



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ingeniería
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

**Desarrollo de proyecto de mejora en proceso de
manejo de entrada de órdenes de venta para
empresa enfocada a soluciones de electrificación
localizada en San Luis Potosí, S.L.P.**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestro en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

Ixchel Cristina Yunge Charqueño

Asesor:

Dr. Héctor Méndez Azúa

San Luis Potosí, S. L. P.

Junio de 2025



18 de julio de 2024

**ING. IXCHEL CRISTINA YUNGE CHARQUEÑO
P R E S E N T E.**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el **Dr. Héctor Méndez Azúa**, Asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestra en Planeación Estratégica e Innovación**, me es grato comunicarle que en la sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 18 de julio del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"Proyecto de mejora al proceso de manejo de entrada de órdenes de venta para una empresa enfocada a soluciones de electrificación localizada en San Luis Potosí, S.L.P."

Introducción.

1. Estudio de la problemática en el proceso de manejo de entrada de órdenes de venta.
 2. Desarrollo de proyecto de mejora al proceso de manejo de órdenes de venta.
 3. Implementación de la propuesta y análisis de resultados.
- Conclusiones.
Referencias.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

A T E N T A M E N T E

DR. EMILIO JORGE GONZÁLEZ GALVÁN
DIRECTOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
Área de Investigación y Estudios de Posgrado

DECLARACIÓN

El presente trabajo que lleva por título:

Desarrollo de proyecto de mejora en proceso de manejo de entrada de órdenes de venta para empresa enfocada a soluciones de electrificación localizada en San Luis Potosí, S.L.P.

se realizó en el periodo agosto de 2021 a diciembre de 2024 bajo la dirección del Dr. **Héctor Méndez Azúa**.

Originalidad

Por este medio aseguro que he realizado el trabajo reportado, y la escritura de este documento de **tesis** para fines académicos sin ayuda indebida de terceros y sin utilizar otros medios más que los indicados.

Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este trabajo escrito y asume la responsabilidad total del mismo.

Este trabajo no ha sido sometido como tesis o trabajo terminal a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total, exceptuando el caso cuando existe un convenio específico de doble titulación celebrado entre ambas instituciones.

Se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento para fines académicos.

El autor del trabajo escrito, **Ing. Ixchel Cristina Yunge Charqueño**

A mi mamá, por estar siempre a mi lado durante este proceso.

Gracias por tu apoyo incondicional.

A mi esposo, por su apoyo constante.

A mi papá, por su ejemplo y confianza.

A mi hermano, por estar siempre presente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al Dr. Héctor Méndez Azúa, mi asesor, por su guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para este trabajo.

Al Mtro. Jorge Zazueta, de la Facultad de Economía, por su valiosa enseñanza en la minería de datos.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, especialmente al área de Posgrado, por brindarme las herramientas académicas y el espacio para crecer profesional y personalmente.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se trata la problemática actual alrededor del proceso de manejo de órdenes de venta en una empresa enfocada a soluciones de electrificación. El objetivo principal busca mejorar la eficiencia del proceso reduciendo a un promedio de un día para ingresar y confirmar una orden de venta. Los beneficios alcanzados con la aplicación de la metodología desarrollada se encuentran en la mejora de la satisfacción del cliente y la reducción del número de quejas asociadas a la tardanza del proceso de entrada de órdenes de venta. La importancia de este trabajo radica en la posibilidad de extender el proceso de análisis desarrollado para la mejora de procesos en otras aplicaciones relacionadas con procesos de levantamiento de órdenes de venta. Para el desarrollo de la metodología, se abordan diferentes herramientas para la mejora de procesos y se enfatiza la importancia de procesos enfocados a las necesidades del cliente.

Palabras clave: Servicio al cliente, órdenes de venta, mejora de procesos.

ABSTRACT

This research deals with the current problems around the process of handling sales orders in a company focused on electrification solutions. The main aim is to improve the efficiency of the process by reducing to an average of one day to enter and confirm a sales order. The benefits achieved with the application of the developed method are in the improvement of customer satisfaction and the reduction of the number of complaints associated with the delay in the sales order entry process. The importance of this work lies in the possibility of extending the analysis process developed for process improvement in other applications related to sales order lifting processes. For the development of the method, different tools for process improvement are addressed and the importance of processes focused on the needs of the client is emphasized.

Keywords: *customer support, sales order, process improvement.*

Contenido

Introducción	1
1. Estudio de la problemática en el proceso de manejo de entrada de órdenes de venta	2
1.1. Antecedentes	3
1.2. Problemática.....	5
1.3. Alcance y limitaciones	9
1.4. Justificación	10
1.5. Objetivos e hipótesis	11
1.5.1. Objetivo General	11
1.5.2. Objetivos específicos.....	11
1.5.3. Hipótesis.....	12
1.6. Marco teórico	12
2. Desarrollo de proyecto de mejora en proceso de manejo de órdenes de venta.....	27
2.1. Planteamiento metodológico.....	28
2.2. Metodología Propuesta	30
2.2.1. Fase I: Definición del proyecto de mejora en la empresa.....	32
2.2.2. Fase II: Medición de datos.....	33
2.2.3. Fase III: Análisis.....	37
2.2.4. Fase IV: Diseño de mejoras	38
2.2.5. Fase V: Implementación.....	40
2.2.6. Fase VI: Control	41
2.3. Selección de herramientas	43
2.4. Indicadores para evaluar la metodología propuesta.....	44
2.5. Plan de Implementación	45
3. Implementación de la propuesta y análisis de resultados	47
3.1. Fase I: Definición del proyecto de mejora en la empresa	48
3.1.1. Carta del proyecto.....	48
3.2. Fase II: Medición de datos	50
3.2.1. Recolección y medición de datos	50
3.2.2. Prueba para la Aplicación de técnicas estadísticas a los datos	52
3.2.3. Mapeo de Proceso.....	59
3.2.4. Análisis de modo de falla y efecto.....	60
3.3. Fase III: Análisis	66
3.3.1. Análisis de causa raíz	66
3.3.2. Modelización	84

3.4. Fase IV.- Diseño de Mejoras.....	88
3.4.1. Herramientas Seis Sigma.....	88
3.4.2. Sistema de empuje	88
3.4.3. Análisis de valor agregado contra no valor agregado.....	90
3.5. Fase V Implementación en el proceso	94
3.5.1. Actualización de proceso.....	94
3.5.2. Entrenamiento a representantes de ventas	95
3.5.3. Revisión, actualización y control de indicadores.	96
3.6. Fase VI Control.....	98
3.6.1. Control estadístico de proceso.....	98
Conclusiones.....	101
Referencias	103

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de proceso de entrada de órdenes de venta.....	6
Figura 2: Proceso de manufactura: órdenes con aprobación de cliente	7
Figura 3: Simulación de Eventos	14
Figura 4: Nivel de Madurez	17
Figura 5: Gestión de proyectos.....	18
Figura 6: Diagrama SIPOC	22
Figura 7: Procedimiento específico para la aplicación del método DACUM.....	25
Figura 8: Inventario de conocimiento	26
Figura 9: Diagrama de Ishikawa del problema planteado “Proceso de Ordenes dura 6 días”	29
Figura 10: Propuesta metodológica para el proyecto de mejora de entrada de órdenes de venta..	31
Figura 11: Ejemplo de carta proyecto extraído de negocio a estudiar	33
Figura 12: Análisis Seis sigma,	35
Figura 13: Tabla AMEF,	36
Figura 14: Carta de control extraída de Gryna, Chua, & Defeo, 2007.....	42
Figura 15: Herramientas usadas en las etapas de la Metodología.....	44
Figura 16: Plan de Implementación	45
Figura 17: Acta de Proyecto.....	49
Figura 18: Reporte usado para extraer las órdenes de venta	51
Figura 19: Información estadística preliminar periodo 2018-2020.....	52
Figura 20: Histograma mostrando la mediana de los datos 2018-2020	54
Figura 21: Informe de resumen de orden periodo 2018-2020.....	55
Figura 22: Información estadística preliminar periodo 2021-2022.....	56
Figura 23: Histograma mostrando la mediana de los datos 2020-2022	57
Figura 24: Informe de resumen de orden periodo 2021-2022.....	58
Figura 25: Etapas del proceso AMEF	61
Figura 26: Diagrama de Pareto: defectos en el proceso de órdenes	65
Figura 27: Diagrama de Pareto: defectos tomando en cuenta sólo modo de falla "orden tarda más de 1 día en ingresarse".....	65
Figura 28: Diagrama de causa efecto	66
Figura 29: Gráfica de probabilidad región Este	71
Figura 30: Gráfica de probabilidad región Oeste	72
Figura 31: Prueba de igualdad de varianzas: Región Este, Región Oeste.....	73
Figura 32: Desviación Estándar VS Intervalos de Confianza	77
Figura 33: Gráfica de cantidad de órdenes ingresadas en cada uno de los meses del año	78
Figura 34: Clasificación de medias, muestra X2.....	81
Figura 35: Modelo de regresión logística en Orange	85
Figura 36: Ejemplo de predicciones de algunas órdenes	85
Figura 37: Modelo de regresión logística con evaluación y variables relevantes.....	86

Figura 38: Evaluación del modelo de regresión logística86

Figura 39: Matriz de confusión87

Figura 40: Relevancia de variables en Orange.....87

Figura 41: Tiempo ciclo, proceso de manejo de órdenes de venta92

Figura 42: Tiempo ciclo sin retrabajos.....93

Figura 43: Proceso de manejo de órdenes de venta con diseños de mejora.....94

Figura 44: Lista de SharePoint97

Figura 45: Gráfica Xbarra de Días.98

Figura 46: Informe de Resumen de Orden 2022-2024.....99

Índice de Tablas

Tabla 1: Cantidad de órdenes recibidas en 2020 & 2021 en el segundo cuarto.....	4
Tabla 2: Relación entre áreas de proceso y nivel de madurez	17
Tabla 3: Organización de grupos experimentales	29
Tabla 4: Tabla de ponderación para jerarquización de variables.	30
Tabla 5: Plan de recolección de datos	34
Tabla 6: Plan de recolección de datos.	51
Tabla 7: Q1 en datos.....	53
Tabla 8: Tabla de datos mostrando tercer cuartil	54
Tabla 9: Datos de la muestra resumidos 2018-2020	56
Tabla 10: Datos de la muestra resumidos 2021-2022	58
Tabla 11: Diagrama SIPOC, proceso de entrada de órdenes	60
Tabla 12: Severidad adaptada a la triple restricción de Administración de Proyectos	62
Tabla 13: Escala de ocurrencia.....	63
Tabla 14: Rango de detección	64
Tabla 15: Extracto AMEF	64
Tabla 16: Plan de pruebas	69
Tabla 17: Método para prueba de varianzas, prueba X1 variable 1	72
Tabla 18: Método Levene, prueba X1 variable 1	73
Tabla 19: Estadísticas descriptivas.....	74
Tabla 20: Estimación de la diferencia	74
Tabla 21: Método de Mann-Whitney	74
Tabla 22: Resumen de resultados de pruebas con 2 muestras.....	75
Tabla 23: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar	76
Tabla 24: Pruebas de varianzas prueba X2	77
Tabla 25: Cantidad de órdenes ingresadas en cada uno de los meses del año	78
Tabla 26: Estadísticas descriptivas.....	79
Tabla 27: Prueba de Kruskal-Wallis, prueba X3.....	81
Tabla 28: Intervalos de Bonferroni	82
Tabla 29: Prueba de Levene X4	82
Tabla 30: Clasificación de medias prueba X4.....	82
Tabla 31: Prueba de Kruskal Wallis X4.....	83
Tabla 32: Conclusiones pruebas “Xs”	83
Tabla 33: Clasificación de procesamiento de órdenes de venta.....	91
Tabla 34: Tiempo de ciclos de órdenes	92
Tabla 35: Proyectos de mejora propuestos para reducir tiempo en cada una de las actividades ...	93
Tabla 36: Característica en la modelización vs la característica en SharePoint.....	97

Introducción

El presente trabajo se llevó a cabo en un ambiente de servicio al cliente dentro del sector eléctrico, el cual, recibe ordenes diariamente que necesitan atención y ser confirmadas a la brevedad posible lo cual requiere que cada vez más las empresas tengan procesos automáticos y documentados.

En el entorno empresarial actual, el éxito de una compañía se fundamenta en su capacidad para retener clientes, y para lograrlo, las empresas deben ofrecer una experiencia satisfactoria. En la gestión de órdenes de venta, es común que las empresas enfrenten desafíos en el servicio al cliente, como consultas sobre el estado de las ordenes, pedidos extraviados en el sistema o confirmaciones de órdenes no enviadas.

Esta tesis se centra en mejorar el proceso de entrada de ordenes en una fábrica especializada en productos eléctricos, con el objetivo principal de reducir significativamente el tiempo de procesamiento de las órdenes. En el contexto actual de la industria eléctrica, la eficiencia en la gestión de órdenes de actuadores y reconectores, juega un papel importante para satisfacer la creciente demanda del mercado.

La investigación se enfocará en identificar los puntos críticos del proceso actual de entrada de órdenes, proponer mejoras significativas que permitan acortar los tiempos de procesamiento y confirmación, y evaluar la viabilidad y efectividad de estas mejoras en un entorno industrial real, a través de un enfoque sistemático y analítico, se buscará no solo reducir los tiempos de respuesta, si no también mejorar la eficiencia general del proceso operativo en la fábrica.

1. Estudio de la problemática en el proceso de manejo de entrada de órdenes de venta

1.1.Antecedentes

El éxito de una compañía actualmente se basa en su capacidad de retención de clientes. La retención de un cliente se puede definir como la disposición de este por una compañía con repetidas compras. Para poder tener retención de clientes, las empresas deben de proveer una experiencia grata al cliente (Putra Barusman & Putri Rulian, 2020)

La retención del cliente puede ser en gran parte influenciada por la satisfacción del cliente. De acuerdo con Putra y Putri (2020), la satisfacción del cliente está definida como el resultado de una evaluación cognitiva y afectiva, en donde las expectativas estándar son comparadas con el desempeño actual percibido. Un servicio al cliente eficiente se traduce en lo que el cliente quiere, priorizarlo y entregarlo mejor de lo esperado y de la competencia (Hallam Smith, 2003).

Un servicio al cliente eficiente se enfoca en la entrega del servicio con responsabilidad, eficiencia y valor por el dinero (Hallam Smith, 2003). En el área de manejo de órdenes de ventas, es usual que las empresas tengan problemas de servicio al cliente: correos y llamadas de los clientes preguntando por la información de sus órdenes, pedidos perdidos a través del sistema, confirmaciones de órdenes sin enviar, etc. De acuerdo con Crowley (1999) en su artículo “Orden, ¿qué orden?” una compañía que no entienda la importancia del servicio al cliente, puede que no sobreviva.

Este trabajo trata sobre la problemática de servicios a cliente en una planta para electrificación ubicada en la ciudad de San Luis Potosí, México. Se pretende desarrollar una propuesta para la mejora en la atención de órdenes con un enfoque basado en la innovación y la eficiencia. A continuación, se presenta el caso que se aborda en esta tesis.

En la unidad de negocios dedicada a productos eléctricos para intemperie se ingresan en promedio un total de 4.88 millones de dólares al mes. Estas órdenes tienen que ser revisadas contra la cotización, validadas, procesadas y transmitidas. Este proceso es conocido como manejo de órdenes de venta, que al inicio de este trabajo tardaba, en promedio, 6 días naturales lo cual no es lo deseado para la empresa porque se considera muy tardado, por lo que se establece la meta de reducir la duración de ingreso de orden a 1 día en promedio.

Una compra de un producto en el negocio de electrificación empieza con una orden de venta, que es proporcionada por un representante de ventas a través del sistema del negocio. Una

vez que el negocio la recibe, se procesa a través del sistema perteneciente a Estados Unidos para posteriormente pasar la orden de venta a México y programarla en el plan de producción.

El cliente requiere un proceso de entrada de órdenes eficiente y eficaz. Si el tiempo de entrada de una orden dura un día, los demás procesos arrancan, una vez que la orden está programada y el gerente de proyectos confirma la orden el mismo día, por lo que la satisfacción del cliente es mayor.

Un proceso de entrada de orden que dure más de un día retrasa los procesos y la confirmación para el cliente no sale a tiempo por lo que puede generar insatisfacción. Una entrada de órdenes con defectos puede afectar consecuentemente el producto final, generando problemas de calidad y quejas con el cliente.

Para el caso particular de la empresa, se pretende que la mejora del proceso ayude a mejorar la percepción de la empresa con el cliente. Como se muestra en la Tabla 1, el aumento de órdenes respecto al 2020 con el 2021 ha sido del 24% por lo que la cantidad de órdenes de venta ingresadas mes con mes va creciendo y la necesidad de una entrada de órdenes rápida diaria es crucial.

*Tabla 1: Cantidad de órdenes recibidas en 2020 & 2021 en el segundo cuarto.
Fuente: elaboración propia*

	Cuarto 2 2020	Cuarto 2 2021	Cambio		
			US\$	Local	Comparable
Ordenes Grupo	6,054.00	7,989.00	32%	24%	24%
Electrificación	2,737.00	3,693.00	35%	28%	28%
Movimiento	1,586.00	1,947.00	23%	16%	16%
Automatización	1,305.00	1,555.00	19%	11%	11%
Robótica y Automatización discreta	638.00	968.00	52%	41%	41%
Corporativo y otros	(212.00)	(174.00)			

El objetivo del negocio es obtener crecimiento rentable mediante la penetración en el mercado de productos con especificaciones acorde a ANSI (Instituto de Estándares Nacionales Americano) y NEMA (Asociación Nacional Eléctrica Manufacturera) para Estados Unidos, Canadá y México. Actualmente, el área de negocio se ha expandido a más plantas tanto dentro del país como en Estados Unidos, las cuales, trabajan en conjunto con San Luis Potosí como proveedores.

El interés que motivó a desarrollar este trabajo de tesis es producto de los resultados poco favorecedores del proceso que actualmente se tiene con la entrada de órdenes de venta. Los días

promedio que se muestran actualmente en el proceso de entrada de órdenes es de 6 días. Esto implica una semana agregada al tiempo estándar del producto además de una mala imagen con el cliente.

Se desea reducir el tiempo de entrada de órdenes al índice deseable para favorecer el tiempo de confirmación de una orden, que el tiempo de proceso de orden no afecte a los otros procesos y se alcance una mejora del proceso, buscando una reducción de quejas a cliente.

1.2.Problemática

En los últimos tres años, la producción de unidades hechas al día empezó a aumentar debido a que la demanda del cliente creció proporcionalmente. El tiempo de entrada de órdenes real dura una media de 6 días en procesarse y, por lo tanto, confirmarse.

El proceso de manufactura de los productos empieza con la entrada de una orden de venta en la que revisan varias entradas de información: número de orden de compra, precio, número de cliente, términos de pago, términos de embarque, número de material, cantidad de unidades, etc. Posteriormente se procesa dentro del sistema de planificación de recursos empresariales de Estados Unidos donde automáticamente se crea una requisición de compra a México. El planificador maestro recibe la orden y la planifica dentro del programa de producción.

En la Figura 1 se observa que la entrada de órdenes empieza con el cliente colocando una orden de compra, posteriormente un representante de ventas se encarga de ingresar toda la información en el sistema de la empresa. Una vez que la empresa la recibe, el tiempo de entrega del producto empieza a correr, el área encargada de manejo de órdenes es responsable de revisarla, rechazarla y mandar corregir con el responsable de propuestas o representante de ventas, procesarla e informar a las áreas operativas como lo son: ingeniería y el planeador de producción. Las semanas en las que se programen dependerá del tipo de orden que se ingresó.

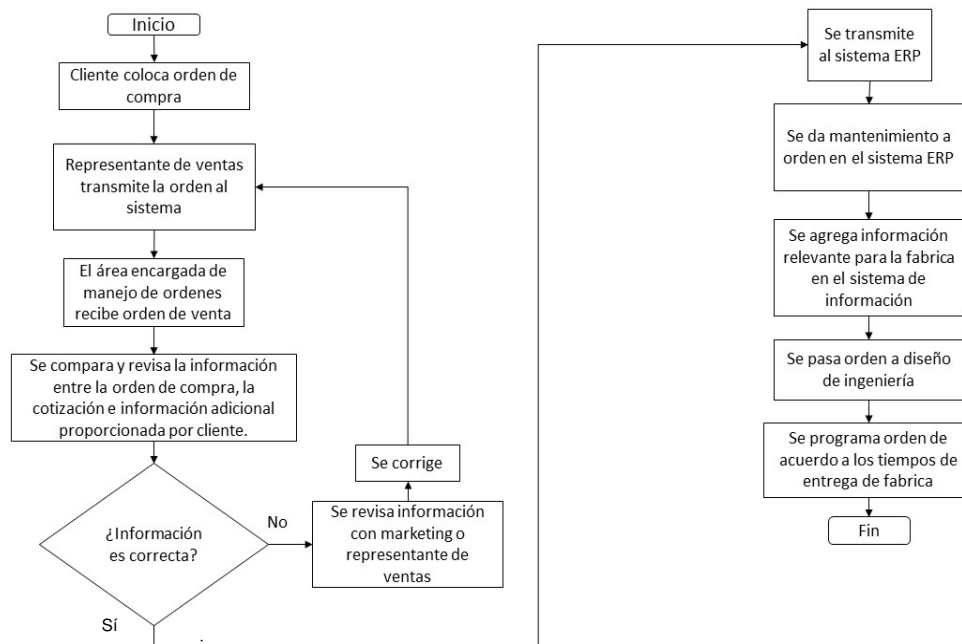


Figura 1: Mapa de proceso de entrada de órdenes de venta
Fuente: Elaboración propia

Los tipos de órdenes son los siguientes:

Tipo de órdenes:

1. Duplicadas – firmes: órdenes con lista de materiales parametrizada y costeadada y sin necesidad de aprobación de planos previa.
2. Duplicadas – Aprobación: órdenes con lista de materiales parametrizada y costeadada pero que el cliente requiere aprobación de planos previa.
3. Nueva – firme: órdenes sin lista de materiales pero que no requiere que el cliente apruebe planos antes de liberar a producción.
4. Nueva – Aprobación: órdenes sin lista de materiales y que el cliente requiere aprobación de planos previa a liberación a producción.

Una orden que se ha hecho anteriormente y que no necesita, por especificación, aprobación de cliente previa, no necesita el diseño de ingeniería, generar y enviar paquete de dibujos, aprobación de cliente, ni parametrización. Una orden que no ha sido diseñada anteriormente pero que no necesita aprobación de planos, no necesita el tiempo de aprobación de cliente. Una orden que se ha hecho anteriormente pero que necesita aprobación de cliente previa, no entra a diseño de ingeniería y tampoco necesita el tiempo de parametrización, sin embargo, se necesita generar y

enviar el paquete de dibujos, así como el tiempo de aprobación de cliente. Como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la entrada de órdenes de venta va al principio de la cadena, agregándole 6 días al tiempo en entrega completo.

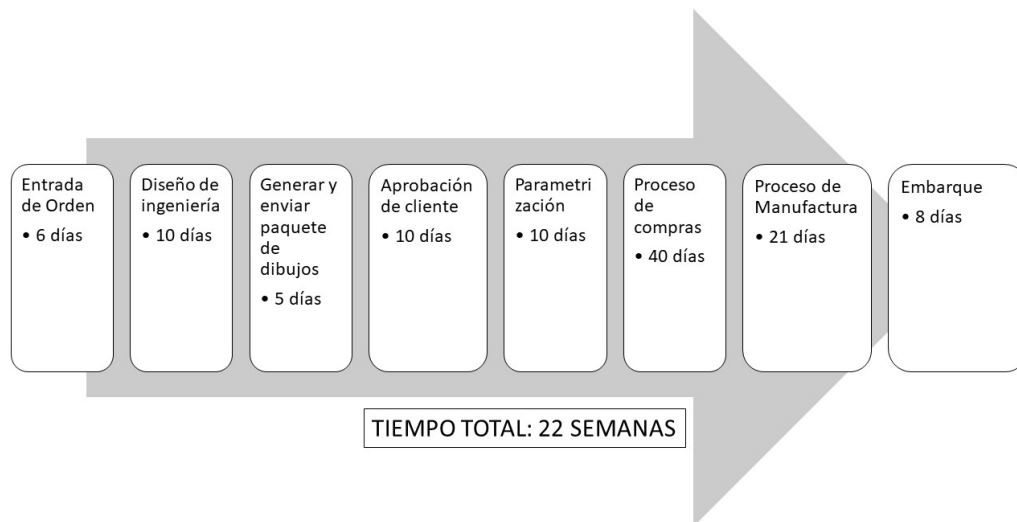


Figura 2: Proceso de manufactura: órdenes con aprobación de cliente
Fuente: Elaboración propia

Se busca reducir el tiempo de entrada de órdenes a una media de 1 día, con un límite superior no mayor a 1.5 días sin descuidar la calidad de la entrega de la orden. Es decir, se espera que el mismo día que la orden entre al sistema, sea el mismo día que entre a diseño, o en su defecto, que se libere a producción. El proceso actual que confirma las órdenes en 6 días ha estado causando quejas de cliente y problemas de calidad.

El tiempo de entrada de órdenes tan largo puede deberse a distintos factores dentro del proceso, ya sea en un proceso de entrada de órdenes deficiente o en la detección inadecuada de problemas que se pudieran detectar en una fase más temprana. Un error en la entrada de órdenes puede ocasionar un problema mayor y más costoso al momento de llevar a cabo los demás procesos.

La entrada de órdenes también puede tardar en procesarse debido a un sistema de información deficiente y con falta de mantenimiento, falta de comunicación entre el equipo de Estados Unidos y el equipo localizado en México, errores humanos al momento de procesar la orden o falta de entrenamiento en el sistema, entre otros.

El sistema de información que actualmente se usa, tiene algunas limitaciones que puede impedir un procesamiento de órdenes adecuado:

- *No se adapta completamente al sistema de planeación de recursos empresariales:* hay algunos cambios que deben hacerse directamente en el sistema de planeación de recursos empresariales, que el sistema de procesamiento de órdenes no es capaz de editar o agregar.
- *Diversas entradas de información provenientes de otros equipos:* el sistema de procesamiento de órdenes toma no sólo información alimentada en el mismo sistema, si no, información alimentada por el equipo de mercadotecnia y del Sistema de Planeación de Recursos de la Empresa (ERP, por sus siglas en inglés), que, a su vez, también pueden llegar a generar problemas de sistema.
- *Desconocimiento de los procesos de cada uno de los países que manejan las órdenes:* Estados Unidos tiene toda la parte de ventas y mercadotecnia, este pasa la información a México, que a su vez tiene toda la parte operativa, pero a veces la matriz de comunicación no está muy bien entendida por todas las partes involucradas y las órdenes o confirmación de órdenes puede llegar a perderse entre correos erróneamente mandados u órdenes puestas erróneamente en locaciones incorrectas.

Actualmente, existen proyectos Seis Sigma dentro de la empresa que pretenden atacar las diferentes fases del proceso completo del producto. El problema de la entrada de órdenes se ha atacado hasta ahora, cambiando pequeñas actividades del proceso y añadiendo a personal auxiliar en actividades repetitivas.

Se busca poder desarrollar herramientas para la mejora de proceso mediante el mapeo de este encontrando deficiencias dentro de sus actividades. Con esto, las preguntas de investigación que rigen este trabajo de tesis son:

1. ¿Cómo se puede lograr la eliminación de deficiencias en el proceso de entrada de órdenes?
2. ¿La eliminación de deficiencias en el proceso de entrada de órdenes impactará en la reducción de tiempo de entrada de órdenes?
3. ¿Cómo puede rediseñarse el proceso actual para reducir la entrada de una orden de 6 días en promedio a 1 día y medio?
4. ¿Cuáles son las variables clave que están relacionadas directamente con los retrasos en el proceso de entrada de órdenes?

Se pretende que la mejora del tiempo de entrada de órdenes sea directamente proporcional a la mejora de la calidad en el proceso de entrada órdenes.

