QUISPE, C., 2017. *Aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) en la selección de un marco de referencia para gestionar los proyectos de una empresa consultora* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7264/Quispe_lc.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA DE ESPAÑA, 2014. Retroalimentación. *Real Academia de Ingeniería* [en línea]. [Consulta: 5 marzo 2020]. Disponible en: <http://diccionario.raing.es/es/lema/realimentación>.

SAATY, T. y VARGAS, L., 2012. *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* [en línea]. 2da ed. California: Spreinger. ISBN 9781461435969. Disponible en: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-98026-3.pdf#page=496%5Cnhttp://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-1-4614-3597-6.pdf>.

SCHONBERG, E., 2019. Eficiencia y eficacia, ¿cómo calcular sus valores? *Retos para ser directivo* [en línea]. [Consulta: 28 junio 2019]. Disponible en: <https://retos-directivos.eae.es/eficiencia-y-eficacia-como-calcular-sus-valores/>.

SOMAN, C.A., VAN DONK, D.P. y GAALMAN, G., 2004. Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system SOM-theme A: Primary processes within firms. , vol. 90, pp. 223–235.

SPIEGEL, M.R. y STEPHENS, L.J., 2009. *Estadística*. 4ta ed. Delegación Álvaro Obregón: The McGraw-Hill. ISBN 9789701068878.

TRIOLA, M.F., 2004. *Estadística*. 9na ed. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. ISBN 9702605199.

TRIOLA, M.F., 2018. *Estadística*. 12da ed. S.l.: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

ISBN 9786073243780.

ULRICK, K.T. y EPPINGER, S.D., 2009. *Diseño y desarrollo de productos*. 4ta. México D.F.: McGRAW-HILL. ISBN 9789701069363.

VALDERRAMA, S., 2013. *Pasos Para Elaborar Proyectos-de Investigacion Cientifica*. 2da Ed. Lima, Perú: San Marcos. ISBN 9786123028787.

VEGETTI, M., 2007. *Un modelo integrado para la representación de productos con estructuras complejas*. S.l.: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe.

VILLAREAL NAVARRO, J.E., 2013. *Ingeniería Económica*. Primera Ed. Bogotá: s.n. ISBN 9789586992626.

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 1 – Captura Feedback Studio Turnitin

exlumin.com/app/carta/en_us/?u=108892469&o=1210694415&c=8&lang=en_us&student_user=1

feedback studio Pedro García Torres | Implementación de un sistema de producción híbrido MTS – MTO para mejorar los tiempos de entrega de las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas In...



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Implementación de un sistema de producción híbrido MTS–MTO para mejorar los tiempos de entrega de las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

García Torres, Pedro Alexis (0000-0001-8707-4739)

1

2

I. INTRODUCCIÓN

Resumen del partido

21%

Actualmente viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Partidos	Porcentaje
1 Enviado a Universidad ... Papel del estudiante	6%
2 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de internet	4%
3 www.bdigital.unal.edu... Fuente de internet	1%
4 issuu.com Fuente de internet	1%
5 pt.scribd.com Fuente de internet	1%
6 www.scribd.com Fuente de internet	1%
7 clubensayos.com Fuente de internet	<1%

Informe de solo texto | Alta resolución

Página: 1 de 114 | Número de palabras: 22015

ANEXO N° 3 – Reporte Original

Implementación de un sistema de producción híbrido MTS–MTO para mejorar los tiempos de entrega de las carcasas de los equipos biométricos en la empresa Sistemas Inteligentes S.A.C.

ORIGINALITY REPORT



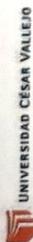
PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	6%
2	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	4%
3	www.bdigital.unal.edu.co Internet Source	1%
4	issuu.com Internet Source	1%
5	pt.scribd.com Internet Source	1%
6	www.scribd.com Internet Source	1%
7	clubensayos.com Internet Source	<1%
8	fr.slideshare.net Internet Source	<1%

ANEXO N° 4 – Acta interna de Lluvia de ideas para Formulación del problema

TEMA 1	CONFIRMACIÓN DE REQUERIMIENTOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso en la confirmación de los requerimientos de las órdenes • Plazos de entrega muy cortos
TEMA 2	CAMBIO DE REQUERIMIENTOS
	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de reproceso por los cambios • Cambios post entrega de terminales • Cambios pre entrega de terminales cuando la orden ya está en plena elaboración
TEMA 3	MATERIA PRIMA PARA ELABORACIÓN DE CARCASAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Stock interno de materia prima • Calidad de materia prima • Retraso en entrega de materia prima • Desabastecimiento de los proveedores de materia prima
TEMA 4	SUMINISTROS PARA ELABORACIÓN DE CARCASAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso en entrega de suministros • Entrega incompleta de los suministros solicitados • Desabastecimiento de los proveedores de materia prima
TEMA 5	EVALUACIÓN DE LAS ÓRDENES DE SERVICIO
	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de las áreas involucradas en la estimación de tiempos de entrega. • Evaluación de los requerimientos solicitados para las órdenes. • Toma de decisiones.
TEMA 6	MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Stock de repuestos para mantenimiento preventivo • Retraso en entrega de repuestos solicitados • Personal calificado para mantenimiento

ANEXO N° 5 – Validación por Juicio de Expertos 1



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema de producción Híbrido Dimensión 1: Eficacia del sistema de Producción Producción actual x 100 = % Producción planeada	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Tiempo de Ciclo de Producción Tiempo de entrega actual promedio x 100 = % Tiempo de entrega planeado	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempos de entrega Dimensión 1: Entrega a tiempo Número de órdenes despachadas a tiempo Órdenes a tiempo + órdenes tardías + órdenes anticipadas x 100%	SI	No	SI	No	SI	No	
	Dimensión 2: Variabilidad de la entrega $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ER_i - FE_i)^2}{n}}$	✓		✓		✓		
	Dimensión 3: Makespan $\sum_{j=1}^n t_{fj} - t_{lj}$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Drr/ Mgr: Diego Aparicio Guido Acuña DNI: 42203023

Especialidad del validador: Industria Textil

5 de 7 del 2018

Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

ANEXO N° 6 – Validación por Juicio de Expertos 2



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema de producción Híbrido Dimensión 1: Eficacia del sistema de Producción $\frac{\text{Producción actual}}{\text{Producción planeada}} \times 100 = \%$	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Tiempo de Ciclo de Producción $\frac{\text{Tiempo de entrega actual}}{\text{Tiempo de entrega planeado}} \times 100 = \%$	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempos de entrega Dimensión 1: Entrega a tiempo $\frac{\text{Número de órdenes despachadas a tiempo}}{\text{Órdenes a tiempo} + \text{órdenes tardías} + \text{órdenes anticipadas}} \times 100\%$	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Variabilidad de la entrega $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - F_i)^2}{n}}$	✓		✓		✓		
	Dimensión 3: Makespan $\sum_{j=1}^n t_{ij}$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

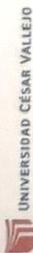
Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] No aplicable []
 Apellidos y nombres del juez validador: Dr.(Mg): MUNSIBAY MUNDA HANUEZ ALBERO DNI: 06185121
 Especialidad del validador: MAGISTER - INGENIERO INDUSTRIAL.

06 de 07 del 2019

 Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

ANEXO N° 7 – Validación por Juicio de Expertos 3



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE

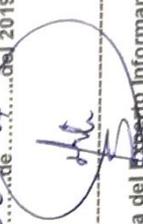
N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema de producción Híbrido Dimensión 1: Eficacia del sistema de Producción Producción actual x 100 = % Producción planeada	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: Tiempo de Ciclo de Producción Tiempo de entrega actual promedio x 100 = % Tiempo de entrega planeado	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempos de entrega Dimensión 1: Entrega a tiempo $\frac{\text{Número de órdenes despachadas a tiempo}}{\text{Órdenes a tiempo + órdenes tardías + órdenes anticipadas}} \times 100\%$ Dimensión 2: Variabilidad de la entrega $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ER_i - FE_i)^2}{n}}$ Dimensión 3: Makespan $\sum_{j=1}^n t_{ij}$	✓		✓		✓		
		✓		✓		✓		
		✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): NOY Suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Hinojosa Teodoro Luis Torales DNI: 15749357

Especialidad del validador: Experto en Gestión de Operaciones

06 de set del 2019

 Firma del Experto Informante.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constituido
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planeados son suficientes para medir la dimensión