1.3.Alcance y limitaciones

Este trabajo pretende abordar el supuesto de que las quejas asociadas a la entrada de órdenes y el tiempo de confirmación de una orden poco eficiente está directamente ligado al actual proceso de órdenes. Se da por cierto que el actual proceso de órdenes es ineficiente.

Cabe destacar que la entrada de órdenes en la empresa a analizar se desarrolla en un ambiente complicado; el proceso implica muchas variables y el tipo de orden puede afectar el tiempo en el que estas órdenes se confirman. El trabajo demostrará que se puede mejorar la satisfacción del cliente mejorando en tiempo invertido para las confirmaciones de órdenes.

Este trabajo se enfocará en el proceso de ingreso de órdenes de venta al sistema, es decir, medirá y analizará el tiempo en que una orden se recibe por el área responsable de manejo y control de órdenes hasta el ingreso de la orden en el ERP. El proyecto sólo se desarrollará para el negocio de electrificación en el área de proyectos para la división de interruptores para intemperie e interconectores en media tensión. Para el desarrollo de este trabajo considera un periodo de doce meses; seis meses para el desarrollo metodológico y seis meses para ejecución y validación.

Se espera que, como resultado de este trabajo, el proceso de entrega de órdenes se reduzca de 6 días a, máximo, 1.5 días. Este resultado se probará midiendo los días de ingreso de entrada de órdenes en un mes después de implementadas las mejoras en el proceso. La información que se recolecte de este trabajo se usará para actualizar el proceso actual de manejo de órdenes. También se utilizará para dar una retroalimentación a las otras áreas proveedores de información a través de manuales, documentación de procesos e instructivos.

Unas de las limitaciones que tiene este trabajo es que el proceso de ingreso de órdenes no puede ser modificado, debido a que los usuarios de este proceso no siempre son usuarios internos por lo que los procesos son adaptados a las necesidades y procesos propios de esos usuarios, que son los clientes externos. En caso de ser necesario, se podría proponer cambios o actividades

menores para el desarrollo de este trabajo en el entendido de que los usuarios externos deberán aprobar estos cambios.

Otra limitante surge en el área de ventas, que también tiene su proceso de ingreso de órdenes, el cual tampoco podría ser modificado significativamente y cuenta con las mismas restricciones que las de los usuarios externos.

Debido a lo anterior, las propuestas de cambio resultantes de este trabajo se limitarán exclusivamente a los procesos internos del área de control y planeación de proyectos.

El trabajo tampoco tendrá el control de las mejoras o actualizaciones en las herramientas de IT que se utilizan para ingresar entrada de órdenes ya que son manejadas por una división diferente localizada en Estados Unidos. En este caso, las acciones posibles se limitarían a recomendaciones acerca del desempeño del sistema.

1.4. Justificación

Con el desarrollo de este trabajo de tesis se pretende crear una metodología flexible, con herramientas útiles para procesos de personalización en masa. El trabajo proporcionará beneficios para sistemas de personalización en masa, ya que ayudará a identificar los principales problemas de entrada de órdenes en un ambiente complejo.

La creación de un proceso de órdenes en la empresa de electrificación enfocada a productos eléctricos de intemperie ayudará a que las órdenes de venta se confirmen en promedio de 1.5 días. Para el punto de vista del cliente, esto se verá como un soporte al cliente efectivo y de calidad; además, se reducirían las quejas y malas prácticas ligadas al proceso de órdenes de venta.

Un ejemplo claro de como una orden de venta mal cargada puede ocasionar daños graves al suministro de electricidad puede verse en la actividad de verificación del llenado de características técnicas. Una mala interpretación de las necesidades técnicas del cliente al momento del ingreso de la orden de venta puede ocasionar que la fábrica provea una solución eléctrica inadecuada. Esta solución eléctrica llegará a sitio y se instalará con rangos y corrientes que probablemente no sean compatibles con la solución eléctrica proporcionada. Esto puede llegar a ocasionar hasta un arco eléctrico en sitio y, por lo tanto, problemas de calidad graves.

La búsqueda constante en el aumento de la eficiencia interna de los procesos del negocio beneficia en la reducción de quejas de cliente y las semanas de tiempo de entrega del producto. A pesar de que el porcentaje de utilidades no ha sido malo en los últimos periodos, se ha perdido oportunidades de venta importantes contra los competidores. Las principales causas que el área de mercadotecnia ha listado es el precio y el tiempo de entrega de los productos.

La eliminación de deficiencias en el proceso de entrada de órdenes se verá reflejado en la disminución de quejas de cliente en el sistema de la fábrica que se deben o se pudieron haber detectó en el proceso de entrada de órdenes además la reducción del tiempo de confirmación de órdenes con el cliente.

1.5.Objetivos e hipótesis

Con base a la información anteriormente presentada, a continuación, se muestran los objetivos desarrollados para este trabajo de tesis

1.5.1. Objetivo General

El objetivo general establecido para este trabajo de tesis es el siguiente:

Generar un sistema para la mejora del proceso de manejo de entrada de órdenes de compra mediante el diseño e implementación de una metodología basada en herramientas de mejora continua y análisis estadísticos, aplicada en un entorno real de una empresa del sector de electrificación.

1.5.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que permitirán alcanzar el cumplimiento del objetivo general son:

- Diseñar e implementar acciones para eliminar las deficiencias identificadas en el proceso de entrada de órdenes de venta.

- Evaluar el impacto de la eliminación de deficiencias en la reducción del tiempo promedio de ingreso de órdenes.
- Rediseñar el proceso actual de entrada de órdenes con el fin de reducir el tiempo de procesamiento de 6 días a un máximo de 1.5 días.
- Identificar y analizar las variables clave mediante análisis estadísticos y modelizaciones, que inciden directamente en los retrasos de entrada de órdenes.

1.5.3. Hipótesis

La hipótesis que rige este trabajo de tesis es la siguiente:

El desarrollo de una metodología para el control del proceso de entrada de órdenes, aunado al desarrollo de una herramienta informática para su monitoreo permitirá reducir el tiempo de confirmación de órdenes.

1.6.Marco teórico

El marco teórico desarrollado para este trabajo comprende únicamente un marco metodológico, en donde se presenta un análisis de algunos trabajos que han sido desarrollados en el tema de mejora de procesos.

La razón de escoger los trabajos aquí descritos fue su enfoque a desarrollar mejora de procesos con dos o más herramientas, así como la combinación de diferentes metodologías.

1.6.1. Mejora de Procesos usando Simulaciones y Arboles de Proceso (Pourbafrani, Jiao, & van der Aalst, 2021)

En este apartado se analiza el trabajo titulado “mejora de procesos usando simulaciones y arboles de proceso”, cuyo análisis se muestra en el siguiente apartado.

La minería de procesos es una herramienta utilizada para soportar la mejora de procesos. Permite descubrir problemas de desempeño, desviaciones y cuellos de botella dentro de un proceso

que están corriendo. Para poder tomar una decisión con un proceso corriendo, se pueden usar técnicas de simulación y de predicción.

El objetivo de la minería de proceso es descubrir, monitorear y mejorar procesos reales con información histórica, extrayendo información de los sistemas de información, como un ERP. El requisito para hacer una minería de procesos es tener un sistema de tecnologías de la información donde se pueda extraer eventos históricos y bases de datos (Dakic, Stefanovic, Cosic, Lolic, & Medojevic, 2018).

Las técnicas de simulación son capaces de correr procesos en diferentes escenarios. Las herramientas de simulación pueden usar arboles de procesos para tener la información adecuada para recrear un evento.

Las herramientas que se usan para la técnica de simulación pueden correr posibles cambios dentro del árbol de proceso mientras considera variables como recursos, capacidad de proceso, tiempo de la actividad y horas laborables. Estas herramientas pueden ser programas informáticos que automáticamente extraigan todos los aspectos importantes para correr un árbol de proceso con diferentes escenarios.

Se puede medir el desempeño de los indicadores claves de desempeño de un proceso en caso de que algunas actividades cambiaran de hacerse secuencialmente a hacerse paralelas. Además, es posible analizar otros aspectos del desempeño del proceso como el largo de filas y otros escenarios. Estas herramientas se pueden usar para diseñar o mejorar un proceso de manera interactiva con diferentes situaciones.

Como se muestra en la Figura 3, la herramienta permite que los dueños de los procesos extraigan aspectos importantes del proceso, desde la información histórica de manera automática, cambiar estos aspectos y ver como el proceso se comporta de manera que permite obtener información importante para la mejora de procesos.

La herramienta usa una combinación entre la minería de procesos y técnicas de simulación. El aspecto más importante del trabajo es explorar la pregunta de “¿y si?” con las posibles variantes de un proceso, como lo son la actividad, los recursos y los parámetros de los procesos.

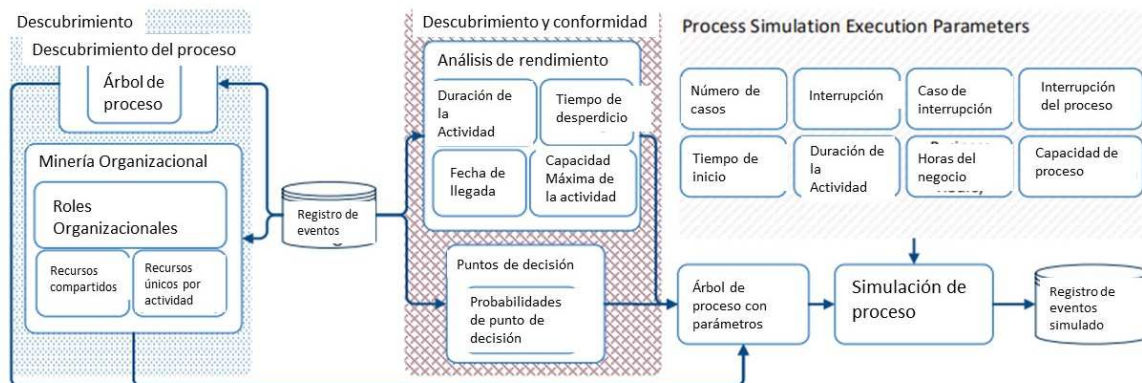


Figura 3: Simulación de Eventos
 Fuente: (Pourbafrani, Jiao, & van der Aalst, 2021)

De acuerdo con lo investigado en el trabajo anterior, la ventaja de usar una técnica de simulación radica en la posibilidad de estudiar el proceso desde una herramienta basada, por ejemplo, en una aplicación web en tiempo real y automáticamente. La técnica de simulación también permite fácilmente cambiar los parámetros y variables de un proceso y estudiarlo en función de ellos.

Las técnicas de simulación se alimentan de la minería de procesos, que es un campo de investigación que se encarga de analizar eventos históricos de la organización en donde se encuentra el proceso: recursos, maquinaria, componentes, organización; el cual es soportado por un sistema de tecnologías de información con la finalidad de obtener un modelo de un proceso. Si se tiene un histórico estructurado de un proceso, este campo de estudio es de utilidad ya que se basa en manejar procesos reales.

Una de las desventajas en usar técnicas de simulación, es que se tendría que buscar el sistema de tecnologías de la información o explicación web adecuada, ya que, hacer una desde cero integraría más campos de investigación a la tesis presente y se desviaría del objetivo. Por otro lado, alguna de las desventajas de la minería de procesos es que se puede lidiar con eventos y representaciones complejas de información, problemas de tendencias incorrectas en la base de datos de los eventos y la combinación de la minería de procesos con otros tipos de análisis (Dakic, Stefanovic, Cosic, Lolic, & Medojevic, 2018).

1.6.2. Mejora de procesos basados en CMMI y metodología de manejo de proyectos PMBOK (Rdiouat, Nakabi, Kahtani, & Semma, 2012).

En esta sección se analiza el trabajo titulado “Hacia un nuevo enfoque de mejora continua de procesos basado en CMMI (Integración del Modelo de Madurez de Capacidades o “Capability Maturity Level” por sus siglas en inglés) y PMBOK (Cuerpo de Conocimientos de la Gestión de Proyectos o “Project Management Body of Knowledge” por sus siglas en inglés), el cual muestra cómo la metodología para la mejora de manejo de proyectos y el CMMI pueden complementarse y convergen en algunos procesos.

Hoy en día, las organizaciones tienen como obligación controlar y manejar procesos complejos de desarrollo y mantenimiento. De acuerdo con los autores, las organizaciones cuentan con tres dimensiones críticas: habilidades y recursos humanos, procedimientos y métodos; tecnología y conocimientos técnicos. Las organizaciones que dejan de lado los procedimientos y métodos para enfocarse más en la tecnología y los recursos humanos suelen tener problemas de calidad. Un enfoque basado en procesos puede controlar los cambios de tecnología, la cual tiende a volverse obsoleta y es una de las causas de la rotación de personal.

El modelo de integración basado en procesos se enfoca en proporcionar los elementos necesarios para la efectividad de los procesos. El CMMI consta de tres modelos: desarrollo, adquisición y servicios. El modelo de desarrollo el cual es el que más complementa la parte de mejorar de procesos con PMBOK y el que se describe en este trabajo.

El modelo de integración basado en procesos para el desarrollo (CMMI para desarrollo) es una colección de buenas prácticas para actividades y mantenimiento del desarrollo. En otras palabras, este modelo se enfoca en el trabajo necesario para construir y mantener un producto entero.

De acuerdo con la metodología de madurez de capacidad, las organizaciones pueden estar en un rango de madurez del 0 al 5. Un rango de madurez bajo representa una organización que no sabe que procesos necesitan ser mejorados primero.

A continuación, se definen cada uno de los niveles según el modelo de madurez de capacidad (Rdiouat, Nakabi, Kahtani, & Semma, 2012):

- Nivel 0: Define un proceso incompleto. Puede ser que no sea ejecutado o sea parcialmente ejecutado. Los objetivos del proceso no son alcanzados o son alcanzados parcialmente.
- Nivel 1: El proceso tiene poca estructura y muy pocas de las actividades están bien definidas. Las organizaciones en este nivel de madurez logran completar el trabajo, pero usualmente exceden el presupuesto que está asignado, si hay un exceso de trabajo, no son capaces de seguir todo el proceso y no pueden repetir sus éxitos pasados.
- Nivel 2: Hay un proceso básico de control de programa, costos y calidad.
- Nivel 3: Los procesos están bien documentados y establecidos en estándares, procedimientos, herramientas y métodos.
- Nivel 4: Medidas detalladas del proceso y del producto son recolectadas. Los objetivos cuantitativos de calidad son establecidos y usados para medir la calidad del proceso y del producto. Los estándares del proceso y del producto son entendidos a nivel estadístico y representan correctamente las necesidades del cliente.
- Nivel 5: Existe un proceso optimizado, el cual es manejado correctamente con datos estadísticos y se entiende la variabilidad del proceso y sus causas más comunes. La mejora continua es habilitada correctamente con información cuantitativa desarrollando proyectos de innovación y tecnología.

El modelo de capacidad para el desarrollo provee 22 áreas de proceso organizadas en 4 categorías como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2: Relación entre áreas de proceso y nivel de madurez
Fuente: Traducido y extraído de Rdiouat, Nakabi, Kahtani, & Semma, 2012.

Categoría	Área de proceso	Nivel de madurez
Manejo de procesos	Enfoque en procesos organizacionales	3
	Definición de procesos organizacionales	3
	Entrenamiento organizacional	4
	Desempeño del proceso organizacional	5
	Innovación organizacional y despliegue	2
Soporte	Manejo de configuraciones	2
	Aseguramiento de la calidad	2
	Medición y análisis	2
	análisis de decisión y resolución	3
	análisis de causa y efecto	5
Ingeniería	Desarrollo de requerimientos	3
	Soluciones técnicas	3
	Integración de producto	3
	Verificación	3
	Validación	3
Manejo de proyectos	Manejo de requerimientos	2
	Planeación de proyectos	2
	Monitoreo de control y proyectos	2
	Manejo de proveedores	2
	Manejo de proyectos integrados	3
	Manejo de riesgos	3
	Manejo de proyectos cuantitativos	4

Los niveles de madurez se definen respecto a cada una de las características de un área de proceso. Cada área de proceso se clasifica en objetivos genéricos y objetivos específicos. Un objetivo general o genérico establece las características que se deben implementar en el área de proceso y los objetivos específicos se centran en las características únicas que se deben establecer en esa área de proceso (ver Figura 4)



Figura 4: Nivel de Madurez
Fuente: Traducido y extraído de (Rdiouat, Nakabi, Kahtani, & Semma, 2012)

La gestión de proyectos es una guía oficial publicada por el Instituto para la Administración de Proyectos (“Project Management Institute”) en el que promueve prácticas en común y estandarizadas que aplican a la mayoría de los proyectos. Los procesos están integrados en una guía conocida como “Banco de Conocimientos para la Administración de Proyectos” (PMBOK, por sus siglas en inglés). La guía se basa en un conjunto de entradas, técnicas y herramientas como se muestra en la Figura 5.

La guía se compone de 42 procesos divididos en 5 grupos y 9 áreas del conocimiento, cada uno de los 5 grupos contiene 1 o más de los 42 procesos:

- El proceso de iniciación del proyecto en el que se define una junta de arranque, el alcance inicial y los objetivos.
- En el proceso de planeación se definen las actividades que se van a seguir para lograr los objetivos. La agenda y el presupuesto del proyecto son definidos aquí.
- En el proceso de ejecución el trabajo del proyecto es realizado.
- En el proceso de monitoreo y control se revisa el progreso y la realización del proyecto, esto también incluye revisión del aseguramiento de la calidad.
- El proceso de cierre se refiere a todas las actividades dispuestas para el cierre del proyecto formal y la aceptación del cliente del resultado del proyecto.

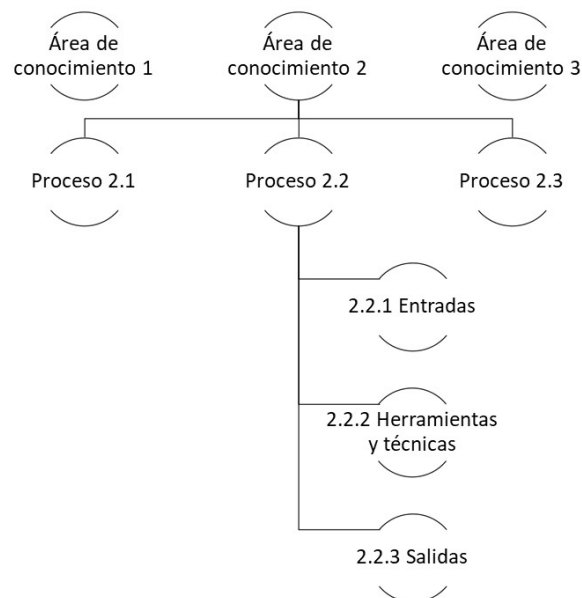


Figura 5: Gestión de proyectos
 Fuente: Traducido y extraído de (Rdiouat, Nakabi, Kahtani, & Semma, 2012)

Hay procesos dentro del PMBOK y el modelo de integración que son iguales o similares, también pueden tener procesos compatibles. Los dos modelos ofrecen una lista de procesos enfocadas a buenas prácticas para las empresas. Mientras que el PMBOK se define por entradas, herramientas, técnicas y salidas, el CMMI se define por prácticas específicas y genéricas. PMBOK se enfoque en actividades para el manejo de proyectos, en cambio, CMMI se enfoque comúnmente, en manejo de proyectos para ingeniería.

Las entradas definidas en el PMBOK son generalmente salidas de otros procesos en el PMBOK, muchas de las entradas son mapeadas basadas en las salidas mapeadas de prácticas del CMMI. Los dos marcos tienen como objetivos traducir las necesidades del cliente y documentarlos en requerimientos medibles. Ambos marcos siguen una planeación de proyecto donde estiman parámetros realistas para el trabajo, establecen visibilidad del desempeño del proyecto y desviaciones.

El estudio descrito muestra perfectamente como los dos marcos tienen un enfoque a procesos de mejora continua mediante un mapa en donde muestra actividades y herramientas usadas en el PMBOK y cómo éstas se parecen o complementan el CMMI.

Aunque las herramientas utilizadas serían muy útiles para el presente trabajo de tesis, el artículo de investigación todavía no logra responder a preguntas importantes como ¿Este enfoque es exitoso para las organizaciones? ¿Bajo qué criterios este enfoque se podría usar en la mejora continua de las organizaciones? Todavía hacen falta estudios y experimentaciones para confirmar que tan efectivos son CMMI y PMBOK juntos.

1.6.3. Metodología Seis Sigma

Seis sigma es considerada como estrategia de negocio para mejorar el desempeño financiero de las empresas con el objetivo primario de satisfacer las necesidades del cliente. Seis sigma también es una herramienta estadística que busca un rango de 3.4 unidades defectuosas por millón, esto equivale a un nivel de calidad del 99.9997% (Garrido Vega, Sacristán Díaz, & Magaña Ramírez, 2016). Aproximadamente el 90% de los costos de calidad son causados por mala calidad en los procesos y toman aproximadamente 30% de los ingresos de las empresas de sectores industriales y de servicios (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019).

La metodología Seis sigma busca que las organizaciones utilicen todos sus recursos de manera efectiva y eficiente, buscando la manera de reducir costos de producción, aumentar la producción y mejorar la calidad del producto. El proceso de Seis sigma es un proceso sistemático que se basa en la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Esta metodología ha logrado probar que se pueden lograr mejoras significativas en costos, tiempo y calidad enfocándose en el desempeño de los procesos (Mandahawi, Fouad, & Suleiman, 2012).

El producto o servicio entregado con calidad, muchas veces en áreas de soporte al cliente, es subjetivo. Es común que un nivel de calidad Seis sigma sea eliminar causas de baja calidad o procesos problemáticos antes de que esto sea transformado en defectos (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019).

Una mala calidad con la metodología Seis Sigma en áreas de soporte al cliente puede significar una llamada perdida de cliente de acuerdo con la empresa estudiada en el trabajo “Retos y Oportunidades de Introducir Seis Sigma en Soporte al Cliente en una Empresa de Telecomunicaciones”. Una llamada perdida en un millón de llamadas entrantes puede significar 3.4 llamadas perdidas (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019).

De acuerdo con la estrategia de Seis sigma, existen tres principios esenciales de opinión estadística:

- Todo el trabajo ocurre en un sistema de procesos interconectados;
- Todos los procesos tienen variabilidad; y
- Se puede saber la raíz de la variabilidad en el proceso y es la responsabilidad de los dueños de este, crear estrategias efectivas para reducir o eliminar la variabilidad

1.6.4. Metodología DMAIC

La metodología Seis Sigma está basada en el ciclo DMAIC. El nombre de DMAIC se deriva de sus siglas en inglés que significan: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Verificar. Básicamente, es un ciclo PDCA por sus siglas en inglés que significan: Planear, Hacer, Verificar y Actuar; combinado con cuatro cuadrantes: Medir, Analizar, Implementar y Sostener (Eshraghi & Eneyo, 2021).

DMAIC se ha convertido en una metodología que puede aplicar a muchos tipos de manufactura, sector salud, servicios financieros y servicio en general. El punto crucial consiste en seleccionar la metodología adecuada de acuerdo con las necesidades y demandas de la compañía aplicando el proceso adecuado (Eshraghi & Eneyo, 2021).

La fase de definición es la primera fase en el ciclo DMAIC. Es necesario explicar el problema y definir el alcance y el volumen del problema. Una parte de esta fase es formar un árbol CTQ (Árbol crítico de la calidad). Esto es una herramienta que ayuda a encontrar las necesidades y requerimientos las principales actividades según en esta fase de acuerdo con el trabajo de Čaušević y Avdagić-Golub (2019) son las siguientes:

- Desarrollar cartas del proyecto
- Definir el volumen, objetivos y fechas límite del proyecto
- Definir personas interesadas y procesos
- Elegir los miembros del equipo
- Conseguir permiso del patrocinador para el proyecto.

Para la fase de medir, que es el segundo paso de la metodología DMAIC, se recolecta la información y datos que están conectados en el problema definido del paso anterior. Aquí también se identifican las variaciones del proceso que originan desviaciones. Se necesita conocer lo que más se pueda del proceso, aunque todavía no se pueda percibir con exactitud ninguna solución. En esta fase, las herramientas más usadas en la metodología de acuerdo con los autores son las siguientes:

- Mapa de proceso
- Diagrama Ishikawa
- Matriz de cause y efecto
- Análisis de modo de falla y efecto
- Plan para la investigación de información
- Herramientas para visualización.
- Calcular las habilidades del proceso (Cp, Cpk, Pp, Ppk, Sigma, PPM)

Los mapas de proceso pueden representar de manera visual como trabaja la organización y sus procesos (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019). El diagrama SIPOC (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes o por sus siglas en inglés: Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers) es una herramienta usada para representar las entradas y las salidas de un producto en específico en todo el proceso de producción. En este diagrama las entradas son diferentes a lo que el cliente recibe al final (Eshraghi & Eneyo, 2021). A continuación, se muestra un ejemplo de diagrama SIPOC en la Figura 6:



*Figura 6: Diagrama SIPOC
Traducido y extraído de Eshraghi & Eneyo, 2021*

Una vez que se tomaron los sistemas de medida correctos, se identificó la raíz del problema y se probaron las hipótesis, se necesitan hacer cambios para mitigar o remover los problemas detectados. En esta fase se desarrollan las ideas y soluciones. Las herramientas más comunes en esta fase con las siguientes:

- Tormenta de ideas
- Método 6-3-5.
- Análisis costo-beneficio.
- Métodos de simulación (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019).

Cuando las tres primeras fases han sido completadas, la fase más crítica se inicia y es la fase de control. El reto en esta fase se basa en mantener el proceso con las mejoras implementadas (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019). Un ejemplo sobre la importancia del control de cambios en la

metodología es en el problema planteado en el trabajo de Mandahawi, Fouad y Suleiman (2012) concerniente a la manufactura local de papel que no corría eficientemente sus procesos ya que sólo el 77% de las órdenes de cliente fueron entregadas en tiempo. La compañía decidió involucrar a sus empleados en ideas de mejora, ya que anteriormente se habían implementado mejoras en el proceso, pero sin apuntar a los cambios de cultura dentro de la organización por lo que cada idea de mejora se iba eventualmente perdiendo conforme el tiempo (2012).

Algunas de las herramientas más comunes para esta fase son:

- Ciclo PDCA
- Auditorías
- Control estadístico de proceso.
- Actividades de estandarización
- Representaciones gráficas (Čaušević & Avdagić-Golub, 2019)

Aunque la metodología Seis sigma es un método muy usado en las últimas décadas por las empresas de manufactura, existen algunas limitantes y errores comúnmente presentados al momento de implementar esta metodología. Una desventaja, es que la persona que lo implemente debe tener certificaciones y personas certificadas que revisen el proyecto.

1.6.5. Procedimiento para la Gestión y Mejora de Procesos (González Díaz, Medina León, Medina NogueiraI, Assafiri Ojeda, & Nogueira Rivera, 2021)

En el siguiente trabajo titulado “La identificación del conocimiento como herramienta de gestión y mejora de procesos”, se plantea la mejora de procesos en base a la administración del conocimiento de los dueños de este.

La administración enfocada a procesos es un pilar fundamental cuando se quiere gestionar efectivamente las actividades que agregan valor a la empresa. El objetivo principal de la gestión por procesos es evitar la especialización de los miembros o departamentos.

La carta DACUM (desarrollando una carta curricular) es una propuesta de mejora de procesos mediante la identificación del conocimiento necesario para el desarrollo de las actividades de los procesos y el apoyo de la documentación.

En el estudio realizado en el artículo “La identificación del conocimiento como herramienta de gestión y mejora de procesos” se analizaron mas de 80 procedimientos de gestión de mejora en una empresa de medicamentos. En este estudio se selecciona el método DACUM.

En la Figura 7 se muestra la construcción del procedimiento, primero se determinaron las funciones y tareas del perfil a cargo del proceso mediante la revisión de documentos, entrevistas y tormentas de ideas. Posteriormente, se consultó el perfil de los cargos, el manual de funciones actuales de la empresa y los manuales de procedimientos asociados al proceso que se estudió. Después de reunir toda la información, se termina el inventario de conocimiento. Son determinadas las tareas críticas identificadas mediante códigos.