ANEXO N° 8 – Registro de Órdenes de Servicio Enero - Mayo

OSI	Fecha OSI	CLIENTE	TERMINAL	TECNOLOGÍAS	Cant.	Fecha Pedido	Fecha Prometid	Prioridad	Fecha Entrega	Estado de Entrega
14088	10/04/19	SOCIOS EN SALUD SUCURSAL PERU	TX / Portátil	Huella / Proximidad / GPRS / TCP-IP / Wifi	2	27/04/19	30/04/19	ALTA	30/04/19	A TIEMPO
14147	20/05/19	TONFAY GROUP S.A.C.	TX	Huella / Proximidad / GPRS / Wifi	1	21/05/19	25/05/19	ALTA	25/05/19	A TIEMPO
14154	24/05/19	Programa de Compensaciones para la Competitividad	T6	Huella / Proximidad	1	27/05/19	28/05/19	ALTA	30/05/19	RETRASO
14127	06/05/19	GATE GOURMET PERÚ S.R.L.	TX / Portátil	Huella / Proximidad / Cámara / TCP-IP	1	07/05/19	10/05/19	ALTA	10/05/19	A TIEMPO
14088	10/04/19	SOCIOS EN SALUD SUCURSAL PERU	TX / Portátil	Huella / Proximidad / GPRS / TCP-IP / Wifi	2	11/04/19	20/04/19	ALTA	20/04/19	A TIEMPO
14123	03/05/19	INTERPAINTS S. A. C.	T6 / Fijo	Huella / Proximidad / DNI	2	08/05/19	10/05/19	ALTA	10/05/19	A TIEMPO
14109	23/04/19	OPERACIONES ARCOS DORADOS DE PERU S.A.	T6	Huella / Proximidad / TCP-IP	2	28/04/19	29/04/19	ALTA	30/04/19	RETRASO
14109	23/04/19	OPERACIONES ARCOS DORADOS DE PERU S.A.	T6	/ Proximidad	2	14/05/19	14/05/19	ALTA	17/05/19	RETRASO
14084	09/04/19	SENASA	TX / Fijo	Huella / Proximidad / DNI / DNI-e / GPRS / TCP-IP	5	09/04/19	12/04/19	ALTA	12/04/19	A TIEMPO
14105	22/04/19	T & C REPRESENTACIONES S R LTDA - MANJAR MUSA	T6	Huella / Proximidad / TCP-IP	1	22/04/19	30/04/19	ALTA	28/04/19	ADELANTO
14089	10/04/19	SOCIOS EN SALUD SUCURSAL PERU	T6 / Fijo	Huella / Proximidad / TCP-IP	2	20/04/19	30/04/19	ALTA	28/04/19	ADELANTO
14088	10/04/19	SOCIOS EN SALUD SUCURSAL PERU	T6 / Fijo	Huella / Proximidad / TCP-IP	1	20/04/19	30/04/19	ALTA	28/04/19	ADELANTO
14091	12/04/19	AUSTRAL GROUP	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP	4	12/04/19	12/04/19	ALTA	12/04/19	A TIEMPO
14047	25/03/19	INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A.	TX	/ Proximidad	4	08/04/19	15/04/19	ALTA	14/04/19	ADELANTO
14038	15/03/19	ANABI S.A.C.	TX / Fijo	Huella / Proximidad / TCP-IP	11	15/03/19	30/03/19	MEDIA	30/03/19	A TIEMPO
14029	12/03/19	COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.	Capturador Huella	Huella	1	13/03/19	15/03/19	ALTA	15/03/19	A TIEMPO
14029	12/03/19	COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.	Expansora	/ Proximidad	4	20/03/19	25/03/19	ALTA	25/03/19	A TIEMPO
14034	13/03/19	MORAN DISTRIBUCIONES S. A.	T6	Huella / Proximidad / DNI	1	15/03/19	16/03/19	ALTA	15/03/19	ADELANTO
14058	26/03/19	TEJIDOS JORGITO S R L	T6	/ Proximidad	1	28/03/19	29/03/19	MEDIA	29/03/19	A TIEMPO
14029	12/03/19	COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.	T6	/ Proximidad	4	13/03/19	15/03/19	ALTA	15/03/19	A TIEMPO
14064	28/03/19	LABORATORIOS BIOMONT S.A.	T6	Huella / Proximidad / DNI	1	28/03/19	02/04/19	ALTA	02/04/19	A TIEMPO
13757	20/03/19	TAGUMEDICA S.A.C.	TX / Portátil	/ Proximidad / DNI / TCP-IP	1	21/03/19	25/03/19	ALTA	25/03/19	A TIEMPO
14029	12/03/19	COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.	TX	Huella / Proximidad / Cámara / TCP-IP	12	13/03/19	15/03/19	ALTA	19/03/19	RETRASO
14029	12/03/19	COMPAÑÍA MINERA ARGENTUM S.A.	TX	Huella / Proximidad / Cámara / TCP-IP	4	13/03/19	15/03/19	ALTA	19/03/19	RETRASO
14003	01/03/19	Apdayc	TX / Fijo	Huella / Proximidad / DNI	1	04/03/19	06/03/19	ALTA	06/03/19	A TIEMPO
12560	01/03/19	JRC INGENIERIA	T6 IP55 / Fijo	Huella / Proximidad	1	06/03/19	06/03/19	ALTA	07/03/19	RETRASO
14004	01/03/19	MANTENIMIENTO Y SUPERVISION S.A.	TX / Portátil	Huella / Proximidad / GPRS / TCP-IP	2	04/03/19	15/03/19	MEDIA	12/03/19	ADELANTO
14004	01/03/19	MANTENIMIENTO Y SUPERVISION S.A.	Capturador Huella	Huella	1	04/03/19	15/03/19	MEDIA	12/03/19	ADELANTO
14006	04/03/19	PERU OFFSET EDITORES E I R L	T6	Huella / Proximidad	2	04/03/19	15/03/19	MEDIA	11/03/19	ADELANTO
13527	25/02/19	RENZO COSTA S.A.C.	T6	Huella / Proximidad	2	26/02/19	28/02/19	ALTA	28/02/19	A TIEMPO
13987	20/02/19	HITSS PERU S.A.C.	T6	Huella / Proximidad	2	21/02/19	22/02/19	MEDIA	24/02/19	RETRASO
13981	19/02/19	MISION CEMENT. CATOLI. PARQUE DEL RECUERDO	T6	Huella / Proximidad	1	19/02/19	25/02/19	MEDIA	25/02/19	A TIEMPO
13901	08/02/19	Yamaha Motor del Perú S.A	T6 / Fijo	Huella / Proximidad	8	08/02/19	10/02/19	MEDIA	17/02/19	RETRASO
13820	07/02/19	Panamerican Silver S.A.C.	Capturador Huella	Huella	1	07/02/19	10/02/19	ALTA	10/02/19	A TIEMPO
13820	07/02/19	Panamerican Silver S.A.C.	TX / Fijo	Huella / Proximidad / Cámara	8	07/02/19	10/02/19	ALTA	11/02/19	RETRASO
13820	07/02/19	Panamerican Silver S.A.C.	TX / Fijo	Huella / Proximidad / Cámara / Refrigerio	4	07/02/19	10/02/19	ALTA	12/02/19	RETRASO
13869	15/02/19	SUNASS	TX / Fijo	Huella / Proximidad / TCP-IP / 2 Pulsadores / Wifi	1	15/02/19	15/02/19	ALTA	15/02/19	A TIEMPO
13859	08/02/19	INCIMMET S.A.	TX / Fijo	/ Proximidad / DNI / GPRS / TCP-IP / Wifi	1	08/02/19	08/02/19	BAJA	10/02/19	RETRASO
13965	06/02/19	INCIMMET S.A.	T6 / Fijo	/ Proximidad / TCP-IP	1	06/02/19	06/02/19	ALTA	11/02/19	RETRASO
13857	28/01/19	KOMATSU MITSUI MAQUINARIAS PERU S.A.	T6 IP55 / Portátil	Huella / Proximidad / USB	4	05/02/19	05/02/19	MEDIA	08/02/19	RETRASO
13839	07/01/19	TERMINAL PORTUARIO PARACAS	T6	Huella / Proximidad / DNI	2	13/02/19	13/02/19	ALTA	14/02/19	RETRASO
13910	11/01/19	APDAYC	TX / Fijo	Huella / Proximidad / DNI	2	11/01/19	28/01/19	BAJA	29/01/19	RETRASO
13886	18/01/19	Asociación TECSUP	T6 IP55 / Protector	/ Proximidad	2	18/01/19	20/01/19	ALTA	23/01/19	RETRASO
13904	09/01/19	Newport Capital S.A.C.	T6 / Fijo	/ Proximidad / Barra	1	09/01/19	11/01/19	BAJA	13/01/19	RETRASO
13907	09/01/19	Jevans y Asociados S.A.C.	T6 / Fijo	Huella / Proximidad	6	09/01/19	10/01/19	BAJA	16/01/19	RETRASO
TOTAL EQUIPOS ENTREGADOS					123					