Los códigos son los siguientes:

- (1) requiere alto nivel de responsabilidad (RES)
- (2) necesidad de información pertinente y oportuna para su realización (INFO)
- (3) repercusión económica (REP_EC)
- (4) su ejecución es indispensable para garantizar el cumplimiento del ciclo de distribución (CD)

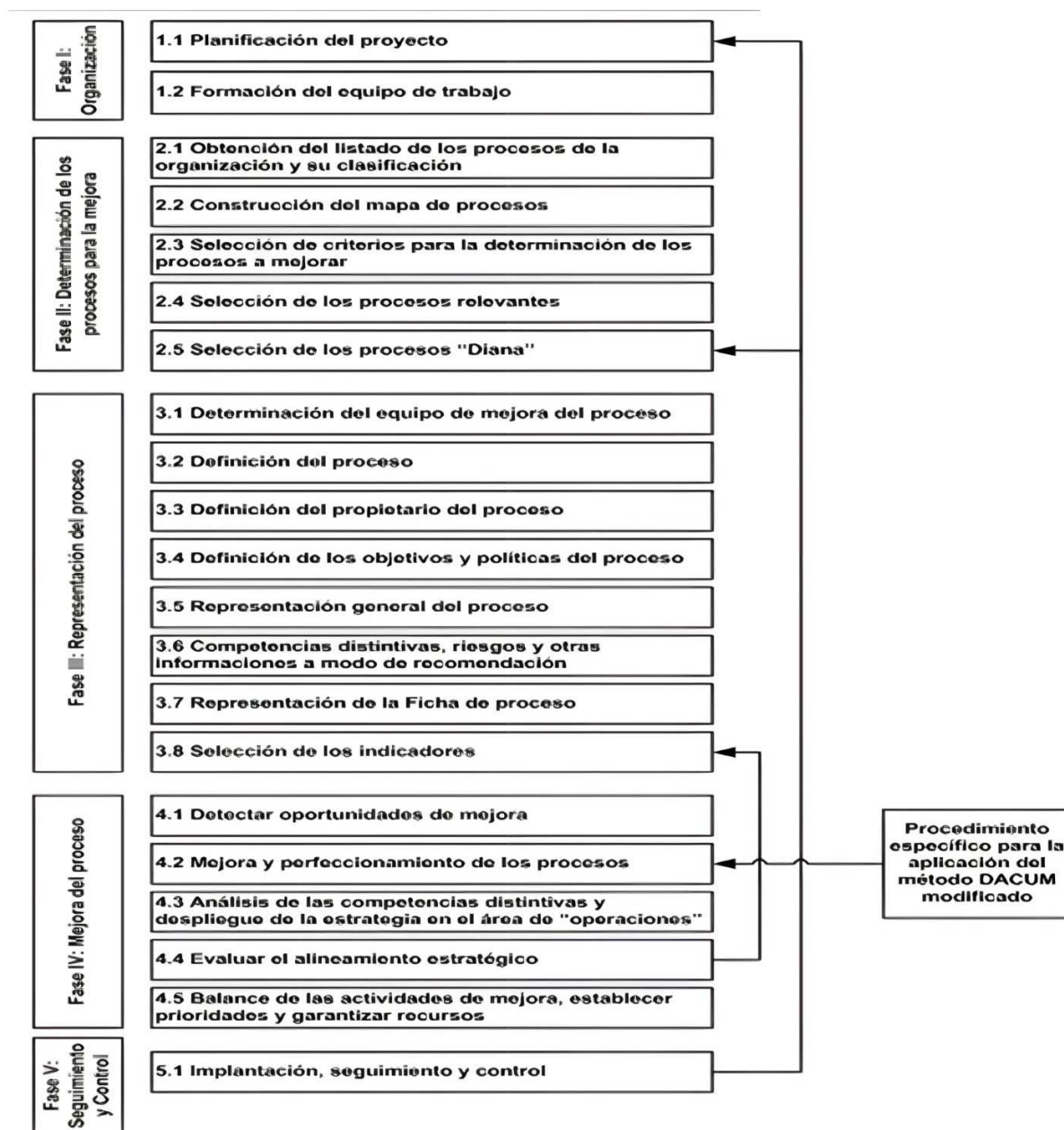


Figura 7: Procedimiento específico para la aplicación del método DACUM
Fuente: Extraído de (González Díaz, Medina León, Medina NogueiraI, Assafiri Ojeda, & Nogueira Rivera, 2021)

A continuación, se encuentra la carta DACUM del estudio, terminada (Figura 8):

Funciones	Tareas			
A. Controlar el cumplimiento de la jornada laboral	A1. Realizar la inspección del primer nivel  PO-06 Registro del primer nivel	A2. Distribuir las tareas del día	A3. Controlar el cumplimiento de las buenas prácticas  PO-21 PO-01 PN-11 PN-17	A4. Exigir que los manipuladores permanezcan en el área de trabajo durante la jornada laboral 
	K1-K4-K5	K1-K2-K3	K4K5	K1
B. Entregar a cada trabajador los medios materiales y de protección para la realización del trabajo	B1. Entregar a los manipuladores los Equipos de Protección Personal (EPP)	B2. hacerles entrega a los manipuladores de todos los medios materiales del trabajo		
	K4	K4		
C. Garantizar el cumplimiento del ciclo de distribución	C1. Verificar que sus manipuladores reciban y detallen los productos según el procedimiento  PO-21 PO-01 PN-11 PN-17 certificación de recepción ciega	C2. Controlar y participar en el traspaso de propiedad de los medicamentos del área detallada al área de almacenamiento  Informe de recepción RS-P0-01-05 	C3. Hacerse responsable de las actividades a realizar durante su guardia el fin de semana 	C4. Quedarse para recibir hasta la hora que sea necesario, si se le avise de un envío cuya llegada se efectuara luego de la jornada laboral 
	K3-K-5	K3-K-5	K3	K2

Figura 8: Inventario de conocimiento

Fuente: extraído de (González Díaz, Medina León, Medina NogueiraI, Assafiri Ojeda, & Nogueira Rivera, 2021)

El estudio llega a la conclusión de que la efectividad de toda organización depende de sus procesos; es por eso por lo que la gestión de ellos es importante. La gestión de conocimiento no ayuda a la gestión de procesos si tan solo se reúne y se almacena, si no que el uso de ella hace al proceso efectivo.

El objetivo del estudio fue determinar la fecha de conocimiento entre el requerido y el existente e identificar los flujos de conocimiento esenciales para aportar valor al proceso.

2. Desarrollo de proyecto de mejora en proceso de manejo de órdenes de venta

El siguiente capítulo aborda un análisis exhaustivo del proceso de entrada de órdenes de venta en una empresa, buscando entender las razones por las cuales dicho proceso tiene una duración promedio de seis días y las limitaciones para reducir este tiempo a un día. La investigación es de tipo explicativa, centrada en identificar y explicar las causas del problema, y predice la cantidad de días que un grupo de órdenes tardará en procesarse si se implementan mejoras y controles adecuados en el proceso.

Este trabajo metodológico busca no solo identificar las causas del problema en el proceso de entrada de órdenes, sino también proponer y evaluar soluciones concretas, contribuyendo así a la optimización del tiempo de procesamiento y a la mejora continua del rendimiento empresarial.

2.1.Planteamiento metodológico

El presente trabajo es de un tipo de investigación explicativa ya que va a responder a las causas por las cuales el proceso de entrada de órdenes tiene una duración promedio de 6 días y cuáles son las limitantes para mejorar el tiempo a un promedio de 1 día. Va a predecir la cantidad de días que va a tardar un grupo de órdenes en ingresarse si el proceso de entrada de órdenes de venta se monitorea, controla y mejora. Es decir, el proceso de entrada de órdenes está relacionado a número de días que tarda una orden en confirmarse. La investigación pretende dar un sentido de entendimiento de la causa del problema y que sea una investigación estructurada. Se va a seguir los pasos del método científico siguiendo un análisis sistémico.

La investigación es de grado cuasiexperimental ya que la manipulación de las variables se llevará en un ambiente controlado, con grupos intactos que no se separan de la producción. La naturaleza de los datos en los experimentos es de carácter cuantitativo manipulando una variable independiente.

Por lo dicho anteriormente, se trata de una tesis del tipo aplicada con un grado de generalización de investigación de acción, ya que su objetivo se centra en mejorar el proceso de entrada de órdenes como se definió en la problemática. El proceso formal es de carácter inductivo pues se analizarán procesos generales de otras empresas y otros casos de estudio para llegar a una conclusión general y una solución común. El resultado de la tesis se utilizará para la toma de decisiones en el negocio analizado.

Para la presente tesis aplicada se consideran grupos experimentales ya que se trata de una investigación cuasiexperimental donde se manipularán las variables independientes para observar su efecto en el tiempo que lleva una orden en procesarse que es el resultado que se espera. Se analizarán los siguientes grupos intactos mostrados en la Tabla 3:

Tabla 3: Organización de grupos experimentales
Fuente: elaboración propia

Nombre	Unidad	Grupo Experimental
A	Órdenes con más de 1 día en el proceso	• Errores en información ingresada • Tipo de órdenes de compra • Errores en localización • Tipo de cliente
B	Grupo de control: Órdenes de compra exitosas	

Con la intención de identificar las variables de proceso involucradas en el problema, se realizó una lluvia de ideas estructurada entre el equipo con un diagrama de Ishikawa, el cual se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

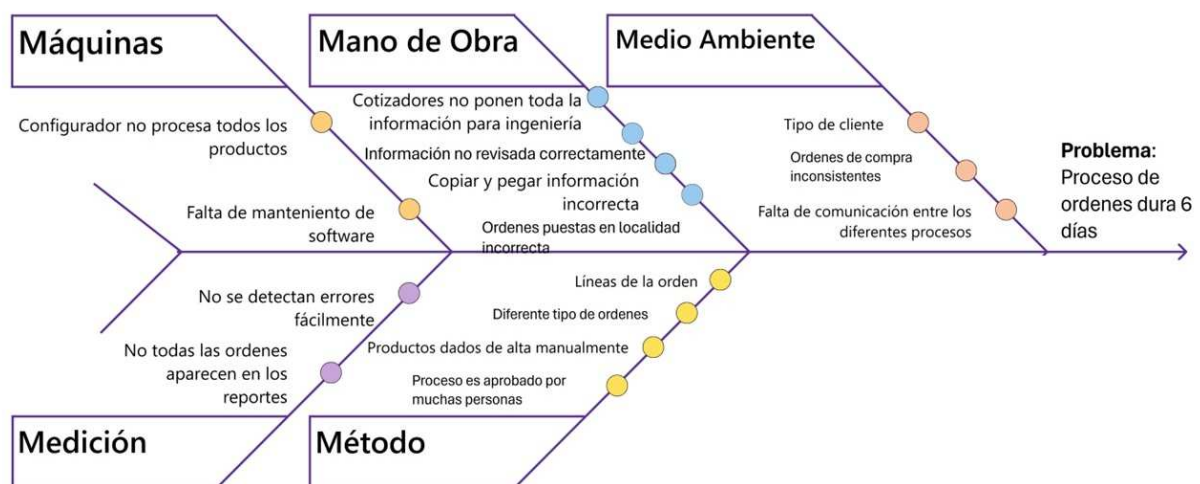


Figura 9: Diagrama de Ishikawa del problema planteado "Proceso de Ordenes dura 6 días"
Fuente: Elaboración propia

Las variables identificadas se clasificaron en una tabla de ponderación mostrada a continuación:

Tabla 4: Tabla de ponderación para jerarquización de variables.
Fuente: Elaboración propia

Factores	Atributos	Importancia Relativa %
Cotizadores no ponen la información para ingeniería	Errores en ingreso de orden	40%
Copiar y pegar información incorrecta	Errores en ingreso de orden	
Información no revisada correctamente	Errores en ingreso de orden	
Ordenes puestas en localidad incorrecta	Errores en ingreso de orden	
Ordenes de compra inconsistentes	Errores en ingreso de orden	
Falta de comunicación entre los diferentes procesos	Errores en ingreso de orden	
Configurador no procesa todos los productos	Tipo de producto	25%
Productos dados de alta manuales	Tipo de producto	
Líneas de la orden	Número de líneas en la orden	20%
No se detectan errores fácilmente	Reportes	7%
Diferente tipo de órdenes	Tipo de órdenes	5%
Falta de mantenimiento de software	Frecuencia de mantenimiento en herramientas de proceso	1%
Tipo de cliente	Tipo de cliente	1%
Proceso es aprobado por muchas personas	Número de aprobadores	1%
Total		100%

Las muestras se tomarán de acuerdo con tres rangos de tiempo:

1. Datos históricos del 2018 al 2020. Se pretende tomar datos históricos de por lo menos dos años atrás para recabar suficiente evidencia de cuantos días se ha tardado el proceso y en que afectado los diferentes cambios organizacionales que ha habido en estos periodos. En este periodo fue cuando la división se estructuró como tal y, por lo tanto, hubo que crear un área de manejo de órdenes de venta.
2. Datos históricos del 2021 al primer y segundo cuarto del 2022. En este periodo fue donde se estableció el objetivo de reducir los días del tiempo de proceso, también es el periodo en el que el trabajo de tesis se está desarrollando.
3. Datos históricos de la implementación a finales del 2022. En este periodo se pretender probar y controlar que la metodología redujo efectivamente los días de proceso de acuerdo con el objetivo.

2.2. Metodología Propuesta

El proyecto de mejora se estructuró en 6 fases para la resolución del problema presentado. Cada fase está compuesta por un conjunto de actividades que permiten organizar mejor las tareas necesarias para dar cumplimiento a cada fase. La propuesta metodológica se muestra gráficamente en la Figura 10.

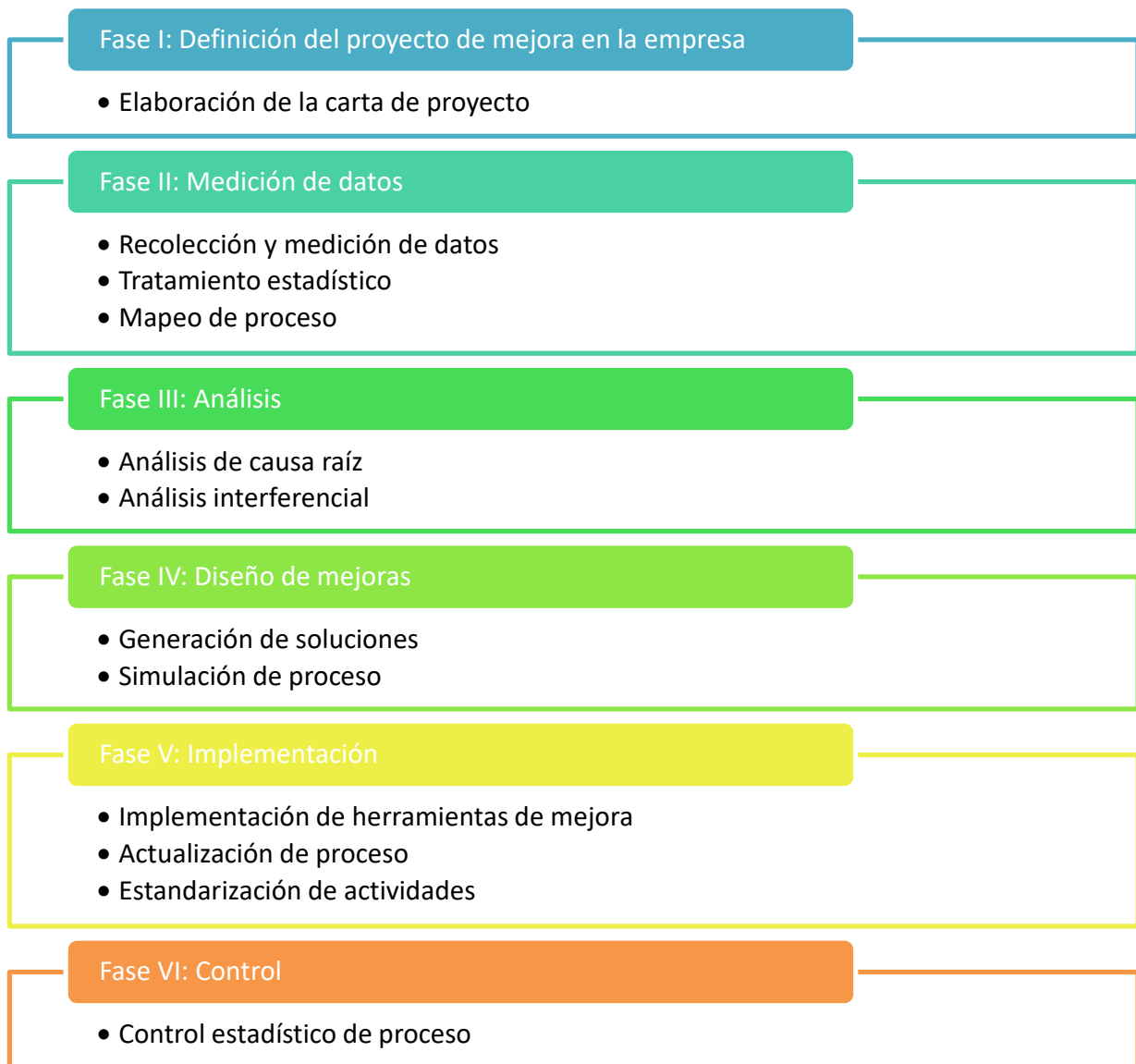


Figura 10: Propuesta metodológica para el proyecto de mejora de entrada de órdenes de venta
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla el propósito de cada fase, así como la descripción de las actividades que las conforman.

2.2.1.Fase I: Definición del proyecto de mejora en la empresa

La fase 1 se realiza con la finalidad de identificar y documentar las necesidades del proyecto. Esta fase está integrada por una sola actividad, que es la elaboración de la carta del proyecto.

2.2.1.1. Carta del proyecto

La carta de proyecto (también conocida como acta de proyecto o *project chart*) ayuda a formalizar la existencia de un proyecto dentro de la empresa para poder autorizar un equipo de trabajo y demás recursos. De acuerdo con el libro de administración de proyectos (Project Management Institute, Inc., 2017) los beneficios de este proceso es proveer un enlace entre el proyecto y los objetivos estratégicos de la organización.

Para desarrollar la carta de proyecto se incluye su información esencial, entre la que se puede encontrar:

- El propósito de mejorar el proceso
- Los objetivos de mejorar el proceso
- Equipo de trabajo involucrados en las actividades
- Entregables

Además de la información descrita con anterioridad, se debe formar un equipo de trabajo que tenga conocimiento y entendimiento del proceso para dar seguimiento e identificar los puntos a tomar en cuenta durante la mejora.

El objetivo de la carta de proyecto es basarse en la necesidad de explicar la problemática a personas de diferentes disciplinas al comienzo del proyecto. La carta de proyecto contendrá los siguientes principios:

- Distribuir los resultados del proyecto a la mayor cantidad de gente posible.
- La intención de que el trabajo avance a un ritmo constante.
- El presupuesto y los ahorros si la problemática llegara a solucionarse.
- Dejar en claro que el trabajo puede tener modificaciones y más fases futuras-.
- El trabajo se mantendrá en formato profesional.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo lucirá la carta del proyecto una vez elaborada (Figura 11):

Mejoras en el rendimiento de DCWB

DIAGRAMA DEL PROYECTO - Reunión de lanzamiento Planteamiento del problema y alcance

La tasa de éxito de la sesión DCWB, la tasa de éxito del complemento y la tasa de error de campo actualmente muestran un rendimiento general bajo. Este rendimiento subóptimo no solo incurre en costes adicionales para ABB, sino que también plantea riesgos para la reputación debido a la falta de fiabilidad percibida del producto. El objetivo principal del proyecto es identificar el principal problema que afecta a DCWB e implementar medidas para mejorar los indicadores clave de rendimiento (KPI) del cargador, reforzar su confiabilidad.

Fuera del alcance	
Comienzo del proyecto	Enero 2023
Termino del proyecto	Agosto 2023

Beneficios y Esfuerzo

BENEFICIO

Se prevé que la mejora de los KPI de rendimiento de las sesiones de carga de DCWB, incluidos SSR, PIN y tasa de fallas de campo (confiabilidad), genere ventajas económicas y de reputación. Se espera que el módulo de alimentación del cargador funcione de manera más fluida y eficiente, lo que resultará en menos interrupciones de sesión debido a SR_POWERPORT_POWER_ERROR. Esta mejora tiene como objetivo mitigar las fallas de hardware y reducir la necesidad de reemplazar los cargadores.

ESFUERZO

Asignación de recursos de los departamentos de Investigación y Desarrollo (I&D), Ingeniería de Productos y Calidad para analizar las sesiones de carga y mejorar el firmware del módulo de alimentación DCWB.

Enfoque, Metodología y Riesgos

El proyecto empleó el enfoque DMAIC, comenzando con la definición de objetivos y necesidades, seguido de la medición del estado real de los indicadores clave de rendimiento (KPI). Se mantuvieron numerosas conversaciones con clientes que informaron problemas con el producto, lo que motivó un análisis de las causas que condujeron a SR_POWERPORT_POWER_ERROR y la falla del cargador. Al reconocer la necesidad de modificaciones en el firmware del módulo de potencia, el equipo se centró en lograr una mejor regulación de los voltajes y corrientes de salida, junto con una mayor robustez de la red. Estas mejoras se implementaron sistemáticamente en cargadores de prueba en ABB. Cada mejora incremental se sometió a pruebas rigurosas, guiadas por mediciones de KPI para garantizar que el proyecto estuviera en la trayectoria correcta. Este proceso iterativo resultó fundamental para desarrollar un firmware de módulo de potencia final y estable. En la fase de control posterior a la implementación del firmware del módulo de potencia definitivo, el objetivo era verificar si las mejoras estaban funcionando de hecho como se esperaba. RIESGOS: Los riesgos se relacionan con el posible mal funcionamiento del FW de PM y la asignación de personal al proyecto que no cumple con las expectativas.

Hitos



Impacto Financiero

Los ahorros de costes se derivan de:

- Reducción del número de intervenciones en campo;
- Reducción de los reemplazos de hardware.

Métrico	Línea Base	Objetivo
SSR (TWBUL)	85.79%	90%
PINS (TWBUL)	57.50%	60%
Mensual FFR (TWBUL)	1.06%	0.48%
Impacto financiero mensual (+/-30%)	250000 €/mensual	125000 €/mensual

Partes interesadas y equipo

Patrocinador de Proyecto:	Alessandro Falciani
Gerente de proyecto:	Giorgio Bertero
Entrenador:	Arianna Donati
Miembros del equipo:	- E. Kanapari - S. Scaletti - A. Becattini - L. Giommoni

Fijación de objetivos

Calidad- Cliente	☒	Cliente - Entrega	☐	Costo	☒
Dinero	☐	Cuidado	☐	Innovación	☒

Figura 11: Ejemplo de carta proyecto extraído de negocio a estudiar

Fuente: Elaboración propia

La carta de proyecto permite coordinar esfuerzos, plasmando la información más importante del proyecto en un documento accesible a todo el equipo de trabajo en el que se pueden consultar objetivos, fechas importantes, beneficios esperados, etc., buscando que las acciones de los integrantes del equipo vayan encaminadas al logro de los objetivos del proyecto.

2.2.2.Fase II: Medición de datos

En la fase II se recolecta la información relacionada con el problema a tratar y se realiza el primer procesamiento de la información para tener un mayor entendimiento del problema. La fase II está conformada por tres actividades: recolección y medición de datos, tratamiento estadístico y mapeo del proceso.

2.2.2.1. Recolección y medición de datos

El objetivo de la recolección y medición de datos es obtener un panorama de la situación actual. En esta sección se busca identificar las fuentes de donde se puede extraer información. Es deseable que esa información se pueda consolidar en un registro de eventos.

La recolección de datos se hace desde una fuente de información comúnmente ya dada por el negocio a estudiar. Se identifica la fuente de información, y posteriormente se procede con la extracción. Si la herramienta de la fuente de información lo permite, se transforman los datos y se consolidan en registros de eventos (Arias & Rojas, 2016)

El negocio tiene que ser capaz de extraer conocimiento válido y útil a partir de la información original. La información que se requiere recolectar se debería encontrar en:

Sistemas ERP

Bases de datos

Otras fuentes de información para el trabajo transaccional

Reportes históricos (Beltrán Martínez, 2009)

Será necesario implementar un plan para la recolección de los datos como se muestra en la Tabla 5. Una vez que todos los datos seleccionados hayan sido recabados, se revisan las estadísticas preliminares del proceso para un diagnóstico estadístico general (media, mediana y moda).

Tabla 5: Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia generado a partir de información extraída de (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005)

Plan de recolección de datos						
Métricos	Factores de estratificación	Definición operacional	Tamaño de la muestra	Fuente y localización	Método de recolección	Responsable

Además de hacer un plan para la recolección de datos se tiene que definir como serán usados y de qué forma serán presentados (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

2.2.2.2. Tratamiento estadístico

Para mitigar las variables en el proceso, es necesario el procesamiento de datos y la aplicación de técnicas estadísticas. Se plantea realizar técnicas de control estadístico de proceso.

Complementando la información de la estadística básica, se propone medir el proceso con desviación estándar, límites reales aproximados, histograma y los análisis de Seis Sigma de acuerdo con lo ya descrito en el marco metodológico. Con la información generada para los indicadores,

será posible dar un diagnóstico general obtener interpretaciones, tal y como se muestra en la Figura 12 (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022). El análisis estadístico permitirá hacer una relación entre los datos estadísticos y la hipótesis creando una explicación sistemática entre los diseños experimentales y la teoría estadística (Lawson, 2015)

La gráfica más utilizada para la síntesis de datos es el histograma. Un histograma es un diagrama de barras verticales para una distribución de frecuencia. El histograma señala el centro y la cantidad de variación en la muestra de datos (Gryna, Chua, & Defeo, 2007).

Explicar los datos basándose, ordenándolos en una herramienta como es el histograma ayuda a visualizar la distribución de datos, identificar algún patrón o anomalías y permite comprar con facilidad el antes y después de haberse aplicado la mejora en el proceso.

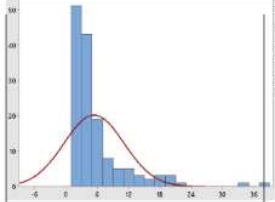
Estadístico	Análisis y comentarios	Conclusiones
Medidas de tendencia Media: 5.352 Mediana: 3 Moda: 2	-Las medidas de tendencia central no son similares ni cercanas entre sí. -50% de las 145 mediciones fue mayor o igual a 3 días. -frecuentemente se transmiten ordenes en 2 días	Ordenes se ingresan en un promedio de 5.352 días
Desviación estándar $S=5.737$ Límites reales aproximados ($\bar{X} \pm 3S$) LR inf= -10.704 (Número imaginario, sería 0) LR sup= 22.563	-En forma aproximada se espera que los días para ingresar una orden varíe entre 5.352 ± 17.11 (de 0 a 17.211 días) la amplitud de este límite es mucho mayor a la variación tolerada (+1.5 días) (Vea ilustración 5). -El límite superior permitido está muy fuera de lo esperado.	La variación real del proceso es demasiada por lo que se está fabricando producto fuera de especificaciones
	Se presenta una distribución sesgada a la derecha ya que las especificaciones que se manejan no pueden ser menores de 0. Hay una pequeña cantidad de datos raros y atípicos con una media de 36 días.	Hay mucha variación en el proceso

Figura 12: Análisis Seis sigma,
Fuente: elaboración propia

2.2.2.3. Mapeo de proceso

Teniendo ya un mapa de proceso bien estructurado y documentado por la empresa, se elabora un diagrama SIPOC usando una tabla estándar como se la que se presenta como ejemplo en la Figura 13. Como ya se describió en el marco metodológico, esta herramienta permitirá identificar a: proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes.

Una vez extraída la información del mapa de proceso en el diagrama SIPOC, se estudian las diferentes actividades y se revisa el proceso para poder hacer un Análisis de Modo de Falla y

Efecto (FMEA, por sus siglas en inglés) (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008). Por medio de una lluvia de ideas, se identifican las fallas potenciales para cada actividad y se enlistan los efectos potenciales por cada modo de fallo. Una vez enlistados, se asigna un rango de severidad para cada efecto, para posteriormente estimar un rango de ocurrencia para cada modo de fallo y establecer un rango de detección a cada modo de fallo u efecto. Una vez hecha esta lista, se calcula un número de prioridad de riesgo. Se priorizan los modos de falla por acción; se eliminan o reducen los riesgos altos de alguna actividad y, por último, se calcula el NPR (Número de prioridad de riesgo) con los modos de falla eliminados o reducidos.