ANEXO N° 9 – Registro de Órdenes de Servicio Junio – Octubre

OSI	Fecha OSI	CLIENTE	TERMINAL	TECNOLOGÍAS	Cant.	Fecha Pedido	Fecha Vencimiento	Prioridad	Fecha Entrega	Estado de Entrega
14375	29/10/19	MINISTERIO DE JUSTICIA - DERECHOS HUMANOS	TX	Huella / Proximidad / DNI / DNI-e	3	29/10/19	31/10/19	ALTA	01/11/19	RETRASO
14364	22/10/19	IDEAS TEXTILES	T6	/ Mantenimiento	1	22/10/19	24/10/19	ALTA	24/10/19	A TIEMPO
14363	22/10/19	SAN ROQUE S.A.	TX	Huella / Proximidad	2	22/10/19	24/10/19	ALTA	24/10/19	A TIEMPO
14342	04/10/19	CHR HANSEN S.A.	TX	Huella / Proximidad / DNI / TCP-IP	2	04/10/19	05/10/19	ALTA	05/10/19	A TIEMPO
14344	04/10/19	RENZO COSTA S.A.	T6	Huella / Proximidad	2	04/10/19	05/10/19	ALTA	05/10/19	A TIEMPO
14343	04/10/19	RENZO COSTA S.A.	T6	Huella / Proximidad	2	04/10/19	05/10/19	ALTA	05/10/19	A TIEMPO
14332	25/09/19	ANDDES ASOCIADOS SAC	T6	/ Proximidad / TCP-IP	1	25/09/19	27/09/19	ALTA	26/09/19	ADELANTO
14320	17/09/19	MIITSUI AUTOMOTRIZ S.A.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP / Wifi	1	17/09/19	18/09/19	ALTA	18/09/19	A TIEMPO
14312	10/09/19	NEWPORT CAPITAL SAC	TX	Huella / Proximidad	1	10/09/19	13/09/19	ALTA	13/09/19	A TIEMPO
14307	09/09/19	ECOPACKING CLAMSHELLS S.A.	TX	Huella / Proximidad / GPRS / TCP-IP / Wifi	1	09/09/19	12/09/19	ALTA	11/09/19	ADELANTO
14334	30/09/19	CORPAC S.A.	TX	Huella / Proximidad / DNI / DNI-e / Cámara / TCP-IP	2	30/09/19	02/10/19	ALTA	02/10/19	A TIEMPO
14313	10/09/19	CORPAC S.A.	T6	/ Mantenimiento	1	10/09/19	11/09/19	ALTA	11/09/19	A TIEMPO
14294	02/09/19	TRANSFORMACIONES METAL MECÁNICA S.A.	TX	Huella / Proximidad / DNI / Cámara / GPRS / TCP-IP / 2 Pulsadores / Wifi	2	02/09/19	04/09/19	ALTA	04/09/19	A TIEMPO
14295	02/09/19	PURE BIOFUELS DEL PERU S.A.C.	T6	Huella / Proximidad	1	03/09/19	06/09/19	ALTA	05/09/19	ADELANTO
14301	06/09/19	RENZO COSTA S.A.C.	T6	/ Mantenimiento	3	06/09/19	07/09/19	ALTA	08/09/19	RETRASO
14306	09/09/19	MORAN DISTRIBUCIONES S.A.	T6	/ Mantenimiento	1	09/09/19	10/09/19	ALTA	10/09/19	A TIEMPO
14262	12/08/19	SOCIOS EN SALUD SUCURSAL PERU	TX / Portatil	Huella / Proximidad / GPRS / TCP-IP	1	12/08/19	14/08/19	ALTA	13/08/19	ADELANTO
14273	15/08/19	CORPAC S.A.	TX	Huella / Proximidad / DNI / DNI-e / Cámara / TCP-IP / USB / Wifi	10	15/08/19	19/08/19	ALTA	20/08/19	RETRASO
14258	08/08/19	ADIDAS PERU SAC	T6	Huella / Proximidad	2	08/08/19	09/08/19	MEDIA	09/08/19	A TIEMPO
14250	31/07/19	GEOSERVICE AMBIENTAL S.A.C.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP / Wifi	2	31/07/19	01/08/19	ALTA	01/08/19	A TIEMPO
14245	26/07/19	PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.	TX	Huella / Proximidad / Cámara / TCP-IP	1	26/07/19	27/07/19	ALTA	29/07/19	RETRASO
14251	01/08/19	ESSALUD LA OROYA	T6	/ Mantenimiento	2	01/08/19	02/08/19	ALTA	02/08/19	A TIEMPO
14230	18/07/19	CONTE GROUP S.A.C.	T6	/ Proximidad	2	18/07/19	19/07/19	MEDIA	19/07/19	A TIEMPO
14217	08/07/19	PACKPLAST S.A.C.	T6	Huella / Proximidad	1	08/07/19	10/07/19	ALTA	10/07/19	A TIEMPO
14215	08/07/19	J.B. NEGOCIOS Y SOLUCIONES EMPRESARIALES S.R.L.	TX	Huella / Proximidad / DNI / Cámara / TCP-IP / Wifi	2	08/07/19	09/07/19	ALTA	09/07/19	A TIEMPO
14200	26/06/19	ARDILES IMPORT S.A.C.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP / Refrigerio	1	26/06/19	27/06/19	ALTA	27/06/19	A TIEMPO
13747	11/06/19	TAGUMEDICA	TX / Portatil	/ Proximidad / DNI / TCP-IP / Wifi	1	11/06/19	12/06/19	ALTA	12/06/19	A TIEMPO
14169	10/06/19	PERUANA DE MOLDEADOS S.A.	T6	Huella / Proximidad / TCP-IP / Refrigerio	1	10/06/19	11/06/19	ALTA	11/06/19	A TIEMPO
14210	01/07/19	HELLMANN WORLDWIDE LOGISTICS S.A.C.	T6	Huella / Proximidad	2	01/07/19	04/07/19	MEDIA	02/07/19	ADELANTO
14212	03/07/19	Bombonería Di Perugia Sac	T6	Huella / Proximidad	2	03/07/19	04/07/19	MEDIA	04/07/19	A TIEMPO
14182	01/07/19	HLC INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC	TX	/ Proximidad / DNI / Cámara / GPRS	3	01/07/19	02/07/19	MEDIA	02/07/19	A TIEMPO
14182	01/07/19	HLC INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC	TX / Portatil	/ Proximidad / DNI / Cámara / GPRS / 2 Pulsadores	2	01/07/19	02/07/19	ALTA	02/07/19	A TIEMPO
14183	19/06/19	PERUANA DE MOLDEADOS S.A.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP / Refrigerio	2	19/06/19	21/06/19	MEDIA	20/06/19	ADELANTO
14211	02/07/19	REFORESTADORA INCA S.A. REFINCA	TX / Portatil	/ Proximidad / DNI / Cámara / GPRS	1	02/07/19	03/07/19	MEDIA	03/07/19	A TIEMPO
14199	25/06/19	ESSALUD - ALMENARA	T6	/ Mantenimiento	6	25/06/19	27/06/19	MEDIA	28/06/19	RETRASO
14195	24/06/19	REFORESTADORA INCA S.A. REFINCA	TX / Portatil	/ Proximidad / DNI / Cámara / GPRS	1	24/06/19	25/06/19	ALTA	25/06/19	A TIEMPO
14188	21/06/19	CLÍNICA JAVIER PRADO S.A.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP / Wifi	2	21/06/19	21/06/19	ALTA	22/06/19	RETRASO
14185	20/06/19	INVERSIONES MAMAY E.I.R.L.	T6	/ Proximidad / DNI	1	20/06/19	21/06/19	ALTA	21/06/19	A TIEMPO
14181	17/06/19	OSINFOR	T6	/ Mantenimiento	3	17/06/19	18/06/19	ALTA	22/06/19	RETRASO
14167	07/06/19	MORAN DISTRIBUCIONES S. A	T6	/ Mantenimiento	1	07/06/19	08/06/19	BAJA	08/06/19	A TIEMPO
14162	05/06/19	ECOPACKING CLAMSHELLS S.A.	TX	/ Proximidad / DNI / Cámara / GPRS / TCP-IP / Wifi	1	05/06/19	07/06/19	ALTA	07/06/19	A TIEMPO
14164	07/06/19	TAGUMEDICA S.A.C.	TX / Portatil	/ Proximidad / DNI / TCP-IP / Wifi	2	07/06/19	08/06/19	MEDIA	08/06/19	A TIEMPO
14165	07/06/19	ANDDES ASOCIADOS S.A.C.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP	2	07/06/19	08/06/19	ALTA	08/06/19	A TIEMPO
14165	07/06/19	ANDDES ASOCIADOS S.A.C.	T6	Huella / Proximidad / TCP-IP	2	07/06/19	10/06/19	BAJA	10/06/19	A TIEMPO
14038	04/06/19	ANABI S.A.C.	TX	Huella / Proximidad / TCP-IP	3	04/06/19	05/06/19	ALTA	05/06/19	A TIEMPO
TOTAL EQUIPOS ENTREGADOS					88					