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO																
Item: _____		Reponsabilidad _____				Número de AMEF: 123456										
Modelo: _____		Preparado por: _____				Página: _____										
Equipo: _____						Fecha: _____										
Actividad	Modo Potencial de Falla	Potenciales Efectos de la Falla	S e v	C l a s s	Causas Potenciales de la Falla	O c c u r	Controles Actuales de Proceso	D e t e c	R P N	Acciones Recomendadas	Reponsabilidad y Fecha Objetivo	Acciones Resultantes				
												Acciones Tomadas	S e v	O c c	D e t	R P N

Figura 13: Tabla AMEF,
Fuente: Elaboración propia elaborado a partir de traducción extraída de (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008).

En el mapeo de proceso también es posible utilizar la carta DACUM para la extracción de conocimiento, tal y como se presentó en el marco teórico, con la finalidad de identificar el conocimiento necesario para el desarrollo de las actividades de los procesos y generar el apoyo a su documentación (González Díaz, Medina León, Medina NogueiraI, Assafiri Ojeda, & Nogueira Rivera, 2021).

2.2.3.Fase III: Análisis

Esta fase es establecida para el procesamiento de la información obtenida en la Fase II. Esta fase está conformada por 2 actividades, las cuales se describen a continuación:

2.2.3.1. Análisis de causa raíz

Una vez identificadas las variables, se procede a identificar causas y los efectos en el proceso con un diagrama de espina de pescado, también conocido como diagrama Ishikawa. Primeramente, se coloca el problema a estudiar, que para la problemática planteada corresponderá a cada uno de los riesgos que fueron priorizados en el análisis de modo de falla y efecto, para luego, crear una espina central e identificar al menos 4 causas que contribuyan al problema. Posteriormente, será necesario conectarlas con la espina del pescado.

Creada la espina de pescado, se realiza una lluvia de ideas con el equipo de trabajo para documentar que factores contribuyen con su aparición. Es importante señalar que el objetivo de obtener los diagramas para cada uno de los problemas y riesgos es la identificación de la causa raíz del problema principal. También es fundamental recordar que estás pueden ser posibles causas y que es necesario justificarlas con realidades y hechos.

Una vez identificadas las causas de falla de proceso, se aplica la teoría que establece que la mayor parte del esfuerzo es debido a un número limitado de acciones clave. Con esto dicho, se representan todas las variables como barras en el diagrama y se mide la frecuencia en la que suceden. Una vez teniendo el gráfico de Pareto, se recomienda complementar con otros gráficos de utilidad para el descubrimiento de las causas (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022).

2.2.3.2. Análisis interferencial

Cuando se cuenta con análisis gráfico elaborado el punto anterior, se procede con la construcción de modelos estadísticos para cuantificar el impacto de las causas principales que se identificaron en el análisis de causa raíz.

Se inicia estableciendo una hipótesis sobre las relaciones de las variables que se pretenden estudiar. Ya con la hipótesis establecida, se decide una prueba estadística útil y se desarrolla el plan de muestreo y recolección de datos. Al contar con todos los datos recolectados, es necesario

representarlos de manera gráfica y obtener la información estadística que sea relevante. Trabajando con la hipótesis, se utilizan contrastes para las distintas configuraciones de las variables por modelización (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022).

2.2.4.Fase IV: Diseño de mejoras

Con el cumplimiento de las 3 primeras fases, la causa origen de los problemas debe haber sido ya identificada. La fase siguiente consiste entonces, en diseñar la o las mejoras que permitan atacar el problema. Esta fase está integrada por dos actividades.

2.2.4.1. Generación de soluciones

Una vez identificadas las causas que más impactan a la variabilidad del proceso. se redacta un plan de mejora con un enfoque sistémico para atacar las variables.

Se recomienda aplicar el siguiente sistema propuesto para ejecutar un plan de mejora (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022):

1. Plantear, resumir y evaluar ideas de mejora: alternativas de cambio del proceso, modificación de herramientas y/o factores.
2. Realizar estudio de costo-beneficio sobre las diferentes alternativas.
3. Plantar al equipo las conclusiones y asignar responsables.

El objetivo de la generación de soluciones es usar la relación de causa-efecto dada en el análisis para desarrollar una variedad de soluciones potenciales (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

2.2.4.2. Simulación de proceso

En esta actividad se crea una historia artificial del proceso usando las mejoras planteadas una vez que se obtuvieron las viables; esto con la finalidad de predecir el comportamiento del proceso en diferentes condiciones (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022).

Para crear una simulación, se requiere diseñar el experimento. La experimentación se relaciona casi siempre con actividades bajo laboratorio; sin embargo, esta tesis plantea experimentos bajo condiciones comerciales o de fabricación. El diseño de experimento debe tomar en cuenta la ejecución de la producción en condiciones normales, es decir, experimentación informal (Gryna, Chua, & Defeo, 2007)

La simulación de proceso se puede llevar a cabo con la minería de datos, como se mencionó anteriormente en el marco metodológico, usando el registró de evento que ya se extrajo anteriormente de los sistemas ERP o de las bases datos.

Al provechar la información, en la minería de datos se está específicamente hablando en la minería de procesos para descubrir cómo se están ejecutando los procesos y, de esta manera, tomar decisiones para mejorarlos. (Aguirre Mayorga & Rincón García, 2015)

La simulación es el proceso en el que se diseña un modelo de un sistema real y se conducen experimentos con este modelo para entender el comportamiento del sistema con la finalidad de evaluar varias estrategias para la operación del sistema.

Las diferentes orientaciones de proceso que se pueden llevar a cabo son las siguientes:

- *Orientada a actividades*: este modelo consiste en una secuencia de actividades u operaciones; la simulación avanza para arreglar incrementos de tiempo.
- *Orientada a eventos*: consiste una lista de eventos ordenadas por tiempo de ocurrencia.
- *Orientada a procesos*: este modelo define un conjunto de procesos que se activan por eventos. (Ucar, 2019)

Para esta problemática, la minería de procesos está orientada a procesos; se extraerá el conocimiento del proceso a través de un registro de eventos. Un registro de eventos es un histórico de ejecución de los procesos de negocio donde están almacenados los casos del proceso y sus actividades. Estos pueden, por ejemplo, registrar el inicio y el fin de cada actividad (Aguirre Mayorga & Rincón García, 2015)

Existen muchos tipos de proyectos de minería de procesos, pero para esta metodología en específico, se clasificará como un proyecto basado en objetivos, ya que es una metodología que pretende mejorar el desempeño de los indicadores (Aguirre Mayorga & Rincón García, 2015).

2.2.5.Fase V: Implementación

Como su nombre lo indica, la fase V tiene como objetivo implementar las mejoras en el proceso productivo. Para esta fase se definieron 3 actividades:

2.2.5.1. Implementación de herramientas de mejora

En el análisis de las mejoras, se deberá tener idea sobre herramientas IT que mejoren el proceso; por lo tanto, se debe reunir un equipo multidisciplinario que pueda buscar la mejor forma de llevarlas a cabo de una manera eficiente. Estas mejoras podrían tener sus propios proyectos y fases de simulación, así como pruebas en condiciones artificiales.

2.2.5.2. Actualización de proceso

Una vez implementadas las herramientas, se tendrá que “limpiar” el proceso. El objetivo de esta actividad es eliminar y/o reducir tareas que no añadan valor, aproximar tareas que se relacionen entre sí, agrupar y equilibrar las tareas (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022). La actualización de proceso se debe llevar a cabo de manera oficial, de acuerdo con los lineamientos de actualización de proceso de la empresa. Es importante enfatizar que, para este paso, ya debería haber un mapeo de proceso creado y definido.

Se debe revisar el proceso estudiado otra vez y verificar sus límites, tener reuniones con los involucrados para identificar cada uno de los pasos en el proceso y escribir o resaltar las actualizaciones. En el trabajo grupal se puede tener en cuenta lo siguiente:

- Eliminar duplicados y combinar ideas similares.
- Mantener consistencia y nivel de detalle a lo largo del proceso.
- Discutir los resultados y evaluar las ideas de mejoras propuestas.
- Evaluar si un paso se está dejando de lado o no se está tomando en cuenta (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

2.2.5.3. Estandarización de actividades

Para evitar que el factor humano provoque la variación de actividades, se requiere de la estandarización de actividades. Para estandarizar el proceso, es necesario crear instrucciones:

criterios de actuación, registros, etc. (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022). Es deseable hacer una implementación de “5s” en este paso de la siguiente manera:

1. Identificar pasos innecesarios en el proceso.
2. Ordenar y simplificar herramientas para necesidades para el proceso para hacerlas fáciles de localizar y usar.
3. Limpiar archivos y herramientas obsoletas o que ya no sirven en el proceso.
4. Crear un método consistente para implementar las tareas del día a día. Incorporar el orden y limpiar en el proceso.
5. Crear auditorías internas para revisar que el proceso siga en orden y con las mejoras implementadas (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

2.2.6. Fase VI: Control

El objetivo de la fase de control consiste en evaluar el impacto del plan de mejora en la línea. En esta etapa se definen los indicadores para la evaluación de los resultados y se comparan los resultados con las metas establecidas.

2.2.6.1. Control estadístico de proceso

Una vez implementadas las mejoras y estandarizado el proceso, se procede a utilizar otra vez métodos estadísticos para la medición y análisis del proceso. En la fase de control, se elige un objeto de control, que en este caso debería ser el mismo objetivo de control que se estableció en la problemática y se establece una medida especificando que herramientas se utilizarán para la medición. Posteriormente, se establece el nivel objetivo, que debe ser el mismo que se planteó en la problemática. Se compara el objetivo con el valor real y después se toman decisiones de acuerdo con el resultado (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022).

La identificación de la variación en el nuevo proceso ayudará a saber si está estable y en control. Identificar la causa común de variación, el cual es inherente del proceso, ayuda a saber que un proceso está en control de acuerdo con experiencias pasadas y puede predecir cuando el proceso

va a variar dentro de los límites de control. Si el proceso fuera inestable, se detectarían casos de variación especiales y variaciones no aleatorias en factores externos (Carl, 2022)

Hay cuatro diferentes cartas de control:

- *Cartas de variables*: estas cartas miden en una escala sin fin y con más perceptivas a cambiar que las cartas de control de atributos o carta en las que las variaciones son en una escala finita.
- *Cartas individuales*: estas son manejadas cuando se cuenta con pocas medidas y cuando un subgrupo natural todavía no es conocido.
- *Cartas “u-” y “c-”*: en una carta “u”, las deficiencias deberían ser independientes una de la otra. Una carta “c” es más útil cuando hay muchos posibles defectos en una unidad, pero solo hay una pequeña posibilidad que un solo defecto se lleve a cabo.
- *Cartas “p-” y “np-”*: son útiles para graficar proporciones (Darryl, 2022). Con estas cartas se lleva un registro de la proporción o porcentaje de unidades no conformes. (Gryna, Chua, & Defeo, 2007)

En este punto se usan las cartas de control de proceso para confirmar el impacto que las mejoras tuvieron en el proceso. Las cartas de control de proceso despliegan la información de manera ordenada conforme al tiempo como se muestra Figura 14. Las líneas dentro de las hojas de control marcan y ayudan a identificar causas de variación:

- *Promedio*: es usado para definir el centro de la tabla de control.
- *Límites de control*: representan el rango de variación. Estos son aproximados ± 3 la desviación estándar del promedio. Un comportamiento de datos normal caerá dentro del 99.7% dentro de esos límites (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

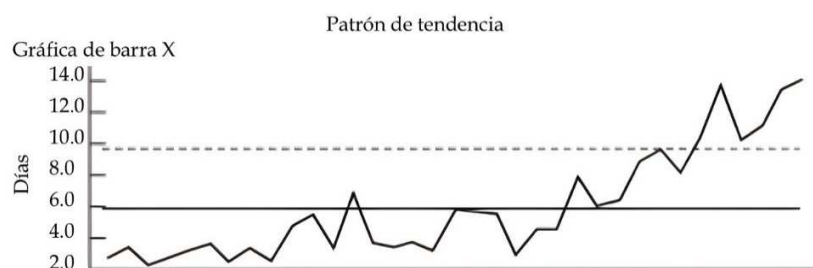


Figura 14: Carta de control extraída de Gryna, Chua, & Defeo, 2007

Fuente: (Gryna, Chua, & Defeo, 2007)

Para el problema planteado, se usarán las gráficas de promedio y rango para medir la tendencia de las unidades medidas a caer en los límites superiores e inferiores de acuerdo con lo que se definió en los objetivos y de esta manera ver un panorama general de que sigue pasando con el objetivo de las mejoras.

También se llevará un registro de no conformidades, por lo tanto, la gráfica de control para medir no conformidades permitirá verificar si el producto sigue teniendo no conformidades y defectos. Las gráficas de promedio ayudarán a saber si el tiempo en el que se ingresa una orden es el promedio objetivo; por lo tanto, la unidad de medida para esta carta es el tiempo.

2.3. Selección de herramientas

Condensando las herramientas vistas en la parte de la metodología, a continuación, se muestran las etapas de la metodología, relacionándolas con las herramientas desglosadas. Cada una de ellas se complementan entre sí para resolver el problema planteado del trabajo, como se muestra en la Figura 15.

Cabe señalar que las herramientas señaladas en la Figura 15 representan un compendio de las herramientas presentados a lo largo de la presentación de la propuesta metodológica. La descripción y propósito de cada una de ellas fueron explicados mientras la metodología era presentada.

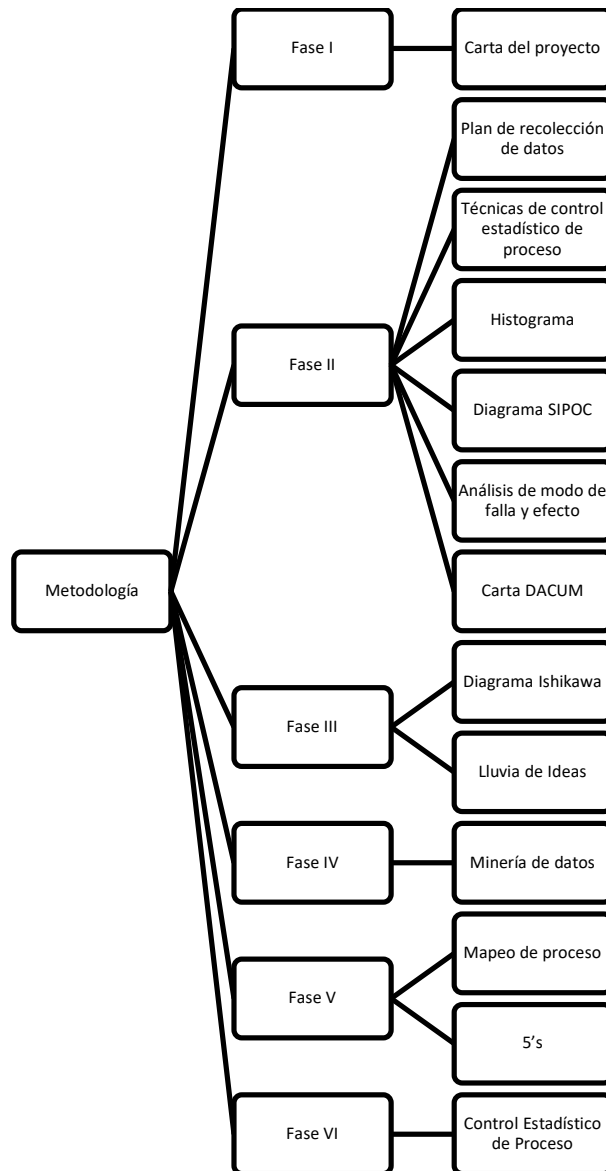


Figura 15: Herramientas usadas en las etapas de la Metodología
Fuente: Elaboración propia

2.4. Indicadores para evaluar la metodología propuesta.

La metodología debe de llevar al objetivo propuesto que, para este caso, es liberar una orden en promedio de 1 día, registrando que el proceso se delimita desde que una orden se recibe de parte del cliente con una orden de compra, hasta que se libera a producción.

En la etapa uno, se presenta la idea a la empresa a estudiar y se obtienen las aceptaciones de los equipos de trabajo. El objetivo será entregar la carta de proyecto en tiempo y forma dentro del primer mes de la etapa de implementación.

La etapa dos se tiene como objetivo obtener un panorama detallado del proceso con el tiempo real dentro de un histórico en el que tarde en procesarse una orden. La etapa estará completa al tener un análisis estadístico completo del tiempo y sus variaciones y un diagrama completo del proceso con sus entradas, actividades y salidas.

En la etapa tres, el indicador de la terminación de esta etapa será haber identificado a la causa raíz del problema y haber hecho una relación justificable entre esta y la hipótesis antes planteada.

La etapa cuatro determinará la obtención de la prueba de causa raíz, así como una o más soluciones potenciales para dirigir el problema.

En la etapa cinco deberá tener un proceso mapeado, documentado y estructurado ya con las mejoras seleccionadas en etapa cuatro.

Por último, la etapa de control deberá tener un análisis estadístico completo evaluando otra vez las variaciones del proceso, y si este varió, dirigir soluciones y controlar de nuevo.

2.5. Plan de Implementación

A continuación, en la Figura 16 se presenta el plan de implementación propuesta para llevar a cabo la metodología anteriormente mencionada. El propósito de esta actividad es presentar un estimado del tiempo que sería necesario para desarrollar cada actividad.

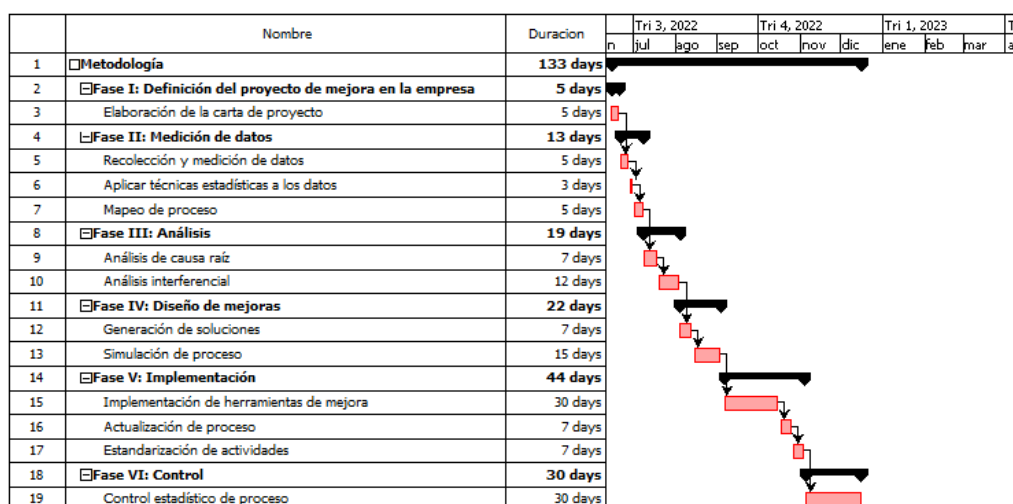


Figura 16: Plan de Implementación
Fuente: Elaboración propia

Con estas duraciones, se estima que para el desarrollo de toda la metodología se utilicen 133 días.

3. Implementación de la propuesta y análisis de resultados

En este capítulo se pondrá en marcha la metodología, conforme fue descrita en el capítulo anterior y se validará en una empresa enfocada a proporcionar soluciones de electrificación. El departamento encargado de realizar la mejora de proceso es el área de proyectos para el producto de interruptores de media tensión. El área de proyectos es la encargada de ingresar las órdenes de venta de los clientes al sistema. Este proceso se lleva a cabo por el especialista en control y planeación de proyectos, pero se involucrarán los diferentes líderes de proyecto para la lluvia de ideas, así como el gerente encargado del área como patrocinador del proyecto dentro del negocio.

Con las personas involucradas ya informadas, se procederá a ejecutar la etapa 1 de la metodología.

3.1.Fase I: Definición del proyecto de mejora en la empresa

A continuación, se describe la implementación de la etapa 1 considerando los pasos y las herramientas descritas en el capítulo anterior.

3.1.1.Carta del proyecto

Como se vio en la metodología propuesta, se empieza por definir la existencia de un proyecto de mejora con una carta del proyecto o acta de proyecto. Se realiza una junta con los involucrados del proyecto para definir la carta, tanto en fondo como en forma.

Todo el equipo debe definir la manera en que el acta sea entendible para la mayor cantidad de personas. El equipo se pone de acuerdo en las fechas objetivo y define los hitos, de forma que se asegure que el trabajo correrá a un ritmo constante.

Se describió toda la información que, de acuerdo con la metodología, era necesaria describir en el proceso, así como la formación del equipo de trabajo. En la junta se describió cada uno de los puntos a definir y por qué eran importantes. Se definió, en equipo, el nombre del proyecto, la problemática, el objetivo general, los objetivos específicos, se delimitó el alcance de la problemática a resolver, se establecieron los métricos y valores específicos y los entregables para el problema. Todo esto se definió mediante una lluvia de ideas, seguida de una reestructuración de las ideas en un acta de proyecto oficial. El resultado de esta actividad se muestra en la Figura 17. El acta final es presentara para autorización.

Acta de Proyecto

Nombre del proyecto	Mejora de Proceso de Ordenes de Venta		
Problemática	En los últimos tres años, la producción de unidades hechas al día empezó a aumentar debido a que la demanda del cliente creció proporcionalmente. El tiempo de entrada de órdenes real dura una media de 6 días en procesarse y, por lo tanto, confirmarse. mejorar el proceso de entrada de órdenes de actuadores y reconectores en una fábrica enfocada en vender productos del ramo eléctrico mediante la reducción del tiempo de proceso de órdenes		
Objetivo	Generar un sistema para la mejora del proceso de manejo de entrada de órdenes de compra con la finalidad mejorar los tiempos de entrega de producto de 6 días a 1 día en promedio.		
Objetivos específicos	- Realizar un análisis sobre las variables que influyen en el proceso para identificar posibles causas de las ineficiencias en el proceso. - Desarrollar una herramienta informática que permita monitorear y agilizar el proceso de entrada de órdenes para que se alcance el objetivo de duración no mayor a 1 día. - Implementar la metodología y herramienta desarrollada en un área piloto para validar la eficiencia de la propuesta desarrollada.		
Alcance	- Se enfocará en el ingreso de ordines de venta al Sistema – tiempo en que una orden se recibe por el área responsable de manejo y control de órdenes hasta el ingreso de la orden en el ERP. - Se desarrollará para el negocio de electrificación en el área de proyectos para la división de interruptores para intemperie e interconectores en media tensión. - Limitado a procesos internos.		
Fuera de alcance	- Proceso de ingreso de ordenes por los representantes de ventas - Procesos de ingreso de ordenes de ventas de otros productos y/o áreas.	Hitos	Fechas límite
Beneficios Esperados	- Confirmar ordines en promedio de 1 día - Satisfacción del cliente - Confirmaciones y agenda de ordenes en el mismo día que entra orden de venta.	Fase I: Definición del Proyecto de mejora en la empresa	08/22
Métricos / Valores Objetivo	Promedio de días que ordenes de un periodo tardaron en ingresarse.	Fase II: Medición de datos	09/ 22
		Fase III: Análisis	09 / 22
		Fase IV: Diseño de mejoras	10 / 22
		Fase V: Implementación	11 / 22
Equipo del proyecto	Interesados	Entregables	Fase VI: Control
Ixchel Yunge (Líder del proyecto) Andrea Tobias (Patrocinador del proyecto) Cecilia Gallegos (miembro del equipo) Luis Sánchez (miembro del equipo) Ignacio Alemán (miembro del equipo) Román Ávila (miembro del equipo)	Proyectos Ventas Clientes Planeador de producción.	Mapa de proceso actualizado Herramientas electrónicas para el proceso Manual y documentos electrónicos.	12 / 22
Duración del proyecto	8/2022 – 12/2022		
Riesgos	Volumen de ordenes, cambios organizacionales que afecten al proceso.		

Figura 17: Acta de Proyecto

Fuente: Elaboración propia

Al final de esta etapa se obtiene una carta de proyecto autorizada para seguir con las etapas subsecuentes. Como parte de la retroalimentación del equipo, se espera que este proyecto mejore

la eficiencia de un proceso crucial dentro del área de proyectos en el área de negocio que se está estudiando.

3.2.Fase II: Medición de datos

Después de la autorización del acta de proyecto por el patrocinador, se sigue con la segunda fase de la metodología, la cual incluye toda la recolección de datos a través de los sistemas de información, un análisis preliminar de los datos, y finalmente, un análisis de las entradas y salidas del proceso con un diagrama SIPOC.

3.2.1. Recolección y medición de datos

Para continuar, y de acuerdo con la metodología, se inició con un plan para definir la técnica para recolectar los datos requeridos para la resolución del problema. En un principio, se llevó a cabo una lluvia de ideas para definir qué información debía recolectarse. Se tomaron como guía los grupos experimentales definidos en la Tabla 3 de este mismo trabajo:

- Errores en la información ingresada
- Tipo de órdenes de compra
- Errores en localización
- Tipo de cliente

Las unidades de los grupos experimentales se definieron como órdenes con más de 1 día en el proceso y para el grupo de control se seleccionaron las órdenes exitosas, es decir, órdenes ingresadas en 1 día o menos. Para definir los elementos de cada grupo, se requirió conocer cuántos días se habían llevado para cada una de las órdenes; por lo tanto, se planeó obtener la fecha en que la orden fue colocada, es decir, la fecha que se encuentra en la orden de compra y la fecha de la orden ingresada en el sistema. La fecha de la orden ingresada en el sistema menos la fecha en que el cliente colocó la orden es el número de días que la orden tardó en ingresarse al sistema:

$$Ti = FOC - FCO \quad (1)$$

Donde:

Ti =Días que tardó una orden en ingresarse

FOC = Fecha de la orden confirmada en sistema

FCO =Fecha de la colocación de la orden

Siguiendo con los grupos experimentales, fue difícil definir qué información del sistema pudiera definiera errores en localización y errores en la información ingresada en una primera instancia, por lo que se concluyó que esta información podría ser analizada más adelante. La información sobre el *Tipo de órdenes de compra* y *tipo de cliente* se podían obtener del sistema ERP directamente, así que el plan de recolección de datos quedó tal y como se muestra en la Tabla 6: Plan de recolección de datos.

Tabla 6: Plan de recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia

Orden de venta	Fecha de colocación de la orden	Fecha de la orden confirmada en sistema	Días que tardó una orden en ingresarse	Tipo de orden	Cliente

Después de resolver el “¿qué?” es lo que se iba a medir y recolectar, se pasó a definir el “¿cómo?”. Además del sistema ERP usado en la empresa estudiada en este trabajo, se usan otras herramientas conectadas al sistema ERP para bajar reportes o ingresar información de manera más rápida y efectiva. Por ejemplo, en vez de ingresar orden por orden y línea por la línea de una orden de compra en el sistema ERP del negocio, se captura en una página WEB, que permite ingresar más de una línea al mismo tiempo, y así poder contar con la información más importante de una orden de manera más visible. Esta página WEB también permite sacar distintos reportes ligados con el sistema ERP de manera sencilla, ya que no es necesario saber que transacciones usar u obtener autorizaciones adicionales.

Una vez que se cuenta con el reporte adecuado, se decidió obtener las órdenes de venta de la planta en 2 etapas y de acuerdo con lo que ya se había definido anteriormente en el punto 2.3 del presente trabajo. Primero, se obtuvieron las órdenes ingresadas del 2018 al 2020, usando el reporte mostrado en una captura de pantalla de la página WEB en la Figura 18.