ANEXO N° 10 – Cronograma de Implementación

Cronograma de implementación del Sistema Híbrido MTS-MTO																																											
Etapa	Fases	Actividades	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Setiembre				Octubre				Obs.
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
PRE TEST	Fase 1: Observación	Reconocimiento del entorno laboral																																									
		Dialogo con los colaboradores del área a mejorar																																									
		Recopilación de Información																																									
	Fase 2: Diagnóstico del problema	Indetificación del problema																																									
		Análisis del problema																																									
		Recopilación de datos de las órdenes de servicio																																									
		Evaluación de la situación actual																																									
		Hipótesis y alternativas de solución																																									
		Estudio de la solución elegida																																									
		Pruebas de la solución elegida																																									
		Resultados previos de prueba realizada																																									
POST TEST	Fase 3: Implementación	Solicitud de autorización para iniciar la implementación																																									
		Paso 1: Estandarización en el diseño del producto (Modular)																																									
		Paso 2: Pronóstico de la demanda (Stock)																																									
		Paso 3: Elaboración del sistema de priorización (AHP)																																									
		Gestión de requerimientos (materia prima y suministros)																																									
		Paso 4:	Seguimiento y control de la implementación																																								
			Recopilación de datos de las órdenes de servicio																																								
	Evaluación de la implementación de la mejora																																										
	Fase 4: Resultados	Análisis estadístico																																									
		Análisis de resultados																																									
Informes sobre resultados obtenidos																																											

ANEXO N° 11 – Lista de precios de terminales biométricos

Equipo T6 (TC/IP)	precio	Equipo T10 (TC/IP y WIFI)	precio
Proximidad		Proximidad	
Barra		Barra	
Huella		Huella	
Dni		Dni	
Camara		Camara	
Proximidad + barra		Proximidad + barra	
Proximidad + Huella		Proximidad + Huella	
Proximidad + DNI		Proximidad + DNI	
Proximidad + camara		Proximidad + camara	
Barra + Huella		Barra + Huella	
Barra + dni		Barra + dni	
Barra + camara		Barra + camara	
Huella + dni		Huella + dni	
Huella + camara		Huella + camara	
Dni + camara		Dni + camara	
Proximidad + barra + huella		Proximidad + barra + huella	
Proximidad + barra + dni		Proximidad + barra + dni	
Proximidad + barra + camara		Proximidad + barra + camara	
Barra + huella + dni		Barra + huella + dni	
Barra + huella + camara		Barra + huella + camara	
barra + dni + camara		barra + dni + camara	
Proximidad + barra + huella + dni		Proximidad + barra + huella + dni	
Proximidad + barra + huella + camara		Proximidad + barra + huella + camara	
Proximidad + barra + huella + dni + camara		Proximidad + barra + huella + dni + camara	

NOTA: Los equipos T10 pueden tener GPRS y se sumaran 100 dolares mas

Los equipos T6 pueden ser con chasis ip y se sumaran 100 dolares mas

ANEXO N° 12 – Evidencias de Implementación (elaboración de stock)