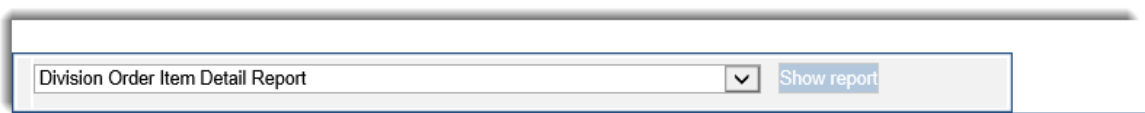


Figura 18: Reporte usado para extraer las órdenes de venta

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los periodos seleccionados para la obtención de la lista de órdenes y la división a la cual pertenecen, se generó el reporte en un archivo Excel y se extrajo el nombre de las órdenes de venta, incluyendo la fecha de la colocación de la orden. Se procede de la misma manera desde el periodo 2021 hasta el segundo cuarto del 2022.

Teniendo ya las primeras dos columnas de el plan de recolección de datos, se procedió ahora a investigar que tablas en el mismo sistema ERP se podrían usar para obtener los datos restantes. En este caso, se consultaron del mismo sistema las ayudas y los manuales para seleccionar la que sería la mejor tabla. Una vez se obtuvieron las tablas correspondientes para toda la columna de datos, se ingresaron la *entrada de datos*, que son las órdenes de ventas extraídas del primer reporte para los dos periodos.

3.2.2. Prueba para la Aplicación de técnicas estadísticas a los datos

Una vez que se recopilaron todos los datos necesarios para realizar un análisis estadístico preliminar, se procedió a ingresarlos en el programa “Minitab”, un programa hecho para el análisis estadístico. En primera instancia, se ingresa la cuarta columna del plan de recolección de datos, es decir, los días que tardó una orden en ingresarse; se sacan los estadísticos descriptivos en una hoja y posteriormente se procede a sacar un informe de resumen. Se obtiene el informe y se analizan los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos para el periodo 2018 al 2020 se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Orden 2018-2020	2829	0	2.3335	0.0806	4.2866	-0.8349	0.3562	1.3310	3.3968

Variable	Máximo	Modo	N para moda
Orden 2018-2020	96.3234	-0.350276	3

Figura 19: Información estadística preliminar periodo 2018-2020
Fuente: Elaboración propia

La variable mostrada en la información representa el nombre de la columna ingresada para la medición de los días que tardó una orden en ingresarse. La “N” es el número de datos ingresados que fueron registrados, en este caso fueron el total de los datos sin excluir ninguno de la columna, por lo tanto, la N* es 0.

El siguiente dato es la media, que es el promedio de los datos. La media ayuda a identificar el promedio de duración de la orden en el proceso, que en este caso la duración es de 2.33 días en ser completada. El error estándar de la media se utiliza para medir la precisión de la estimación de la media, en este caso, al ser la media de 2.33 días y su error estándar del ajuste es 0.0806 días, se podría decir que la media está bastante cerca al valor de 2.33 días. Por otro lado, la desviación estándar muestra que tan dispersos están los datos con respecto a la media. En este caso, el tiempo promedio en el que una orden tarda en ingresarse se desvía de la media aproximadamente 4.2866 días.

El mínimo es el valor más pequeño de los datos en este caso el mínimo fue de -0.8349, es decir, una orden ingresada en menos de un día. El “Q1” representa el 1er cuartil en 25% de los datos, es decir que el 25% de los datos es igual a 0.3562 o menor. Se muestra un ejemplo de los datos en la Tabla 7.

Tabla 7: Q1 en datos
Fuente: Elaboración propia

Orden de venta	fecha de colocación de la orden	Fecha de la orden confirmada en sistema	Días que tardó una orden en ingresarse	Tipo de orden	
RA15534	10/09/2020	11/09/2020	0.3548	F	
MVB2603	08/04/2019	09/04/2019	0.3551	F	
DN110188	20/08/2018	21/08/2018	0.3553	F	
RA15596	16/09/2020	17/09/2020	0.3557	F	
HOT11062	06/11/2019	07/11/2019	0.3557	F	
TDP18327	08/02/2018	09/02/2018	0.3558	W	
RNT4113	10/02/2019	11/02/2019	0.3559	A	
MWS0284	11/05/2020	12/05/2020	0.3559	F	Q1= 0.3562
PT74006	26/08/2019	27/08/2019	0.3564	F	
OEC2117	02/07/2018	03/07/2018	0.3568	F	
RA15330	06/04/2020	07/04/2020	0.3569	F	
PT83889	26/04/2018	27/04/2018	0.3574	F	
RNT4112	10/02/2019	11/02/2019	0.3576	A	
PT48063	30/10/2018	31/10/2018	0.3582	F	
PT48063	30/10/2018	31/10/2018	0.3582	F	
RA15533	10/09/2020	11/09/2020	0.3583	F	

La mediana es el punto medio del conjunto de datos. Así como la media, la mediana mide la tendencia central. Si los datos fueran simétricos, la mediana y la media serían similares, pero en este caso la mediana y la media no son similares ni cercanas entre sí como se muestra en la Figura 20, los datos están más cargados hacia la derecha lo que indica que, al contrario de lo que en estricta teoría nos dice la media (el 50% de los datos están por arriba de 1.33 y los demás son menores) es posible que más del 50% de los datos esté por arriba del 1.33 días.

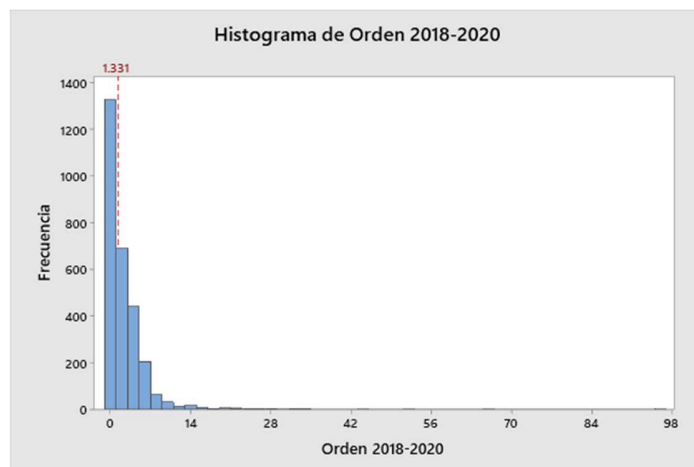


Figura 20: Histograma mostrando la mediana de los datos 2018-2020

Fuente: Elaboración propia

El 3er cuartil divide los datos en cuatro partes iguales, es decir, el 75% de los datos son igual o menores a 3.3968 día como se puede ver en la mostrando una captura de la tabla de datos.

Tabla 8: Tabla de datos mostrando tercer cuartil

Fuente: Elaboración propia

Orden de venta	fecha de colocación de la orden	Fecha de la orden confirmada en sistema	Días que tardó una orden en ingresarse	Tipo de orden	
RNT4104	10/02/2019	14/02/2019	3.3864	A	
YOD6320	23/08/2018	27/08/2018	3.3897	A	
YOD6320	23/08/2018	27/08/2018	3.3897	A	
TDP20825	02/03/2020	06/03/2020	3.3927	F	
SES5633	20/12/2018	24/12/2018	3.3932	F	
PT84315	07/09/2018	11/09/2018	3.3946	F	
PT84315	07/09/2018	11/09/2018	3.3946	F	
HTS1662	02/08/2018	06/08/2018	3.3952	F	
PT73452	24/08/2018	28/08/2018	3.3964	A	
PT73452	24/08/2018	28/08/2018	3.3964	A	
EMS4080	26/07/2018	30/07/2018	3.3967	A	Q3= 3.3968
PT74124	16/12/2019	20/12/2019	3.3969	F	
JLE0062	16/07/2020	20/07/2020	3.3986	F	
VEP17315	08/03/2018	12/03/2018	3.3986	F	
RNT4287	08/08/2019	12/08/2019	3.4013	F	
RNT4287	08/08/2019	12/08/2019	3.4013	F	

El máximo es, básicamente, el valor más grande de los datos. El máximo de los datos en esta corrida fue 96.3234 días, lo cual lo hace un dato atípico, porque lo que se tendría que estudiar de manera aislada. Por último, la moda o el modo, como lo muestra “Minitab”, representa el valor más común de la muestra, en este caso es de -0.350275 días y se repite 3 veces a lo largo de la corrida como se muestra en la N para moda de la Figura 21, esto se referirá a que la moda de los datos muestra órdenes que se metieron en menos de un día.

Siguiendo con la aplicación de técnicas estadísticas para un mejor entendimiento de los datos, se obtuvo un informe de resumen de las órdenes del 2018 al 2020. Este informe debería sacarse principalmente para la información del histograma, aunque la información restante dará un panorama todavía más completo.

Los días que se requirieron para ingresar una orden en el periodo de 2018 a 2020 fueron de 2.3335 días, con una desviación estándar de 4.2866 días. Se muestra que hay una amplia dispersión e incluso la media se encuentra lejos del valor objetivo de 1 día. El intervalo de confianza de 95% muestra que un rango probable para el ingreso de órdenes en ese periodo está entre 2.1755 y 2.4916, este rango está fuera del rango objetivo presente.

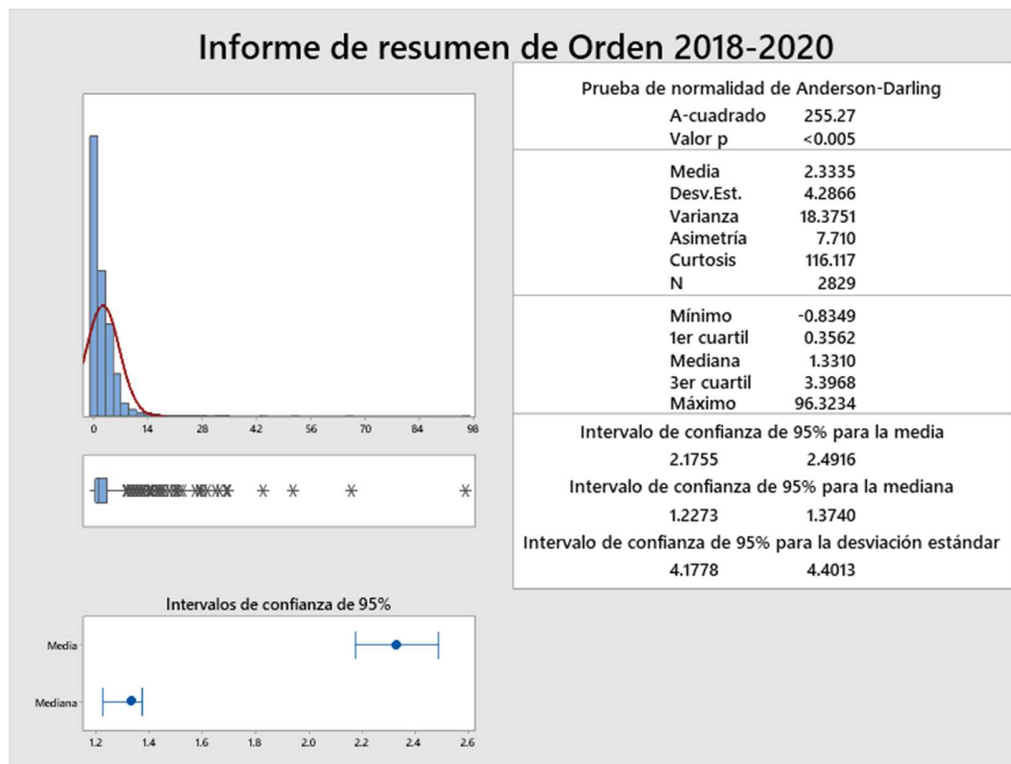
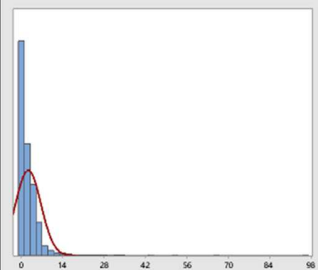


Figura 21: Informe de resumen de orden periodo 2018-2020
Fuente: Elaboración propia

Resumiendo todo lo anterior, se elaboró un informe, mostrando los detalles más relevantes:

Tabla 9: Datos de la muestra resumidos 2018-2020

Fuente: Elaboración propia

Datos de la muestra 2018-2020		
Estadístico		Análisis y comentarios
Medidas de tendencia		-Las medidas de tendencia central no son similares ni cercanas entre sí.
Media	2.3335	-de 2829 ordenes analizadas, 50% de ellas están igual o arriba a 1.331 días.
Mediana	1.331	
Moda	-1	
Desviación estándar	4.2866	En este periodo los días que tardó una orden en ingresarse fueron 2.3335 ± 6.6201 . Es decir, si una orden se ingresó en este periodo, muy probablemente se ingreso de menos de 1 día hasta 6.6201 días.
Máximo	96.3234	-A partir del día 14, hay casos aislados distribuidos hasta el día 96. la media de los casos aislados es de 56 días.
		-Se presenta una distribución sesgada a la derecha, lo cual es normal dado que las ordenes pueden ser ingresadas en menos de un día.
		Hay mucha variación en el proceso

Una vez sacado el reporte general de este periodo, se continuó con el segundo periodo, es decir, los datos históricos del 2021 y el primer y segundo cuarto del 2022. Los estadísticos básicos arrojados son los siguientes:

Estadísticas

Variable	N	N°	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Orden 2021-2022	2696	0	4.167	0.124	6.456	-0.728	0.550	2.590	5.428	118.370
N para										
Variable	Modo	moda								
Orden 2021-2022	0.498663	55								

Figura 22: Información estadística preliminar periodo 2021-2022

Fuente: Elaboración propia

En este caso el número máximos de datos ingresados fueron 2696, como se muestra en la Figura 22 . La media fue de 4.167, aún más grande que el periodo pasado y con una desviación estándar de 6.456 días. Es decir, que los valores se desvían aproximadamente 6.456 días. El error estándar de la media es más grande que el primer periodo con un valor de 0.124 días.

Esta corrida también tuvo un caso atípico, aún mayor a la de la primera corrida de datos. El dato máximo registrado es de 118 días, por lo que también se tendrá que investigar de manera específica. La media y la mediana están todavía más separadas que en la primera corrida, como se muestra, aunque, como la anterior, los datos también muestran una tendencia cargada hacia la derecha.

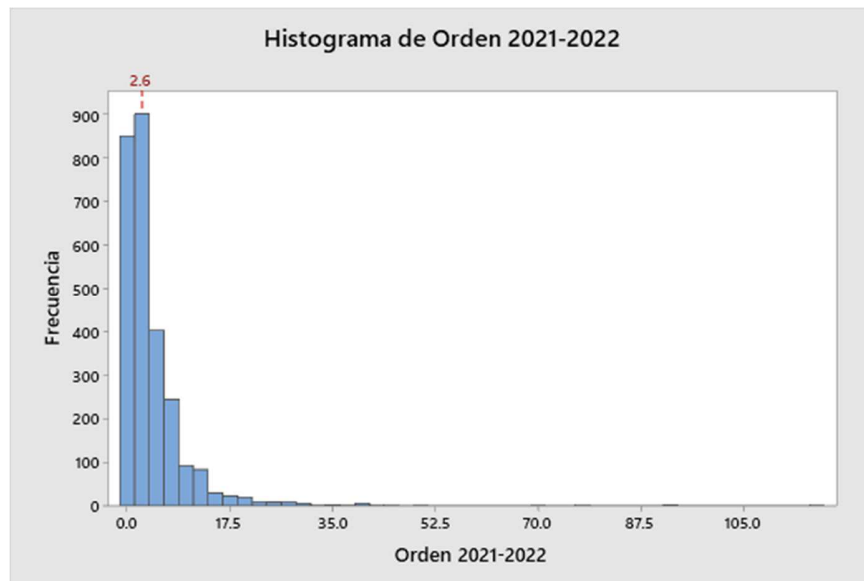


Figura 23: Histograma mostrando la mediana de los datos 2020-2022
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el resultado de Q1, el 25% de los datos está a 0.550 días o menos y el 75% de los datos está a 5.428 días o menos. La moda fue de 0.498663 y se repitió 55 veces.

De igual manera en el seguimiento de aplicación de técnicas estadísticas a los datos, se hizo un informe de resumen de orden para el 2021-2022 como se muestra en la Figura 24. Este informe, como el primero, muestra que los días que se requirieron para ingresar una orden fueron de 4.167 días, con una desviación estándar de 6.456 días, más días que el periodo anterior. Esto puede deberse al volumen de órdenes más grande generado en este periodo. Al igual que el primer periodo, hay una amplia dispersión de los datos y la media se encuentra cada vez más lejos del objetivo. Los días que tardó una orden en ingresarse en este periodo, muy probablemente, fueron entre 3.923 y 4.411 días.

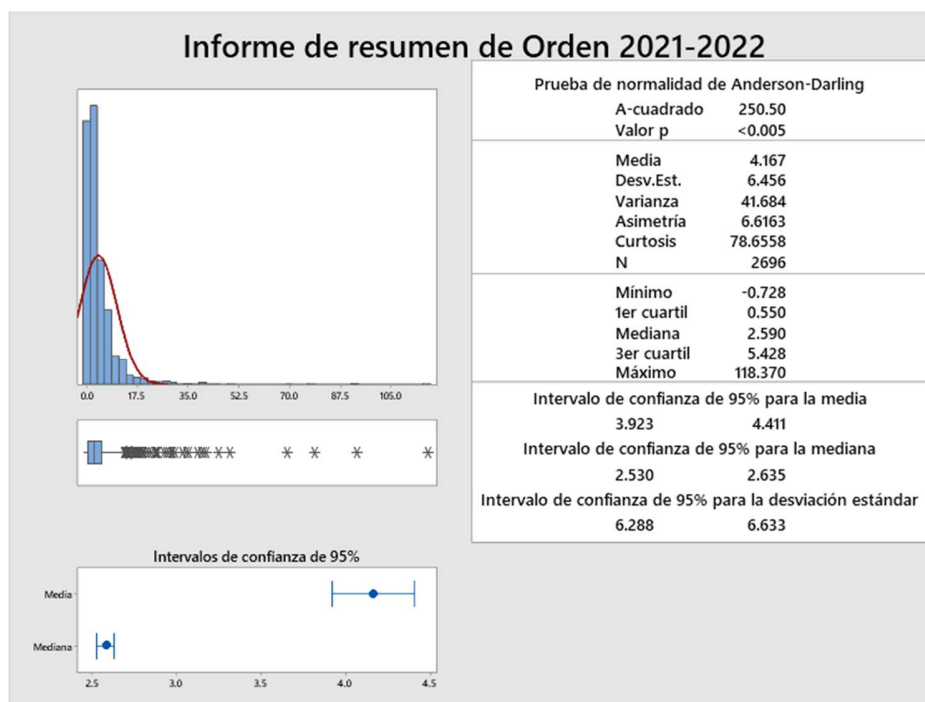
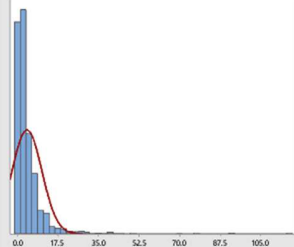


Figura 24: Informe de resumen de orden periodo 2021-2022
Fuente: Elaboración propia

Resumiendo, el análisis anterior se pudo llegar al reporte condensado en la Tabla 10:

Tabla 10: Datos de la muestra resumidos 2021-2022
Fuente: Elaboración propia

Datos de la muestra 2021-2022		
Estadístico	Análisis y comentarios	Conclusiones
Medidas de tendencia	-En este periodo estas medidas tampoco son similares entre sí.	En este periodo el proceso tarda en promedio 4.167 días en ser procesada
Media	4.167 -de 2696 ordenes analizadas, 50% de ellas están igual o arriba de 2.59 días.	
Mediana	2.59	
Moda	-1	
Desviación estándar	-Los días que tardó una orden en ingresarse fueron 4.167 ± 10.623 . si una orden se ingresó durante este periodo es muy probable que haya tardado menos de un día a 10.623 días	El proceso sigue estando fuera de especificaciones e incluso la desviación estándar a incrementado respecto a periodos anteriores
Máximo	118.37	Se tendrán que revisar casos aislados.
		Sigue habiendo mucha variación en el proceso.

Como conclusiones generales de los dos periodos, y revisando información estadística preliminar, en los dos periodos las medidas de tendencia central no son similares entre sí y el promedio que tarda una orden en ingresarse es por encima del objetivo, aunque de manera general,

no tarda 6 días como cuando se analizó el problema planteado, que seguramente fue en un periodo muy corto entre el año 2021. En los dos periodos hubo casos aislados, presentando una cantidad de días muy por arriba de la normalidad, por lo que se tiene que estudiar a profundidad el caso de esas muestras.

3.2.3.Mapeo de Proceso

Siguiendo la metodología propuesta en este trabajo, se desglosa el mapa de proceso mostrado ya anteriormente en la sección de problemática, en la Figura 1. Como primer paso, se desglosa el proceso celda por celda; es decir, empezando a llenar el diagrama SIPOC con la letra “P” y posteriormente llenado los campos de salidas y clientes y finalmente las letras del principio que serían entradas y sus proveedores.

Se realizó una lluvia de ideas para identificar las salidas y sus clientes. Se identificaron las salidas y los clientes más importantes para cada proceso ya que puede haber más salidas y clientes secundarios. Al igual que las salidas y clientes, las entradas y proveedores se definieron por lluvia de ideas y se identificaron las entradas y los proveedores principales ya que podría haber secundarios. A continuación, se muestra el resultado del desglose del proceso en un diagrama SIPOC en la Tabla 11.

Tabla 11: Diagrama SIPOC, proceso de entrada de órdenes
Fuente: Elaboración propia

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Cliente	Requisición de compra	Cliente coloca la orden de compra	Orden de compra	Representante de ventas
Representante de ventas	Orden de compra	Representante de ventas transmite la orden al sistema	Orden de venta transmitida	Sistema de procesamiento de ordenes de venta
Sistema de procesamiento de ordenes de venta	Orden de venta transmitida	Recibir orden de venta	Reporte de ordenes de venta transmitidas	Especialista en control y planeación de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos	Orden de venta, PO, cotización, información del proyecto	Se compara y revisa la información entra la orden de compra, la cotización e información adicional proporcionada por cliente	Información checada	División de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos	Orden de venta, PO, cotización, información del proyecto	Checar si la información es correcta	Información checada	División de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos	Información incorrecta	Se revisa información con marketing o representante de ventas	Comunicación a marketing o representante de ventas con información incorrecta	Marketing y/o representante de ventas
Representante de ventas	Información incorrecta	Corregir información	Información correcta	Especialista en control y planeación de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos	Orden de venta en sistema de procesamiento de ordenes de venta	Se transmite al sistema ERP	Orden de venta en sistema ERP	División de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos	Orden de venta en sistema ERP con información incompleta	Se da mantenimiento a orden en el sistema ERP	Orden de venta en sistema ERP con información completa	División de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos o planeador	Orden de venta sin fecha	Se programa la orden de venta	Orden de venta con fecha	División de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos o planeador	Información de orden de venta	Se agrega información relevante para la fábrica en base de datos	Correo de comunicación sobre orden colocada	División de proyectos
Especialista en control y planeación de proyectos o planeador	Información de orden de venta	Se pasa orden a diseño de ingeniería	Orden en fase de diseño	Ingeniería

Una vez realizado el mapa de proceso, se identificaron los requerimientos de calidad de cada uno de los entregables de las actividades. En este caso, y como el presente trabajo se enfoca en reducir el número de días del proceso general, el requerimiento de calidad pretende que cada actividad se realice en tiempo. Nótese que hay entradas que ya suponen que la información tendrá temas de calidad, por lo que actividades como “*se revisa información con marketing o representante de ventas*” y “*corregir información*” han sido agregadas al proceso.

3.2.4. Análisis de modo de falla y efecto

En este punto, se toman los pasos del proceso de entrada de las órdenes de venta mostrado en un principio en la y se hace un análisis de modo de falla y efecto. Se utiliza un formato de

“AMEF” (Análisis de modo de falla y efecto) ya predeterminado, que para este caso fue el de “The basics of FMEA” (McDermott, Mikulak, & Beauregard, 2008). Así como se hizo para el diagrama SIPOC, se enlistan las actividades del proceso en el formato preestablecido como se muestra en la Figura 25.

Análisis de modo de falla y efecto										
Etapa del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	Severidad			total	Ponderación Sev total	Ocur	Controles actuales del proceso	Datec
			Costo	Tiempo	Calidad					
Cliente coloca la orden de compra										
Representante de ventas transmite la orden al sistema										
Recibir orden de venta										

Figura 25: Etapas del proceso AMEF
Fuente: Elaboración propia

Para la segunda etapa, se requirió de la retroalimentación del equipo de trabajo, por lo que se solicitó una junta para llevar a cabo una lluvia de ideas acerca de los modos potenciales de falla de cada una de las actividades. La lluvia de ideas no estuvo limitada a una sola sesión, sino que se realizó de manera iterativa hasta estar de acuerdo que los modos potenciales de falla listados eran congruentes y concisos.

Teniendo en cuenta que el proceso ya estaba documentado antes del trabajo planteado, se entiende que el equipo ya tiene un conocimiento previo del proceso, así que el equipo de trabajo, una vez planteados los modos potenciales de falla, puede predecir sus efectos. Para algunos modos potenciales de falla puede haber un solo efecto, pero para otros puede haber más de uno.

Una vez listados los efectos potenciales de falla, se asigna un número de severidad respecto a una tabla de ponderación. La tabla de ponderación tomada como referencia fue del mismo manual del formato, pero adecuado a la triple restricción usada en la administración de proyectos: costo,

tiempo y calidad. Se asignó una ponderación a cada tipo de severidad, como se puede ver en la Tabla 12.

Tabla 12: Severidad adaptada a la triple restricción de Administración de Proyectos
Fuente: Elaboración propia

La Triple Restricción				
Costo	Tiempo	Calidad	Rango	Ponderación
El error envuelve medidas y regulaciones financieras de acuerdo al costo negativo de la orden	Se tienen que tomar medidas respecto al tiempo ciclo de la orden debido al modo potencial de falla	El modo potencial de falla envuelve una no conformidad con las regulaciones auditable y es visible para el cliente	10	900-1000
			9	800-900
El modo potencial de falla afecta el margen de la orden y hay pérdida la orden	El modo potencial de falla afecta el tiempo ciclo total de la orden	El modo potencial de falla degrada la función principal del proceso y puede ser visible para el cliente	8	700-800
			7	600-700
El margen de utilidad de la orden se degrada	El modo potencial de falla afecta el tiempo ciclo del proceso	El modo potencial de falla degrada algunas funciones secundarias el proceso	6	500-600
			5	400-500
el margen de utilidad de la orden se degrada ligeramente	El modo potencial de falla afecta el tiempo de la actividad y afecta ligeramente el tiempo ciclo del proceso	El modo potencial de falla de la orden causa inconvenientes y retrabajos	4	300-400
			3	200-300
Degradación menor en el costo de la orden	Perdida de tiempo ciclo en la actividad es menor	Inconvenientes menores en el proceso	2	100-200
No hay degradación visible del costo total de la orden	No hay degradación visible en el tiempo de la orden	No hay efecto discernible	1	1-100

Considerando la tabla de severidad, se estableció una escala de 3 ponderaciones de severidad en vez de una y al final se obtuvo una ponderación total.

$$S = SCos \times STi \times Scal \quad (2)$$

Donde:

S =Severidad

$SCos$ = Severidad en costo

STi =Severidad en tiempo

$Scal$ =Severidad en calidad

La severidad total se midió respecto a la columna “ponderación” de la Tabla 12 y de ahí se asignó un rango. Por ejemplo, el efecto potencial de falla “Orden tarda más de 1 día en ingresarse”

tuvo una severidad en costo de 4, con una severidad en tiempo de 9 y una severidad en calidad de 8 dando un total de 288 por lo que su ponderación total según el rango fue de 3.

Para la ocurrencia, también se adaptó la Tabla 13 mostrada, tomando en cuenta criterios históricos del equipo. Por ejemplo, el mismo efecto del ejemplo anterior obtuvo una ocurrencia de 5, ya que, siguiendo la teoría de la mediana, en estricta teoría, aproximadamente el 50% de la población ha estado arriba de 1 día.

Tabla 13: Escala de ocurrencia
Fuente: Elaboración propia

Probabilidad	Descripción	OCU
Muy elevada	El fallo es casi inevitable. El proceso tiene establecidas tareas suplementarias para corregir o compensar el fallo	9-10
Elevada	El fallo por esta causa se produce regularmente. El proceso tiene previstas las tareas suplementarias que se han de realizar para corregirlo	7-8
Moderada	El fallo (por esta causa) se produce ocasionalmente. No hay tareas suplementarias específicamente previstas	4-6
Débil	El fallo (por esta causa) se produce de manera aislada, poco significativa.	2-3
Despreciable	El fallo (por esta causa) es improbable. No hay experiencia para decir que se produce	1

Como último indicador, se asigna una detección a cada efecto potencial de falla. Se empieza identificando los controles actuales existentes en el proceso que podrían detectar una falla o efecto de una falla. Si no hay controles actuales en el proceso, la detección será muy baja; en cambio, si los controles son estrictos, habrá una alta probabilidad de detectar que existe una falla.

Cabe destacar que, para no desviarse del tema principal, se tomaron en cuenta sólo los modos potenciales de falla que contenían “Orden tarda más de 1 día en ingresarse” en sus efectos potenciales de falla, ya que es lo que espera solucionar este trabajo. Se muestran también algunos efectos potenciales de falla que no contienen la falla “Orden tarda más de 1 día en ingresarse” tratando de mostrar todos los efectos de los modos potenciales de falla y que la mejora de los controles actuales del proceso mejorarían efectos colaterales.

Se enlistan los controles actuales del proceso y se les asigna un rango de detección conforme la Tabla 14, mostrada abajo. Los modos potenciales sin efectos sobre el tiempo actual de la orden se dejaron en blanco.

Tabla 14: Rango de detección
Fuente: Elaboración propia

Detección	Descripción	DET
Imposible	Los controles actuales no permiten detectar la existencia de fallo. El fallo originará, inevitablemente las consecuencias	10
Incierta	Los controles actuales apenas permiten detectar la existencia del fallo. El cliente percibirá seguramente las consecuencias	9-8
Moderada	Los controles actuales son capaces de detectar el fallo a proceso completado, per antes de que las consecuencias afecten al cliente	7-5
Elevada	Los controles actuales son capaces de detectar el fallo antes de que el proceso haya terminado. Se pueden evitar las consecuencias	4-3
Muy elevada	Los controles actuales detectarán con seguridad el fallo antes de que el proceso haya terminado. No se producirán las consecuencias.	2-1

Una vez que se tiene la información recabada, se prosigue con el cálculo del número de riesgo prioritario o RPN, por sus siglas en inglés. Se calcula simplemente multiplicando los rangos de ocurrencia, severidad y detección. De esta manera se obtiene una conclusión del AMEF como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15: Extracto AMEF
Fuente: Elaboración propia

Análisis de modo de falla y efecto													
Etapa del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de la falla	Severidad					total	Ponderación Sev total	Ocur	Controles actuales del proceso	Detección	R
			Costo	Impacto	Tiempo	Daño	Calidad						P
Cliente coloca la orden de compra	Orden de compra incorrecta	Orden tarda más de 1 día en ingresarse	4	9		8	288	3	5	Se revisa especificaciones más importantes de la orden de compra	9	135	
		Pedido se manda incorrecto a cliente	4	8		10	320	4	1			36	
	Cliente bloqueado por no actividad o por crédito	Orden tarda más de 1 día en ingresarse	4	9		8	288	3	5	No hay control actual	9	135	
Representante de ventas transmite la orden al sistema	Orden en una locación incorrecta	Orden tarda más de 1 día en ingresarse	4	9		8	288	3	5	Servicio al cliente descarga reportes de las diferentes locaciones	9	135	
		Orden fuera de fecha requerida por cliente	5	10		10	500	6	5			270	
	Orden con información incorrecta	Pedido se manda incorrecto a cliente	9	8		10	720	8	1	Se revisa especificaciones más importantes de la orden de compra	4	32	
		Errores en los demás procesos	1	8		4	32	1	6			24	
		Orden tarda más de 1 día en ingresarse	4	9		8	288	3	5			60	
		Orden no se puede ingresar	4	7		8	224	3	2			24	
	Falta información en la orden	Orden no se puede ingresar	4	7		8	224	3	2				

Los modos de falla pueden ser ahora priorizados por el mayor número de riesgo prioritario hasta el menor. Para efectos de llegar a una conclusión, se tomará la ley de Pareto, es decir, el 80 del total del RPN viene del 20% de las fallas potenciales y sus efectos.

En este caso, y como se puede ver en el diagrama de Pareto mostrado en la Figura 26, el efecto “orden en locación incorrecta”, causan más del 80% de las ocurrencias.

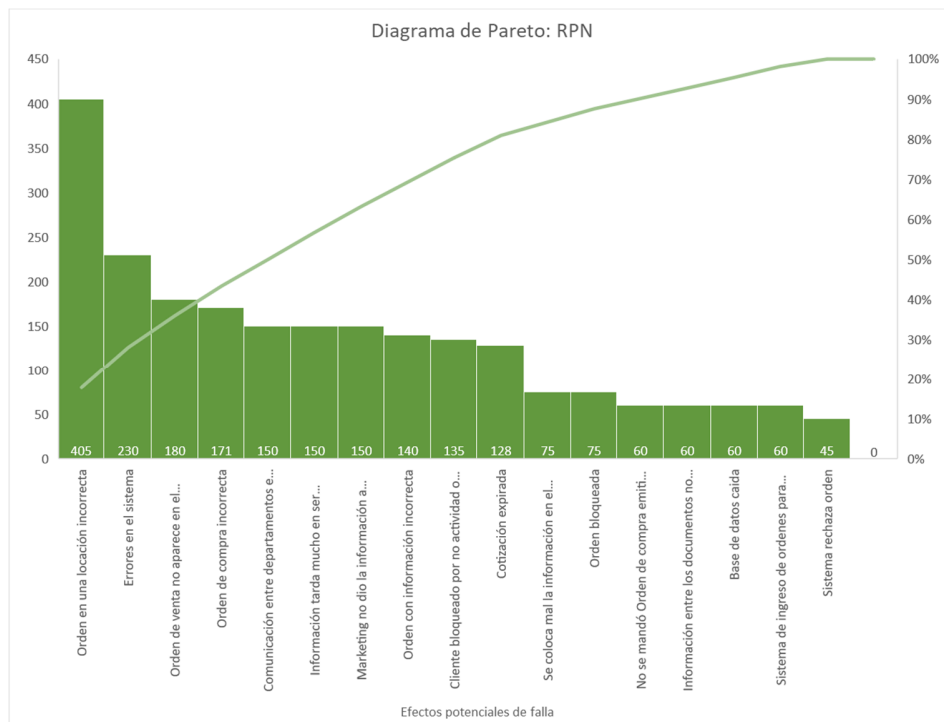


Figura 26: Diagrama de Pareto: defectos en el proceso de órdenes
Fuente: Elaboración propia

Se tomaron también en cuenta los resultados del AMEF, quitando los efectos potenciales de la falla que no fuera más que “Orden tarda más de 1 día en ingresarse”. En este caso, como muestra el Pareto de la “la comunicación entre departamentos es lenta” en la Figura 27, este es el modo potencial de falla más importante.

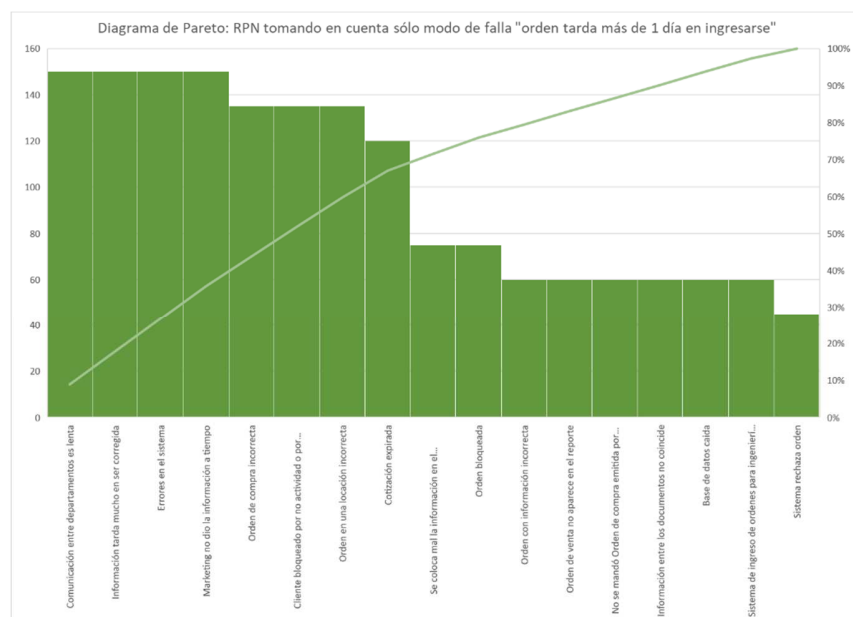


Figura 27: Diagrama de Pareto: defectos tomando en cuenta sólo modo de falla "orden tarda más de 1 día en ingresarse"
Fuente: Elaboración propia

3.3.Fase III: Análisis

3.3.1. Análisis de causa raíz

Anteriormente, ya se había realizado un diagrama de espinas de pescado como se muestra en la Figura 9 para poder ponderar las variables que se compararían con las variables exitosas a lo largo del proyecto. Se volvió a replantear el diagrama de pescado, esta vez analizando categoría por categoría y eliminando las causas que, se decidió, no aplicaban. También se replanteó el problema que es el objetivo inicial del trabajo.

Se empezó nombrando el problema y luego se decidieron las categorías más importantes para crear el esqueleto de pescado. en este caso, se trabajó con máquinas, mano de obra, medio ambiente, medición, método y el dueño del proceso que es el especialista de proyectos. El diagrama se muestra en la Figura 28.

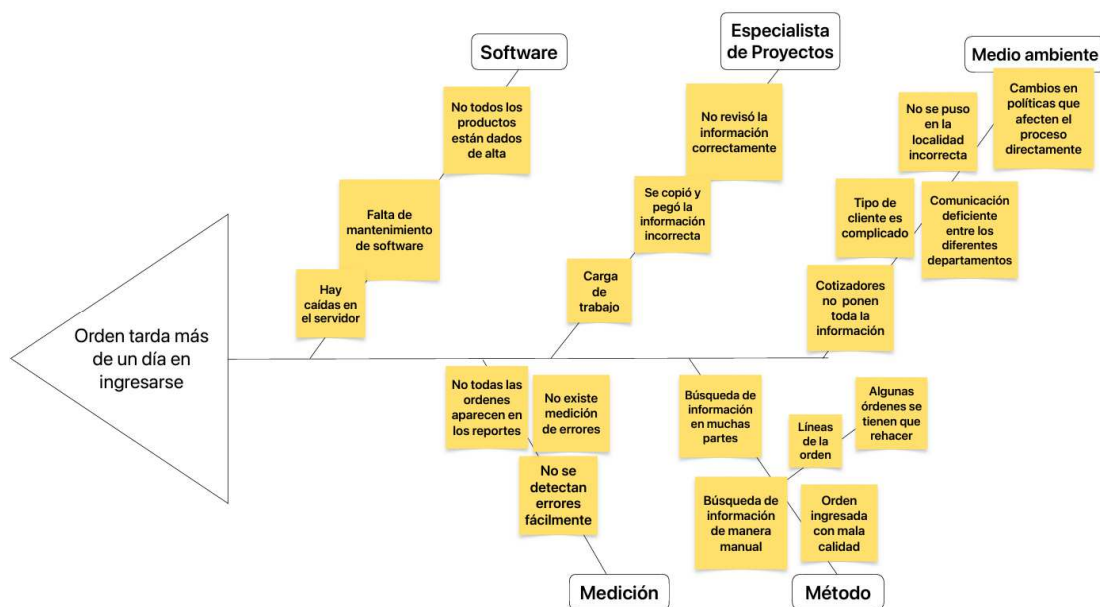


Figura 28: Diagrama de causa efecto
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.1. Análisis interferencial

Se pretende partir de la premisa que se obtuvo en el análisis del AMEF, hecho con el modo de falla de "Orden tarda más de 1 día en procesarse". Esta fue la formulación del problema. El primer paso para hacer un análisis interferencial consiste en establecer las hipótesis, nula y alternativa. Ya se había planteado la hipótesis en el capítulo 1.5.3, el cual se leía de la siguiente manera:

El desarrollo de una metodología para el control del proceso de entrada de órdenes, aunado al desarrollo de una herramienta informática para el monitoreo de estas permitirá reducir el tiempo de confirmación de órdenes.

Esta sería la hipótesis nula, por lo que, al no ser verdadera, se tendría la siguiente hipótesis alternativa:

El desarrollo de una metodología para el control del proceso de entrada de órdenes, aunado al desarrollo de una herramienta informática para el monitoreo de estas, no permitirá reducir el tiempo de confirmación de órdenes.

Para aterrizar esta hipótesis con el diagrama de causa efecto planteado en el capítulo anterior, se definen las siguientes causales, para ayudar a encontrar una metodología que permita identificar los atributos que puedan causar que una orden tarde más de 1 día en ingresarse:

- *X1: El tipo de cliente afecta en la cantidad de días que una orden tarda en procesarse.*
- *X2: La carga de órdenes que hubo en un día afecta el tiempo que tarda una orden en procesarse.*
- *X3: El tipo de representante de ventas (interno o externo) afecta el tiempo que tarda una orden en ingresarse.*
- *X4: Las caídas de servidor aumenta el tiempo que tarda una orden en ingresarse.*
- *X5: Las órdenes que nunca se han fabricado tardan más en procesarse en sistema.*
- *X6: El número de líneas de una orden afecta el tiempo que tarda una orden en ingresarse.*
- *X7: La comunicación deficiente entre departamentos afecta en el número de días que tarda una orden en ingresarse*

Se propuso un plan para probar las posibles causas planteadas en el diagrama de causa efecto. El plan se presenta en la Tabla 16 y se explica a continuación.

Se enlistaron las diferentes causas “X” en la columna B y, de acuerdo con ellas, se extrajo el tipo de información que se necesita para probarlas y se enlistó en la columna C de la tabla. Después, se planteó una conjetura matemática, la cual se pueda probar mediante herramientas estadísticas y se definieron las variables de esa conjetura y de donde se podría sacar esta

información en los reportes del negocio (Columna E). La conjetura matemática se agregó en la columna D de la tabla y las variables “X” y “Y” en las columnas F y G.

En la columna H se describió la naturaleza de las variables “X” y “Y”, las variables discretas son las que pueden tomar solo ciertos valores específicos (ej. La región de una orden sólo puede ser Este u Oeste) y las variables continuas son las variables que pueden tomar cualquier valor de acuerdo con cómo fueron medidas (Gryna, Chua, & Defeo, 2007). En la columna I se muestra si el tipo de población es independiente o dependiente. En la columna J se muestra el número de muestras que se van a usar para la prueba.

Por último, de acuerdo con las características de las variables y el número de muestras, se determinó que herramienta estadística se usaría para probar cada uno de los supuestos. Para definir las herramientas estadísticas, también se tomó el supuesto de que ninguna de las muestras es normal, como ya se había definido previamente en las pruebas estadísticas de los datos.

Número de prueba	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Causales relacionadas con la teoría	Descripción/ tipo de información	Conjetura Matemática	Donde recopilar la información	Variable X	Variable Y	Descripción/tipo de información	Tipo de población	Número de muestras	Herramientas para usarse
X1	El tipo de cliente afecta en la cantidad de días que una orden tarda en procesarse.	-Región en donde se encuentra el cliente	Existe una dependencia entre la región de la orden y el número de días que tarda en ingresarse	-Reporte de ordenes extraída de la herramienta de ingreso de ordenes al sistema -Lista de licitaciones hechas por propuestas	Región de la orden	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	2	Test Levene Test Mann-Whitney
X1		-Cliente ganado por licitación o cliente transitorio	Un cliente ganado por licitación tarda menos en procesarse que un cliente transitorio	-Lista de licitaciones hechas por propuestas	Tipo de cliente (por licitación o transitorio)	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	2	Test Levene Test Mann-Whitney
X1		-Es distribuidor o cliente directo (compañía de energía)	Existe una dependencia entre si el cliente es distribuidor o cliente directo que puede afectar el número de días que tarda una orden en ingresarse	-Reporte de ordenes extraída de la herramienta de ingreso de ordenes al sistema	Tipo de cliente (distribuidor o cliente directo)	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	2	Test Levene Test Mann-Whitney
X2	La carga de ordenes que hubo en un día afecta el tiempo que tarda una orden en procesarse.	-Cantidad de ordenes ingresadas por los representantes de ventas en un día	La cantidad de ordenes que hay por ingresarse en un día, afecta en el número de días que tarda una orden en ingresarse	-Reporte de ordenes extraída de la herramienta de ingreso de ordenes al sistema	Cantidad de ordenes ingresadas en el mes o temporada	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	12	Test Levene Test Kruskal-Wallis
X3	Las ordenes que nunca se han fabricado tardan más en procesarse en sistema.	-Ordenes con Lista de materiales sin crear	El número de días que tarda una orden en ingresarse esta relacionado a si la lista de materiales fue ya creada o no	-Base de datos de ingeniería	Orden nueva o con lista de material creado	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	2	Test Levene Test Mann-Whitney
X4	El número de líneas de una orden afecta el tiempo que tarda una orden en ingresarse.	-Cantidad de vendibles en una orden de venta	Hay una correlación entre la cantidad de vendibles en una orden de venta y el número de días que tarda en	-Reporte de ordenes extraída de la herramienta de ingreso de ordenes al sistema	Cantidad de vendibles en una orden	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	3	Test Levene Test Kruskal-Wallis
X5	Las ordenes ingresadas con mala calidad afectan el número de días que tarda una orden en ingresarse.	-ordenes con problemas ajenos a sistema o Registro de eventos	El número de días que tarda una orden en ingresarse está relacionado con las ordenes de mala calidad	-Registro de sharepoint de manejo de ordenes -Registro de eventos	Ordenes de mala calidad	Número de días que tarda una orden en ingresarse	X= Discreta Y= Continua	Independiente	2	Test Levene Test Mann-Whitney

Tabla 16: Plan de pruebas
Fuente: Elaboración propia

Una vez listo el plan, se probaron cada una de las causales de la siguiente manera:

Prueba de X1, primera variable:

Para la primera prueba de X1, se pretende probar si la región de la orden donde se encuentra el cliente afecta en el número de días que tarda una orden en ingresarse. Para continuar con las herramientas estadísticas, primero se probó, en esta y todas las demás variables, la normalidad de los datos para verificar si las herramientas elegidas eran las adecuadas. Las variables fueron las siguientes:

- *Variable X: Región de la orden*
- *Variable Y: Número de días que tarda una orden en ingresarse*

Para la prueba de normalidad, se tomaron las dos muestras y se graficaron de manera separada; Para la normalidad, se tomaron las siguientes aseveraciones:

- $X1 = \text{Los datos son normales}$
- $X1_0 = \text{los datos no son normales}$

Los resultados de la prueba de normalidad se muestran en la gráfica de probabilidad de la región Este (Figura 29). En este caso, se usó la gráfica de dispersión para que mostrara la relación entre los percentiles de una distribución normal y la variable X. La gráfica de dispersión también ayuda a ver los datos ordenados en un plano de coordenadas (Minitab, 2023).

Para la primera muestra, se obtuvo una media de 3.871 días que tarda una orden en procesarse, con una desviación estándar de 6.965 días. Se puede ver claramente que los datos siguen una trayectoria algo diferente a la línea de distribución ajustada; es decir, que no se puede suponer que los datos provienen de poblaciones distribuidas normalmente. Se puede apreciar que la duración de 1 día que tarda una orden en procesarse están dentro del percentil 50 y hasta 13 días en el percentil 95. También se puede observar que algunos datos están muy dispersos llegando hasta los 120 días de duración. Finalmente, se observa que el valor P es menor a 0.005, por lo que se concluye que los datos son no normales.

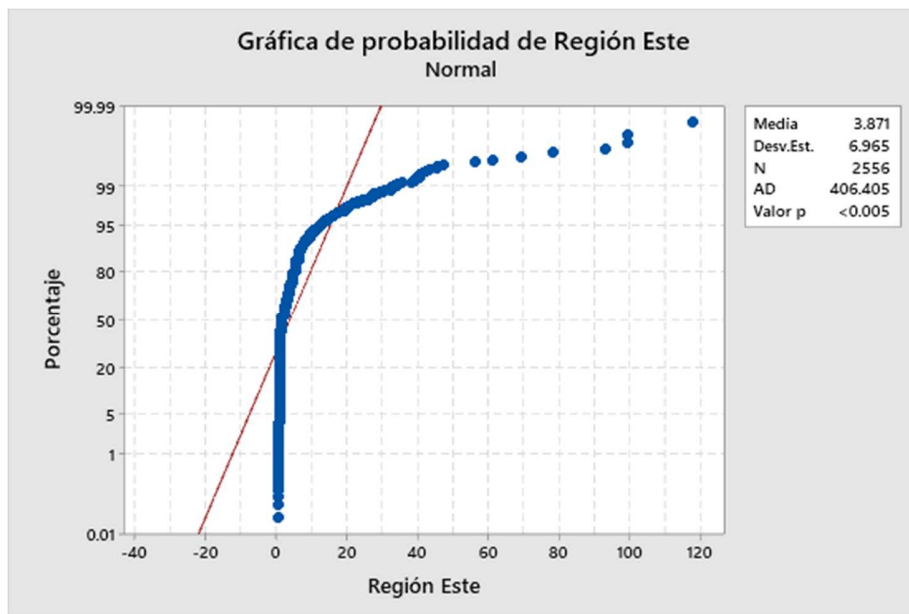


Figura 29: Gráfica de probabilidad región Este
Fuente: Elaboración propia

Se continúa analizando la gráfica de probabilidad de la región Oeste (Figura 30). Esta gráfica muestra una media de 3.449, un poco más baja en comparación con la región Este, y una desviación estándar de 5.333 días. Al igual que la región Este, se puede apreciar en la gráfica que los datos (puntos azules) no siguen una trayectoria parecida a la línea de distribución ajustada (línea roja). La duración de 1 día, que sería lo óptimo que una orden tardará en procesarse, se encuentra dentro del percentil 50, muy parecido a la región Este. El valor P también es menor a 0.05, por lo que los datos de la región Oeste son *no normales*. Se puede incluso apreciar que los puntos azules se extienden hasta el valor 100, por lo que puede haber una orden que incluso tardó más de 100 días en procesarse.

Ya que las pruebas de normalidad dieron como resultado datos no normales, se procede a comparar las varianzas y las medias para llegar a una conclusión más acertada respecto a que la variable “Región” afecta directamente a la duración de la orden. En una primera vista de las pruebas de normalidades, los datos no se ven muy diferentes entre sí. Se procedió entonces a probar si las varianzas y las medias de los datos eran, en realidad, diferentes y comprobar si la región afecta en la duración de la transmisión de una orden.

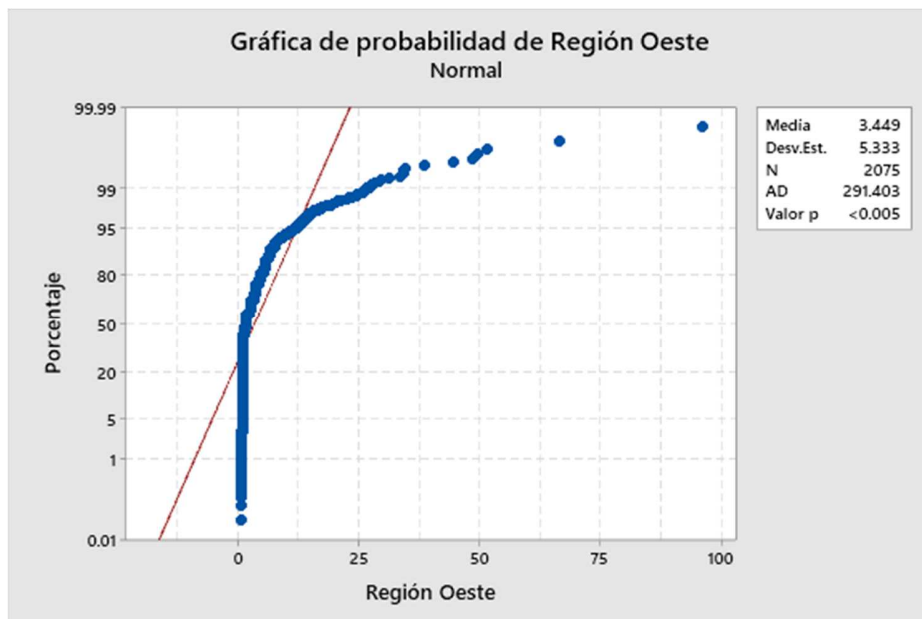


Figura 30: Gráfica de probabilidad región Oeste
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la prueba de Levene para probar la igualdad y varianzas y Mann-Whitney para la igualdad de medias son herramientas adecuadas para saber si esta variable afecta o no en el tiempo que tarda una orden en procesarse. Se plantearon las hipótesis de la siguiente manera:

- $X1$ = La región de la orden afecta a la cantidad de días que una orden tarda en procesarse
- $X1_0$ = La región en donde se embarca una orden no afecta a la cantidad de días que tarda en procesarse

Se empezó con prueba de Levene que prueba la igualdad de varianzas. El método utilizado fue probar las hipótesis planteadas arriba. El nivel de significancia se definió, como para todas las pruebas de Levene, con un valor de 0.5. Esto limitará que uno o más intervalos no contengan el parámetro; es decir, habrá un 95% de probabilidad de que todos los datos caigan en los intervalos de confianza resultantes.

Por lo tanto, el siguiente método presentado en la Tabla 17 y nivel de significancia serán iguales para todas las pruebas de Levene hechas en este trabajo.

Tabla 17: Método para prueba de varianzas, prueba $X1$ variable 1
Fuente: Elaboración propia

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

De acuerdo con la página de Minitab, un nivel de significancia de 0.05 funciona en la mayoría de los casos. Esto indica que el riesgo de concluir que existe una diferencia cuando en realidad no hay una, es del 5% (Minitab, 2023).

En la Tabla 18, se muestra el resultado de la prueba de Levene. El estadístico de prueba mostrado es el que el programa usó para calcular el valor P, es decir es el dato que se compara contra la hipótesis nula y generalmente en pruebas hechas manualmente, se recurre a una tabla en físico. En esta prueba el valor P sale de 0.021

Tabla 18: Método Levene, prueba X1 variable 1
Fuente: Elaboración propia

Método	Estadística de prueba	Valor P
Levene	5.35	0.021

El valor P es menor de 0.05 por lo tanto se puede descartar la hipótesis nula. Como se muestra de manera muy visible en la Figura 31, los dos intervalos de muestras están muy separados entre sí. Esto nos dice que las varianzas deben ser muy diferentes. Aunque las pruebas de normalidad parecían bastante similares, la prueba de varianza no pudo descartar la hipótesis alterna: las varianzas no son homogéneas.

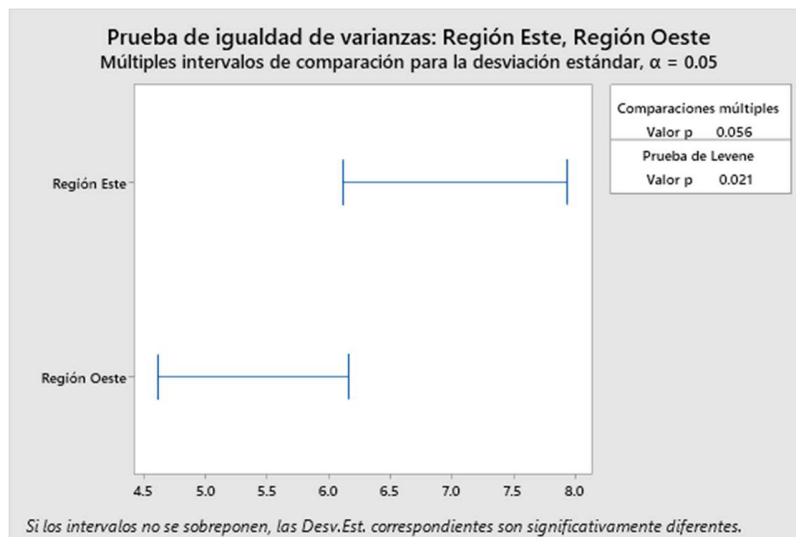


Figura 31: Prueba de igualdad de varianzas: Región Este, Región Oeste
Fuente: Elaboración propia

Se procedió a comparar las medianas con la prueba de Mann-Whitney. El método utilizado se describe a continuación y es el que se utilizará en las variables que se aplique la prueba:

η_1 : mediana de Región Este

η_2 : mediana de Región Oeste

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

La representación de la diferencia mostrada en la ecuación en la que la diferencia de la mediana de la región Oeste y la mediana de la región Este sería 0 para la hipótesis nula. En la Tabla 19, se muestran las medianas de las dos muestras junto con el número de datos “N” en las muestras.

Tabla 19: Estadísticas descriptivas
Fuente: Elaboración propia

Muestra	N	Mediana
Región Este	2556	1.51832
Región Oeste	2075	1.45785

Las estimaciones de las diferencias entre los dos intervalos de confianza son nulas para un 95% de confianza lograda, tal y como se muestra en la Tabla 20, la diferencia representada, así como los intervalos de confianza son 0:

Tabla 20: Estimación de la diferencia
Fuente: Elaboración propia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
0.0000000	(0.0000000, -0.0000000)	95.00%

El objetivo de la prueba de Mann-Whitney es probar que las medianas de las dos muestras son iguales, por lo tanto, la hipótesis alterna sería que las medianas de las dos muestras no fueran iguales entre sí. Esto se indica en la siguiente prueba:

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Aplicando la prueba de Mann-Whitney en Minitab, se suman los rangos de la primera muestra, la cual es el valor W, y se arrojan los resultados mostrados en la Tabla 21, incluyendo el valor P:

Tabla 21: Método de Mann-Whitney
Fuente: Elaboración propia

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	5981118.00	0.175
Ajustado para empates	5981118.00	0.172

El valor P, con el método “no ajustado para empates” así como el “ajustado para empates”, son bastante similares. Los dos quedan por arriba de 0.05. Se puede concluir que, para las medianas, las dos muestras son bastante similares, por lo tanto, la duración que tarda una orden en procesarse no se vería afectada por la región en la que se encuentra.

Las pruebas de 2 muestras que se utilizó prueba de Levene y prueba de Mann-Whitney, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 22: Resumen de resultados de pruebas con 2 muestras
Fuente: Elaboración propia

Número de prueba	Prueba de normalidad		Prueba de igualdad de varianzas	Mann-Whitney	
	Muestra 1	Muestra 2		No ajustado para empates	Ajustado para empates
X1	No normal	No normal	P= 0.021	P=0.175	P=0.172
X1	No normal	No normal	P=0.418	P=0.000	P=0.000
X1	No normal	No normal	P=0.928	P=0.045	P=0.044
X3	No normal	No normal	P=0.009	P=0.000	P=0.000
X5	No normal	No normal	P=0.000	P=0.000	P=0.000

Para tres variables de la primera prueba X1, por lo menos una prueba rechazó la hipótesis nula pero no las dos, por lo que se podría suponer que, en realidad, el tipo de cliente no afecta en la cantidad de días que tarda una orden en procesarse. Para las pruebas de las variables X3 y X5, resultaron en que las medianas y las varianzas son diferentes, por lo que se podría suponer que, estas variables si afectan la duración de días que tarda una orden en procesarse. Esto podría representar que, las órdenes que nunca se han procesado tardan más que una orden que ya se ha configurado antes (X3) y que las órdenes de mala calidad en sistema tardan más en procesarse que las órdenes que no presentaron ningún problema nivel sistema (X5).

Para la causal X2, se usaron pruebas diferentes de medias, pero la misma prueba para las varianzas (Test de Levene). En la prueba de varianza, se reunieron todos los números de muestras de los meses del año, para ver las varianzas de los meses en cada año. Al igual que las pruebas de Levene anteriores, se usaron las siguientes hipótesis y el mismo nivel de significancia planteado anteriormente:

Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Para este caso, ya que es una prueba con más de dos muestras, se sacan los intervalos de confianza de Bonferroni. Este método se utiliza para controlar el nivel de confianza para un conjunto completo de intervalos de confianza. Si se examinan múltiples intervalos de confianza, existe la probabilidad de que por lo menos uno de los intervalos no contenga el parámetro de población, por lo tanto, el método ayuda a ajustar el nivel de confianza para cada intervalo individual (Minitab, 2023). El método arrojado en la prueba X2 se muestran en la siguiente Tabla 23:

Tabla 23: Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar
Fuente: *Elaboración propia*

Muestra	N	Desv.Est.	IC
Enero	312	4.31257	(2.35537, 7.9693)
Febrero	396	8.64322	(4.53175, 16.6050)
Marzo	472	4.04186	(3.01440, 5.4526)
Abril	315	5.28951	(3.40032, 8.3039)
Mayo	267	4.41255	(2.52576, 7.7924)
Junio	332	7.42044	(4.88311, 11.3744)
Julio	329	9.99103	(5.07809, 19.8298)
Agosto	474	4.54770	(2.17892, 9.5494)
Septiembre	538	7.79070	(4.85997, 12.5556)
Octubre	420	5.64534	(4.07409, 7.8763)
Noviembre	327	5.88397	(2.86644, 12.1849)
Diciembre	449	3.59760	(2.59315, 5.0232)

Nivel de confianza individual = 99.5833%

Un intervalo de confianza representa entre qué valor se encuentra la desviación estándar de la población. Tomando como ejemplo Enero, que tiene una desviación estándar de 4.312, se puede estar 95% seguros de que todas las órdenes están entre 2.35 y 7.96 de desviación. La desviación estándar más grande obtenida es la de Julio con 9.99 y un intervalo de confianza máximo de hasta casi 20 días, esto se puede deber a que tal vez en este grupo cae una orden inusual, aunque habría que verificar si no es una regla en este grupo de órdenes. Se muestran las desviaciones estándar contra sus intervalos de confianza en la gráfica de la Figura 32:

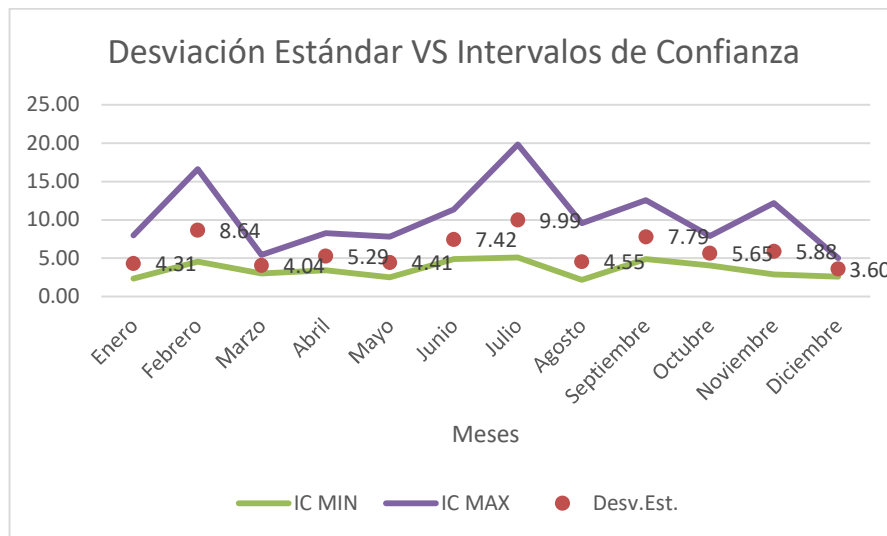


Figura 32: Desviación Estándar VS Intervalos de Confianza
Fuente: Elaboración propia

Como en las pruebas anteriores, Minitab arrojó la prueba de Levene y la prueba de comparaciones múltiples (Tabla 24):

Tabla 24: Pruebas de varianzas prueba X2
Fuente: Elaboración propia

Método	Estadística de prueba	Valor P
Comparaciones múltiples	—	0.051
Levene	4.78	0.000

Para la prueba de comparaciones múltiples, se obtuvo una P un poco arriba de 0.05, por lo que se podría aceptar la hipótesis nula en la que todas las varianzas son iguales; sin embargo, la prueba de Levene rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa de que por lo menos una varianza es diferente.

Para las pruebas X2, en la que se tenían que demostrar que la carga de órdenes en el mes en el que se metieron las órdenes afecta la cantidad de días que tarda una orden en ingresarse, se obtuvo la cantidad de órdenes que se ingresó cada mes en cada uno de los años efectivos para la prueba, como se muestra en la Tabla 25, y así observar si en los meses con mayor volumen, la cantidad de días que tarda una orden en ingresarse es más alto.

Tabla 25: Cantidad de órdenes ingresadas en cada uno de los meses del año
Fuente: Elaboración propia

Orden	Etiqueta						
Etiquetas de fila	2018	2019	2020	2021	2022	Total general	
ene	50	75	94	43	50	312	
feb	63	91	127	59	56	396	
mar	66	74	203	62	67	472	
abr	60	55	106	51	43	315	
may	50	57	67	36	57	267	
jun	57	53	91	71	60	332	
jul	81	70	62	61	55	329	
ago	78	102	158	63	73	474	
sep	73	75	253	82	55	538	
oct	65	111	92	90	62	420	
nov	66	50	83	74	54	327	
dic	80	48	220	64	37	449	
Total general	789	861	1556	756	669	4631	

Para mayor visibilidad, se graficó la tabla anterior, mostrada en la Figura 33. Se pueden ver algunos picos, sobre todo en el año 2020, donde marzo, septiembre y diciembre fueron igual o mayor a 200 órdenes en el mes.

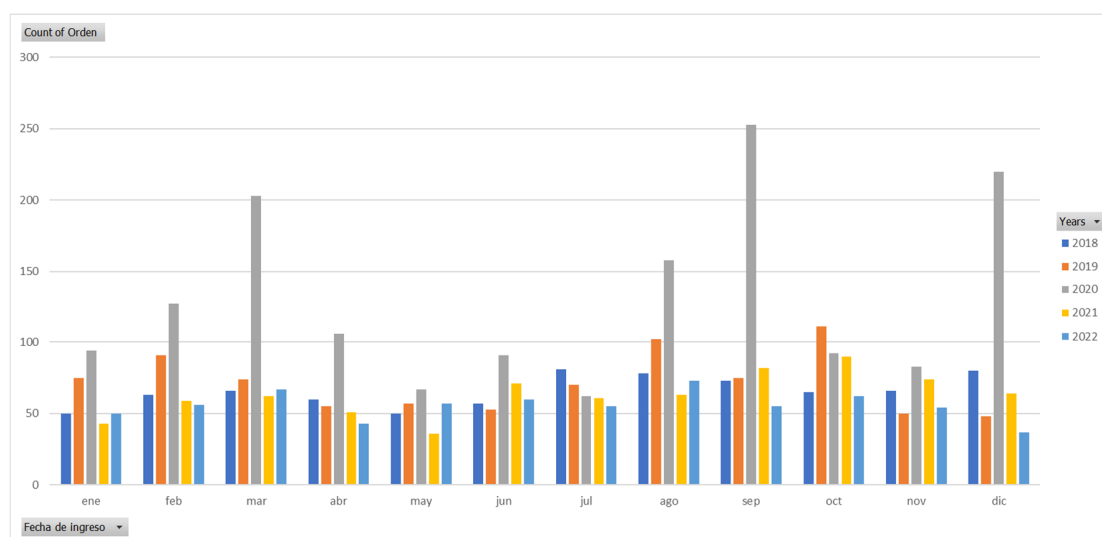


Figura 33: Gráfica de cantidad de órdenes ingresadas en cada uno de los meses del año
Fuente: Elaboración propia

Para la prueba de medias, ya que es más de una población la que se está midiendo, se escogió el método de Kruskal- Wallis, esta vez se toman los meses y el año en el que entró la orden. Se obtuvieron las siguientes muestras de cada población (Tabla 26):

Tabla 26: Estadísticas descriptivas

Fuente: Elaboración propia

MES - AÑO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
ABRIL - 2018	60	1.29115	2147.1	-0.98
ABRIL - 2019	55	1.56057	2260.8	-0.30
ABRIL - 2020	106	1.00000	1596.4	-5.60
ABRIL - 2021	51	1.49049	2270.7	-0.24
ABRIL - 2022	43	8.58230	3763.4	7.14
AGOSTO - 2018	76	1.00000	1762.6	-3.63
AGOSTO - 2019	102	1.48107	2215.2	-0.76
AGOSTO - 2020	158	1.00000	1812.7	-4.81
AGOSTO - 2021	63	1.57554	2079.7	-1.41
AGOSTO - 2022	73	3.52667	2965.8	4.19
DICIEMBRE - 2018	80	2.63622	2505.5	1.29
DICIEMBRE - 2019	48	2.35038	2482.3	0.87
DICIEMBRE - 2020	220	1.57075	2248.8	-0.75
DICIEMBRE - 2021	64	4.53561	3294.6	5.90
DICIEMBRE - 2023	37	5.51241	3515.5	5.49
ENERO - 2018	50	1.00000	1570.9	-3.96
ENERO - 2019	75	2.48325	2687.1	2.43
ENERO - 2020	94	1.00000	1933.0	-2.80
ENERO - 2021	43	1.00000	1393.6	-4.54
ENERO - 2022	50	5.43190	3741.5	7.59
FEBRERO - 2018	63	1.34211	2135.0	-1.08
FEBRERO - 2019	91	3.31526	2773.9	3.31
FEBRERO - 2020	127	3.42575	2763.3	3.83
FEBRERO - 2021	59	1.20599	1937.0	-2.19
FEBRERO - 2022	56	7.48228	3891.1	8.88
JULIO - 2018	81	1.38689	2291.0	-0.16
JULIO - 2019	70	1.94923	2511.4	1.24
JULIO - 2020	62	1.00000	1884.3	-2.55
JULIO - 2021	61	1.00000	2002.9	-1.84
JULIO - 2022	55	4.60104	3377.8	5.93
JUNIO - 2018	57	2.26392	2477.5	0.92
JUNIO - 2019	53	2.37689	2425.7	0.61
JUNIO - 2020	91	1.00000	1810.9	-3.63
JUNIO - 2021	71	1.00000	1924.9	-2.48
JUNIO - 2022	60	6.50486	3775.5	8.52
MARZO - 2018	66	1.36924	2215.3	-0.61
MARZO - 2019	74	3.39659	2897.0	3.78
MARZO - 2020	203	1.00000	1715.9	-6.53
MARZO - 2021	62	2.34627	2377.5	0.37
MARZO - 2022	67	6.35453	3435.0	6.91
MAYO - 2018	50	1.14735	2111.2	-1.08
MAYO - 2019	57	1.00000	1644.8	-3.81
MAYO - 2020	67	1.00000	1088.2	-7.57
MAYO - 2021	36	2.27683	2133.5	-0.82

MAYO - 2022	57	6.29076	3683.3	7.78
NOVIEMBRE - 2018	66	1.10361	2069.8	-1.50
NOVIEMBRE - 2019	50	3.93147	2926.7	3.25
NOVIEMBRE - 2020	83	2.41440	2382.2	0.46
NOVIEMBRE - 2021	74	3.62407	3135.5	5.32
NOVIEMBRE - 2022	54	5.38049	3437.6	6.21
OCTUBRE - 2018	65	1.35290	1945.6	-2.24
OCTUBRE - 2019	111	1.00000	2211.6	-0.82
OCTUBRE - 2020	92	1.00000	1610.4	-5.11
OCTUBRE - 2021	90	1.00000	1975.9	-2.43
OCTUBRE - 2022	62	5.55225	3829.0	8.98
SEPTIEMBRE - 2018	73	1.00000	1743.0	-3.69
SEPTIEMBRE - 2019	75	1.31812	2162.3	-1.00
SEPTIEMBRE - 2020	253	1.00000	1486.4	-10.14
SEPTIEMBRE - 2021	82	1.52010	2088.4	-1.55
SEPTIEMBRE - 2022	55	4.58037	3425.9	6.20
General	4629		2315.0	

En la Tabla 26 se puede ver el nombre de la muestra que está constituida por el mes y el año en la que pertenecen. La columna “N” representa el número de muestras de la temporada descrita. A continuación, se muestra la mediana de cada una de las muestras. El siguiente dato que es la “clasificación de medias” es el valor promedio de los rangos de todas las observaciones de cada muestra. Cuando el valor general de la clasificación de medias es menor que el de la muestra, su valor de la mediana tiende a ser mayor.

Se subrayaron los datos con la cantidad de órdenes más altas en el mes y se encontró que no solo no son las medianas más altas si no que la mayoría de estas, cumplen con el objetivo que es el promedio de 1 día.

Si se pone la clasificación de medias de cada una de las temporadas contra el valor general en una gráfica como en la Figura 34, se puede apreciar que la clasificación de medias no varía mucho respecto a la general hasta que se llega al año 2022, donde hay un cambio abrupto hacia arriba, siendo las clasificaciones de medias más altas de todas las muestras.

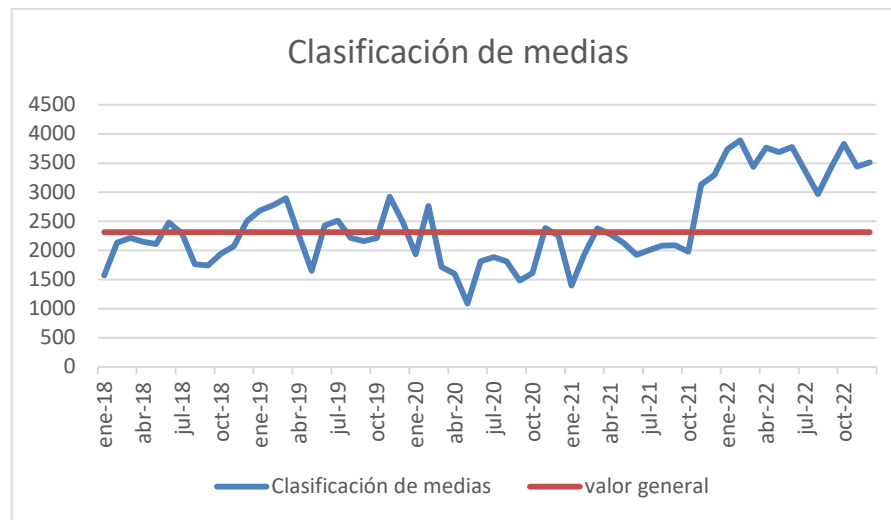


Figura 34: Clasificación de medias, muestra X2
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, presentando el valor P de la prueba de Kruskal- Wallis, se obtienen los resultados presentados en la Tabla 27.

Tabla 27: Prueba de Kruskal-Wallis, prueba X3
Fuente: Elaboración propia

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	59	1139.87	0.000
Ajustado para empates	59	1204.86	0.000

En este caso, el valor P para los dos métodos sale en menos de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que al menos una media es diferente.

Aunque tanto la prueba de Levene como la de Kruskal Wallis rechazaron la hipótesis nula y aceptaron la hipótesis alterna, esto no explico si la temporada con la mayor carga de órdenes fue la de mayor duración en la cantidad de días que tarda una orden en procesarse. La clasificación de medias dice que la cantidad de órdenes colocadas en una temporada no es motivo de una mayor duración en el proceso.

Para la prueba X4 en el que se intenta probar si la cantidad de vendibles en una orden afecta el número de días que tarda una orden en procesarse, se usaron las mismas pruebas que para la X3. Para los intervalos de Bonferroni, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 28: Intervalos de Bonferroni
Fuente: Elaboración propia

Muestra	N	Desv.Est.	IC
1-15	4563	6.2564	(5.27759, 7.4207)
15-30	59	7.3357	(4.46288, 12.5678)
30-210	13	11.7702	(8.87490, 19.1336)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

A diferencia de la prueba X2, donde también se presenta Bonferroni, las desviaciones estándar no son tan diferentes una de la otra. Aunque se observa un decremento de esta a medida que el número de pruebas aumenta, esto también se ve reflejado en los intervalos de confianza. La mayoría de las muestras se posiciona entre 1 y 15 líneas en un orden.

Al igual que todas las demás “Xs”, la prueba de Levene fue la elegida, ya que también presentaba anormalidad en los datos, como se muestra en la Tabla 29. En esta prueba se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa en la que por lo menos una varianza es diferente.

Tabla 29: Prueba de Levene X4
Fuente: Elaboración propia

Método	Estadística de prueba	Valor p
Levene	7.87	0.000

En la clasificación de medias, ninguna de las 3 está muy lejos del total general, que es 2316 aunque, tanto las órdenes con líneas de entre 15 y 30 líneas y órdenes entre 30 y 210 están por arriba del total por lo que sus medianas son más altas en estos grupos (Tabla 30).

Tabla 30: Clasificación de medias prueba X4
Fuente: Elaboración propia

Rango de vendibles	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
1-15	4563	1.49528	2314.5	-0.63
15-30	59	1.52743	2366.8	0.29
30-210	9	2.46410	2753.9	0.98
General	4631		2316.0	

Con esta mirada preliminar a las medianas, se podría anticipar que la prueba de Kruskal Wallis no encontraría una diferencia significativa en ellas como se puede observar en Tabla 31.

Tabla 31: Prueba de Kruskal Wallis X4

Fuente: Elaboración propia

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	1.06	0.590
Ajustado para empates	2	1.12	0.572

3.3.1.2. Resumen del análisis estadístico

La Tabla 32 presenta, en resumen, los resultados de todas las pruebas realizadas en el ejercicio anterior:

Tabla 32: Conclusiones pruebas "Xs"

Fuente: Elaboración propia

Número de prueba	Causales relacionadas con la teoría	Variable X	Prueba de normalidad		Prueba de igualdad de varianzas	Prueba de Medianas (Mann Whitney o Kruskal-Wallis)	
			Muestra 1	Muestra 2		No ajustado para empates	Ajustado para empates
X1	El tipo de cliente afecta en la cantidad de días que una orden tarda en procesarse.	Región de la orden	No normal	No normal	P= 0.021	P=0.175	P=0.172
X1		Tipo de cliente (por licitación o transitorio)	No normal	No normal	P=0.418	P=0.000	P=0.000
X1		Tipo de cliente (distribuidor o cliente directo)	No normal	No normal	P=0.928	P=0.045	P=0.044
X2	La carga de ordenes que hubo en una temporada afecta el tiempo que tarda una orden en procesarse.	Cantidad de ordenes ingresadas en el mes o temporada	No normal	No normal	P=0.000	P=0.000	P=0.000
X3	Las ordenes que nunca se han fabricado tardan más en procesarse en sistema.	Orden nueva o con lista de material creado	No normal	No normal	P=0.009	P=0.000	P=0.000
X4	El número de líneas de una orden afecta el tiempo que tarda una orden en ingresarse.	Cantidad de vendibles en una orden	No normal	No normal	P=0.000	P=0.590	P=0.572
X5	Las ordenes ingresadas con mala calidad afectan el número de días que tarda una orden en ingresarse.	Ordenes de mala calidad	No normal	No normal	P=0.000	P=0.000	P=0.000

Como se explicó en el ejercicio de la prueba X2, todas las pruebas aplicadas dieron como resultado el rechazo de la hipótesis nula y aceptaron la hipótesis alternativa. Sin embargo, indagando un poco más en los resultados arrojados, no se logra probar que, en un mayor volumen de órdenes ingresados en un mes o una temporada, arrojen una media de duración de órdenes más altas. En el caso de la prueba X2, no se tomaría como una variable válida el volumen de órdenes que hay en una temporada o mes.

Con las pruebas anteriores, se podría concluir, con tan solo una prueba debajo de 0.05, que X1, X3 y X5 son las que podrían afectar en mayor medida a la duración de la cantidad de días que tarda una orden en ingresarse. Esto podría no ser suficiente para probar estas variables por lo que se prosiguió a hacer un modelo de predicción.

3.3.2. Modelización

Para la modelización, se recurrió a un programa llamado Orange, el cual facilita la modelización de datos. De acuerdo con “Lean Seis Sigma para la Mejora de Procesos” (Martínez Mayoral & Morales Socuéllanos, 2022), el mejor modelo posible para usar con varias Xs discretas y una Y discreta también, sería adecuado el modelo de regresión logística múltiple.

En Orange se modeló la regresión logística múltiple, categorizando las órdenes entre exitosas o no exitosas y se introdujo al programa. En este caso, se le pidió al programa modelar la regresión logística y luego predecir si fueran exitosas o no exitosas en cada una de las órdenes. Una vez aplicado el modelo de predicciones, se evaluó para saber su confiabilidad, El modelo quedó establecido como se muestra en la Figura 35.

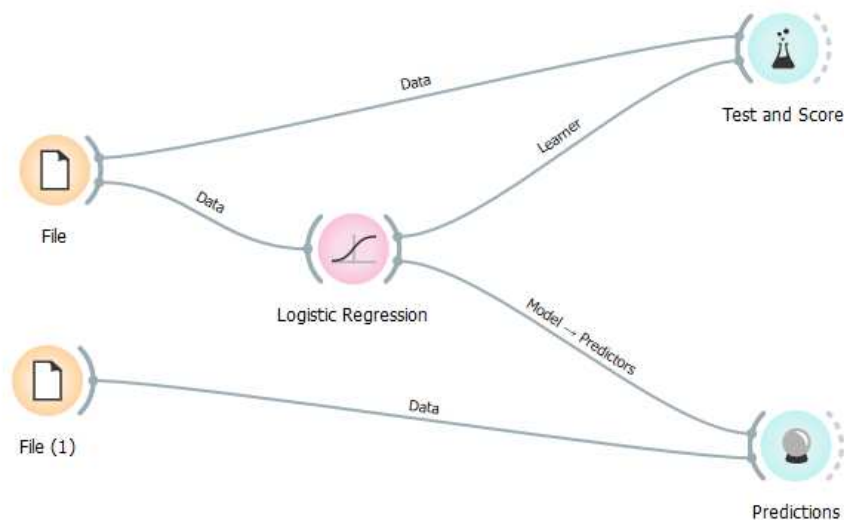


Figura 35: Modelo de regresión logística en Orange
Fuente: Elaboración propia

El modelo de predicciones con regresión logística arrojó las predicciones para cada una de las órdenes como se muestra en la Figura 36.

	Logistic Regression	error	Proceso exitoso	Orden	APP/FIRM	Errores en sistema	legión de la order	ente (directo o di	ente (Blancket o ti	de vendibles en u	men ingreso en el
1	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.504	Exitoso	DN19839	Dup	NO	Este	distribuidor	BLANCKET	1-15	50
2	0.36 : 0.64 → No exitoso	0.639	Exitoso	RAU4456	New	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
3	0.36 : 0.64 → No exitoso	0.639	Exitoso	BLA9049	New	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
4	0.45 : 0.55 → No exitoso	0.550	Exitoso	PT73047	New	NO	Oeste	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
5	0.36 : 0.64 → No exitoso	0.361	No exitoso	PWT1604	New	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
6	0.45 : 0.55 → No exitoso	0.548	Exitoso	DNR7641	Dup	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
7	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.501	Exitoso	RA99999	Dup	NO	Este	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
8	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.501	Exitoso	RA910000	Dup	NO	Este	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
9	0.45 : 0.55 → No exitoso	0.550	Exitoso	PT73049	New	NO	Oeste	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
10	0.32 : 0.68 → No exitoso	0.680	Exitoso	ACS3131	New	NO	Este	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
11	0.54 : 0.46 → Exitoso	0.456	Exitoso	PT47525	Dup	NO	Oeste	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
12	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.501	Exitoso	TEX4052	Dup	NO	Este	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
13	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.501	Exitoso	TEX4053	Dup	NO	Este	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
14	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.501	Exitoso	TEX4054	Dup	NO	Este	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
15	0.54 : 0.46 → Exitoso	0.456	Exitoso	RA313268	Dup	NO	Oeste	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
16	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.504	Exitoso	DN19849	Dup	NO	Este	distribuidor	BLANCKET	1-15	50
17	0.45 : 0.55 → No exitoso	0.551	Exitoso	JHD2677	Dup	NO	Oeste	distribuidor	TRANSITORIO	1-15	50
18	0.45 : 0.55 → No exitoso	0.550	Exitoso	FPL4345	New	NO	Oeste	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
19	0.50 : 0.50 → No exitoso	0.504	Exitoso	RNT3605	Dup	NO	Este	distribuidor	BLANCKET	1-15	50
20	0.32 : 0.68 → No exitoso	0.682	Exitoso	BLA9063	New	NO	Este	distribuidor	TRANSITORIO	1-15	50
21	0.41 : 0.59 → No exitoso	0.594	Exitoso	TEX4061	New	NO	Este	cliente directo	BLANCKET	1-15	50
22	0.45 : 0.55 → No exitoso	0.452	No exitoso	PT73058	Dup	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
23	0.36 : 0.64 → No exitoso	0.361	No exitoso	RHD0069	New	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50
24	0.36 : 0.64 → No exitoso	0.639	Exitoso	JDM0118	New	NO	Oeste	cliente directo	TRANSITORIO	1-15	50

Figura 36: Ejemplo de predicciones de algunas órdenes
Fuente: Elaboración propia

Una vez implementado el modelo de regresión logística, se procedió a evaluarlo para identificar las variables con más relevancia dentro del modelo, por lo que el modelo en el programa quedó de la siguiente manera:

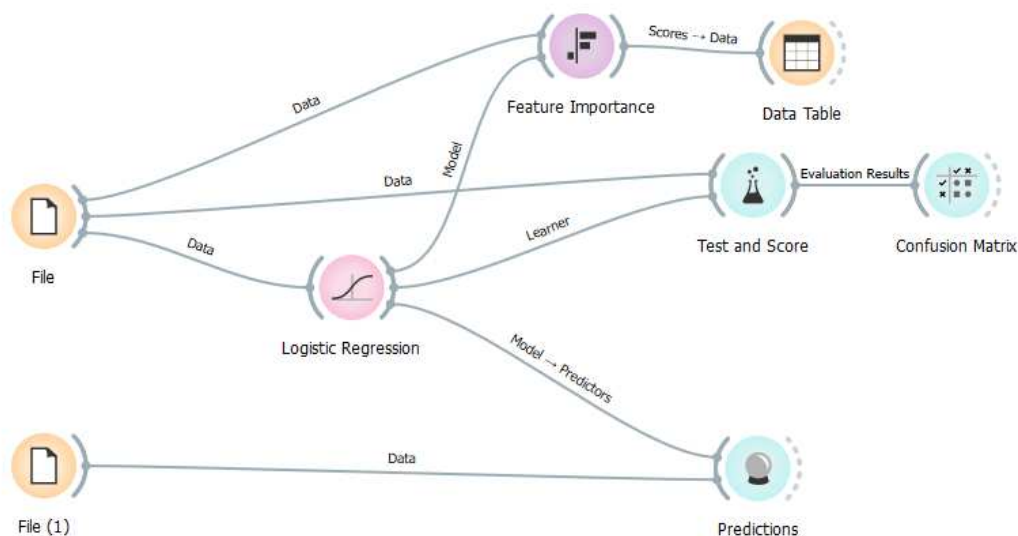


Figura 37: Modelo de regresión logística con evaluación y variables relevantes
Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la evaluación de la predicción, como se muestra en la Figura 38, se tiene que la AUC es de 0.633 lo cual es algo bajo, lo ideal sería acercarse lo más posible al 1. F1 es una media armónica ponderada de precisión y recuperación que se muestra en las siguientes columnas. La precisión es la proporción de verdaderos positivos clasificados de manera adecuada. La recuperación es la proporción de verdaderos positivos entre todas las instancias positivas de los datos que en este caso es lo mismo que la precisión. El “MCC” es el “coeficiente de correlación de Matthews”, que tiene en cuenta los verdaderos y falsos positivos y negativos y generalmente se considera una medida equilibrada que se puede utilizar, incluso si las clases son de tamaños muy diferentes. En este caso fue de 0.657, no muy alejado del AUC.

Model	AUC	CA	F1	Prec	Recall	MCC	LogLoss
Logistic Regression	0.625	0.585	0.582	0.587	0.585	0.172	0.658

Figura 38: Evaluación del modelo de regresión logística
Fuente: Elaboración propia

Investigando un poco más sobre la evaluación con una matriz de confusión, se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 39. De acuerdo con la matriz 764 órdenes fueron evaluadas como exitosas cuando no lo eran y 1157 fueron evaluadas como exitosas cuando no lo fueron. Esto quiere decir que, respecto a las variables, las predicciones fueron más confiables en predecir las exitosas que las no exitosas.

		Predicted		Σ
		Exitoso	No exitoso	
Actual	Exitoso	1572	764	2336
	No exitoso	1157	1138	2295
Σ		2729	1902	4631

Figura 39: Matriz de confusión
Fuente: Elaboración propia

Sacando la relevancia de cada una de las variables se obtuvo lo siguiente (Figura 40):

	Feature	Mean	Std
1	APP/FIRM	0.0189058	0.00370529
2	Errores en sistema	0.0174262	0.00117991
3	Región de la orden	0.00515497	0.00230088
4	Tipo de cliente (directo o distribuidor)	-0.000137117	8.2439e-05
5	Tipo de cliente (Blancket o transitorio)	0.0194129	0.00366857
6	Cantidad de vendibles en una orden	0.00178552	0.000796055
7	Volumen ingreso en el mes	0.045991	0.00458294

Figura 40: Relevancia de variables en Orange
Fuente: Elaboración propia

La primera variable más relevante concuerda con la prueba hecha para X3, la segunda de errores en el sistema concuerda con la variable X5 y las siguientes tres con X1, siendo la región de la orden (la más baja en la prueba de Levene) la más relevante en cuando a la variabilidad de los datos.

3.3.2.1. Conclusiones

De acuerdo con el resultado de la matriz de confusión y a la evaluación del modelo de predicción, estos no fueron tan confiables, sin embargo, estos concuerdan con las variables obtenidas de las pruebas estadísticas de hipótesis. Se espera que, con un mejor seguimiento de los datos se tengan datos menos generales que los históricos.

3.4.Fase IV.- Diseño de Mejoras

De acuerdo con las variables obtenidas en el capítulo anterior, las más relevantes fueron las siguientes:

1. Las órdenes que nunca se han fabricado tardan más en sistema.
2. Las órdenes ingresadas con mala calidad afectan el número de días de ingreso.
3. La región en donde se encuentra la orden afecta en la cantidad de días que tarda una orden en procesarse.

Además de las teorías sacadas de las pruebas estadísticas, el AMEF arrojó que una causa es porque la comunicación entre departamentos es lenta pero no hubo suficiente información dentro del proceso para demostrar el registro de respuesta de cada uno de los departamentos.

Producto de este análisis resultaron las siguientes acciones:

3.4.1.Herramientas Seis Sigma

Primeramente, se optó por aplicar herramientas seis sigmas al proceso para identificar áreas de oportunidad en cada una de las actividades. La primera usada fue un sistema de empuje genérico, acorde con George, Rowlands, Price, & Maxey (2005), el sistema de empuje se usa para cuando el tiempo ciclo es crítico para el cliente.

3.4.2.Sistema de empuje

Los primero que se tiene que determinar, es la cantidad de trabajo que tienen que estar en proceso en un tiempo determinado, la planta tiene una capacidad máxima de 18 unidades por día, sin embargo, su tiempo estándar y el tiempo en el que el flujo es constante y deseado es de 14 unidades por día, por lo tanto, el flujo continuo de entrada de órdenes debería ser el mismo en un día.

Una vez identificada la cantidad de trabajo que debería estar en proceso, se determina el tiempo promedio del proceso, en este caso, el tiempo promedio del proceso ya se ha identificado en capítulos anteriores, el último tiempo promedió analizado a finales del 2022, era de 4.167 días.

Una vez determinado el tiempo promedio del proceso, se procedió a evaluar la eficiencia del ciclo del proceso (PCE) con la siguiente formula:

$$\text{Eficiencia del Ciclo del Proceso (PCE)} = \frac{\text{Tiempo de valor agregado}}{\text{Tiempo promedio de proceso}} \quad (3)$$

En este caso el tiempo de valor agregado es 1 día puesto que es el objetivo principal para llegar eliminando todos los desperdicios del proceso. Por lo que la eficiencia del ciclo del proceso de manejo de órdenes se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia del Ciclo del Proceso (PCE)} = \frac{1 \text{ día}}{4.167 \text{ días}} \quad (4)$$

$$\text{Eficiencia del Ciclo del Proceso (PCE)} = 0.24 = 24\% \quad (5)$$

La gama alta de PCE para los procesos de negocio o de servicio como en este caso es del 50% aunque típicamente rondan en el 10%, en este caso, el PCE del proceso de manejo de órdenes está entre estos son rangos, por lo tanto, George, Rowlands, Price, & Maxey sugieren que el objetivo real sea un PCE del 50%. Para lograr esto, el tiempo de proceso se calcularía de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo promedio de proceso} = \frac{\text{tiempo de valor agregado}}{\text{PCE}} = \frac{1}{0.50} = 2 \text{ días}. \quad (6)$$

Es decir que la capacidad máxima de ingreso de órdenes tendría que ser la mitad de la capacidad máxima de planta, 7 órdenes por día darían una eficiencia del proceso del 50%.

Por último y con los resultados obtenidos, se creó un sistema de clasificación, más que primeras entradas primeras salidas, se optó por un sistema de clasificación. No todos las ordenes requieren el mismo tiempo y esfuerzo, por lo tanto, se definió un criterio en el que se puede clasificar ordenes como potencialmente complicadas.

Los criterios se definieron de acuerdo con los resultados arrojados en el capítulo anterior, se asume que las ordenes más complicadas dependen del tipo de región y si la lista de materiales es nueva, en el caso de evaluar con la clasificación los errores en sistema, es poco probable que se pueda predecir si la orden va a tener errores con una clasificación, así que esa opción se descarta. En el caso de las otras dos variables Xs, se hizo una clasificación en la lista de Sharepoint.

Para la región de la orden más complicada, se encontró en el capítulo anterior que la Región Este tiene la mediana más alta y el número de muestras es más grande que la región Oeste, por lo tanto, debe ser más complicada, afectando directamente el número de días que tarde la región Oeste en procesarse, aunque sean más sencillas.

En el caso de la característica “APP/FIRM” del capítulo anterior, es de suponer que una orden que no se haya hecho antes, es decir, una orden con una lista de materiales sin cargar tardará más en procesarse por qué es algo nuevo en muchas características y, por lo tanto, tardará más.

Ya analizadas estas características se procedió a crear en la lista de “Sharepoint” una columna que simplemente clasificara las ordenes como “complicada” o “sencilla”:

Sí "Orden" = "Región Este"

Y

"Orden" = "Nueva"

Entonces, "Orden"="Complicada"

Si no, "Orden" = "Sencilla"

3.4.3. Análisis de valor agregado contra no valor agregado

Así como la herramienta pasada, esta herramienta se enfoca en que el tiempo ciclo de proceso es algo crítico para el cliente, por lo que ahora con el “PCE” identificado, se busca aumentar este porcentaje de eficiencia.

Para empezar, se clasificó cada actividad como “no agrega valor” o “agrega valor”. De acuerdo con George, Rowlands, Price, & Maxey, las actividades agregan valor cuando:

1. Es hecha para alcanzar las necesidades del cliente.
2. Agrega forma o característica al servicio.
3. Mejora la calidad del servicio, permite un tiempo competitivo o tiene un impacto positivo en la competencia de precios.
4. Los clientes estarían dispuestos a pagar por esta actividad.

Las actividades son de valor de negocios no agregado son las actividades que tienen un valor agregado para el negocio, pero no agregan valor a punto de vista del cliente. Estas actividades generalmente incluyen actividades como:

1. Reducir riesgo financiero.
2. Suportar reportes financieros requeridos.

3. Acciones asociadas a regulaciones o leyes gubernamentales.

Las actividades que no agregan valor son extensas e incluyen actividades como:

4. Manejo de producto de una actividad que agrega valor a otra: inspección, transportación, movimiento, almacenaje, documentación, contar, etc.
5. Retrabajos para corregir errores.
6. Trabajo duplicado.
7. Retrasos.
8. Movimientos innecesarios.
9. Sobre procesamiento.

En base a las características descritas arriba, se procede a clasificar las actividades del procesamiento de órdenes de venta:

Tabla 33: Clasificación de procesamiento de órdenes de venta

Actividades	Clasificación
Cliente coloca la orden de compra	Agrega valor
Representante de ventas transmite la orden al sistema	No agrega valor
Recibir orden de venta	Agrega valor
Se compara y revisa la información entre la orden de compra, la cotización e información adicional	Valor de negocios no agregado.
Checar si la información es correcta	Valor de negocios no agregado
Se revisa información con marketing o representante de ventas	No agrega valor
Corregir información	No agrega valor
Se transmite al sistema ERP	Valor de negocios no agregado
Se da mantenimiento a orden en el sistema ERP	No agrega valor
Se programa la orden de venta	Agrega valor
Se agrega información relevante para la fábrica en base de datos	Valor de negocios no agregado
Se pasa orden a diseño de ingeniería	Valor de negocios no agregado

Una vez clasificados se definió el tiempo ciclo de proceso, en este caso se usó los $4.167 \approx 4.2$ del promedio y se definió cuanto tiempo tarda cada actividad.

Tabla 34: Tiempo de ciclos de órdenes

Actividades	Tiempo (días)
Cliente coloca la orden de compra	0.5
Representante de ventas transmite la orden al sistema	0.5
Recibir orden de venta	0.2
Se compara y revisa la información entre la orden de compra, la cotización e información adicional	0.5
Checar si la información es correcta	0.5
Se revisa información con marketing o representante de ventas	0.5
Corregir información	0.5
Se transmite al sistema ERP	0.1
Se da mantenimiento a orden en el sistema ERP	0.35
Se programa la orden de venta	0.1
Se agrega información relevante para la fábrica en base de datos	0.35
Se pasa orden a diseño de ingeniería	0.1
Total	4.2

Como se muestran en la Figura 41, las actividades que no agregan valor son las que más ocupan tiempo con un tiempo de 1.85 días. Las verdaderas actividades que son necesarias para el cliente ocupan menos de 1 día.

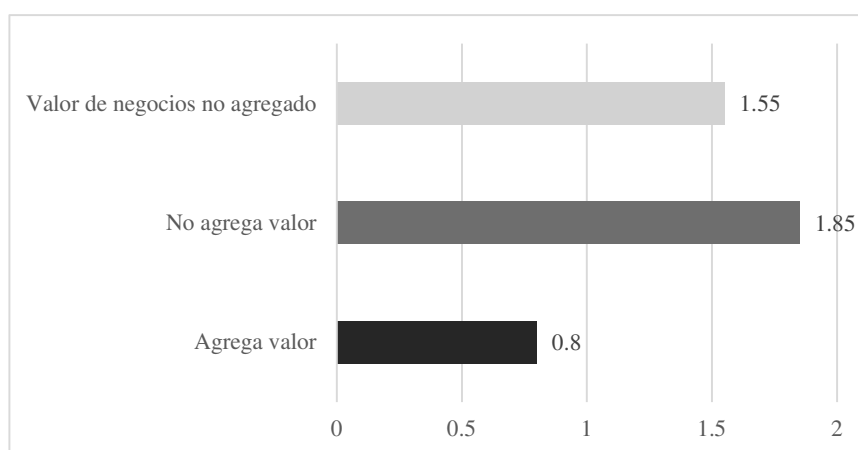


Figura 41: Tiempo ciclo, proceso de manejo de órdenes de venta
Fuente: Elaboración propia

Las actividades que son generadas por retrabajos, las cuales, no existirían si el proceso fluyera de forma horizontal, ocupan 1 día completo de retrabajo, por lo que, sin ellos, el tiempo ciclo del proceso quedaría como se muestra en la Figura 42. Esto daría un total de 3.2 días el cual se tendría todavía que reducir 1.2 días para tener un PCE del 50%.

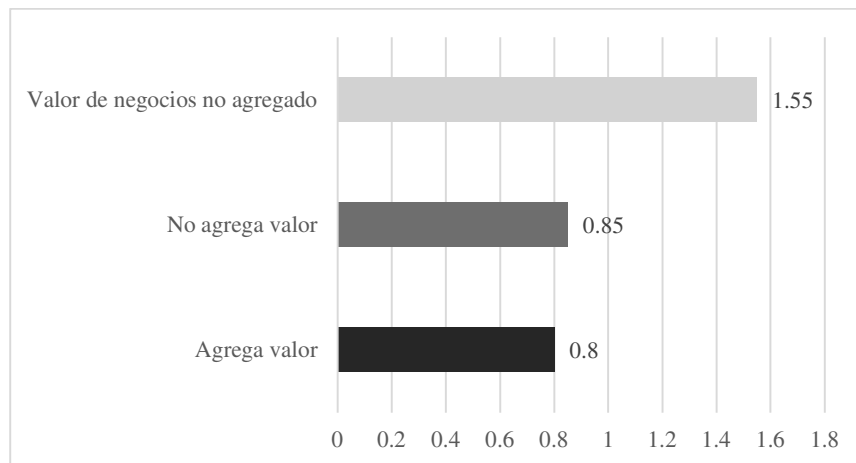


Figura 42: Tiempo ciclo sin retrabajos
Fuente: Elaboración propia

Se propusieron las siguientes mejoras para lograr la reducción de 1.2 días:

- Automatizar actividades de son de valor de negocio no agregado.
- Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor.

Para las actividades que son retrabajos y no agregan valor, se espera reducirlas a 0 mediante mejoras explicadas en los siguientes capítulos. Con el proceso limpio y analizado, se procede a proponer las siguientes mejoras con diferentes equipos de trabajo en diferentes proyectos presentados en la Tabla 35.

Tabla 35: Proyectos de mejora propuestos para reducir tiempo en cada una de las actividades
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Tiempo	Clasificación	Mejora
Representante de ventas transmite la orden al sistema	0.5	No agrega valor	Entrenamiento a representantes de ventas
Se compara y revisa la información entre la orden de compra, la cotización e información adicional	0.5	Valor de negocios no agregado	Automatizar proceso
Checar si la información es correcta	0.5	Valor de negocios no agregado	Automatizar proceso
Se transmite al sistema ERP	0.1	Valor de negocios no agregado	Control de errores de sistema y retroalimentación a IT
Se da mantenimiento a orden en el sistema ERP	0.35	No agrega valor	Automatizar proceso
Se agrega información relevante para la fábrica en base de datos	0.35	Valor de negocios no agregado	Automatizar proceso
Se pasa orden a diseño de ingeniería	0.1	Valor de negocios no agregado	Automatizar proceso

3.5.Fase V Implementación en el proceso

3.5.1. Actualización de proceso

Ya que muchas tareas en el proceso podrían ser procesadas automáticamente, se empezaron proyectos el equipo de trabajo para procesar todas las actividades de forma automática, sin embargo, las actividades en el proceso permanecieron igual.

El proceso mejorado y mostrado en la figura a continuación, se define de la siguiente manera: el proceso inicia con el cliente colocando una orden de compra, luego, con bases en el entrenamiento dado a los representantes de ventas en el cómo ingresar las ordenes al sistema, el representante de ventas ingresa la orden en el sistema. Después, el área encargada de manejo de ordenes recibe la orden de venta a través del SharePoint implementado para el manejo de órdenes. Posteriormente se compara y revisa la información entre la orden de compra, la cotización e información adicional que sea importante para la orden. Si la información es correcta

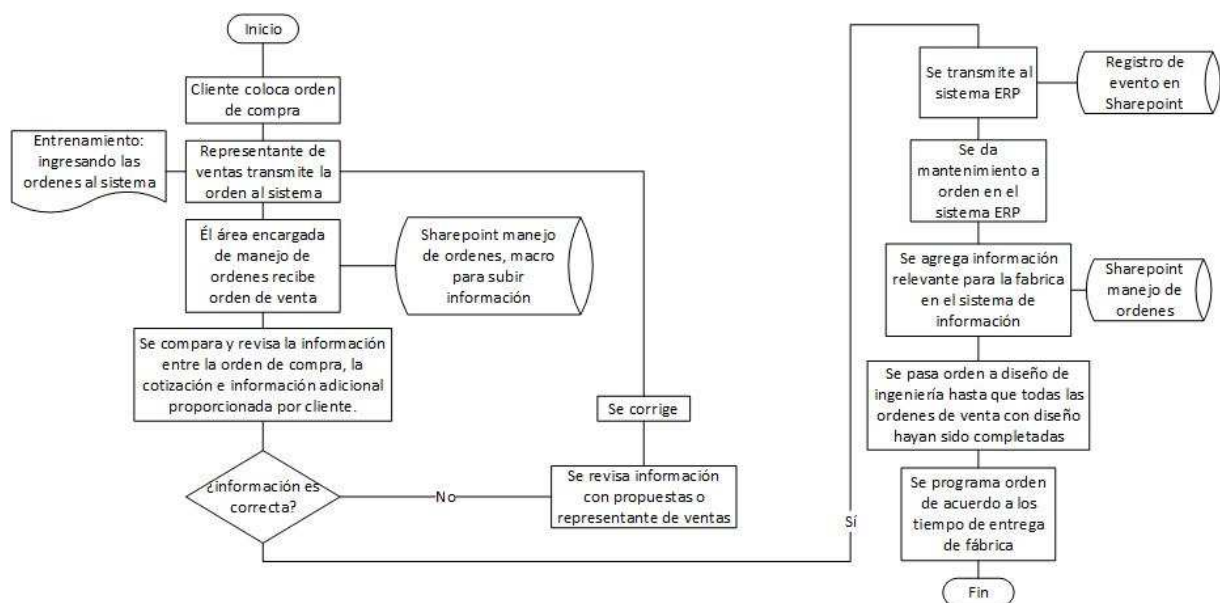


Figura 43: Proceso de manejo de órdenes de venta con diseños de mejora
Fuente: Elaboración propia

La documentación del entrenamiento se puso a disposición del equipo y se sugirió como una guía para meter las ordenes de esta unidad de negocio. También se agregaron los registros de información en SharePoint y herramientas utilizadas para agilizar la carga de información.

3.5.2. Entrenamiento a representantes de ventas

Para la variable 2, se predice que las órdenes ingresadas con mala calidad son por qué los representantes de venta realmente no saben o no entienden lo que se necesita para que una orden pueda ingresarse exitosamente. Las órdenes ingresadas con mala calidad se refieren a un error del sistema en el que no hubo información suficiente o la información ingresada fue incorrecta.

En cuanto a la variable 3, es posible que la región en donde se encuentra la orden afecta debido a que los representantes de ventas encargados de la región no han tenido un entrenamiento adecuado respecto a que es importante poner. Si bien esta teoría no está directamente enlazada con esta variable, se abordará esta causa raíz a manera de iteración, ya que, si la duración de días mejora en la región con más días de proceso, se podría decir que el entrenamiento fue un factor que ayudó a esta teoría, de cualquier manera, esta teoría se abordará con otras posibles soluciones.

En principio se investigó que era lo que se necesitaba para hacer un entrenamiento exitoso. Se reunieron opiniones de las personas involucradas y se les pregunto las necesidades del entrenamiento. Los objetivos del plan de entrenamiento fue explicar cómo es el proceso de entrada de órdenes para nosotros, quien es nuestro equipo y cuáles son los factores que considerar para poder procesar una orden exitosa.

El recurso que se usó fue una junta remota, ya que todos los representantes de ventas se encuentran repartidos a lo largo de Estados Unidos, se preparó una presentación con capturas de pantalla de la herramienta de proceso de órdenes llamada “Spine” explicada paso a paso en cada una de las diapositivas. Al final del entrenamiento, se decidió mandar una evaluación del curso para evaluar los resultados de este.

Para esta idea de mejora se reunió al equipo involucrado y se exploró los temas que se podrían presentar a los representantes de ventas, cuál era la agenda y el plan para poder hacer una junta o varias juntas en la que tuviéramos un alcance significativo en este equipo. Se optó por presentar primero los tópicos al gerente encargado para poder ir con la gerencia encargada de los representantes de ventas.

Se definieron los siguientes puntos con el fin de no perder el sentido de la presentación y formar una agenda concisa para el tiempo definido:

Temas:

- Integrantes del equipo
- Locación y productos
- Configuración del producto
- Información de cabecera en el sistema de “Spine”
- Información de productos ingresados en “Spine”
- Responsabilidades del equipo de manejo de órdenes.
- Tiempo del entrenamiento: 1 hora.

Esto se planteó abordar con la gerencia encargada del manejo de órdenes además del entrenamiento final que se le presentaría al equipo de ventas. Al final la presentación se queda como un manual para subir a la plataforma oficial de la compañía a modo de instructivo.

3.5.3. Revisión, actualización y control de indicadores.

De acuerdo con George, Rowlands, Price, & Maxey en su capítulo 9 donde describen como reducir el tiempo de proceso y los costos que no agregan valor, se necesitan herramientas en las que se eliminen las restricciones y se logró reducir el desperdicio de tiempo mediante un proceso efectivo.

Al momento de hacer la modelización en el capítulo anterior, se encontró que pudiera no tener la confiabilidad adecuada ya que las características eran demasiado genéricas, la mayoría cumplía con un formato de dos componentes (región este u oeste, cliente transitorio o licitación) sin realmente meterse en características más específicas como, por ejemplo: que clientes son, que representante es o qué tipo de fallas existen.

A partir de las características seleccionadas para el diseño de mejoras, se implementó una lista de “Sharepoint” la cual nos permitió capturar información más específica en un mismo lugar. Además de las características de la orden que se necesitan a lo largo del proceso, se agregaron las siguientes características relacionadas con las conclusiones del capítulo anterior:

Tabla 36: Característica en la modelización vs la característica en SharePoint
Fuente: Elaboración propia

Característica en modelización	Característica en lista de “Sharepoint”
Orden Nueva o Duplicada	Tipo
Errores en sistema	Comentarios de manejo de órdenes, información omitida, correcciones de ventas, correcciones de ventas, problemas con “Empower”, comentarios de propuestas.
Región de la orden	Representante de ventas (nombre)

Se seleccionaron 7 columnas para describir los errores en sistema, para clasificar los tipos de errores y hacer una mejor minería de datos. La lista de “Sharepoint” se ha manejado desde el 2022 pero se implementaron los cambios y los registros de las columnas anteriores para el año del 2024. La lista en “Sharepoint” quedó como se muestra en la siguiente Figura 44:

Quote	Customer status	Customer status	Empower issues	Proposals com...	NM% QT	GM % QT	Transmitted Sta...	Transmitted date	type	Fully transmitt...	ORDER MANAGEMENT
QT-21-01974009	Approved	5/28/2024					TRANSMITTED		DUP/FIRM	SI	
QT-21-01974009	Approved						TRANSMITTED		DUP/FIRM	SI	
QT-21-01974009	Approved						TRANSMITTED		DUP/FIRM	SI	
QT-21-01974009	Approved						TRANSMITTED		DUP/FIRM	SI	
QT-18-01151522	Approved						TRANSMITTED		DUP/FIRM	SI	
QT-20-01771331	Approved		Correct Price \$36,020.97, please review with Sales, was agreed an 11.5% only for the 10 first units				TRANSMITTED		DUP/APPR	SI	
QT-20-01771331	Approved		Correct Price \$31,484.64, please review with Sales, was agreed an 11.5% only for the 10 first units				TRANSMITTED		DUP/APPR	SI	
QT-21-01997513	Approved						TRANSMITTED		DUP/FIRM	SI	Se preguntó por qué se está procesando solo spare parts wisconsin
FA 4600204936	Approved		Please ask for the update of Part # and Quote #, Price OK, please ask if the firm should be 32 to 42 with				TRANSMITTED		NEW/FIRM	SI	se rechazó la orden, quote y ID no válidos.

Figura 44: Lista de SharePoint
Fuente: Elaboración propia

3.6.Fase VI Control

Antes de empezar con el control estadístico se trabajó con el departamento de control documental para subir un documento actualizado y de esa manera estandarizar el proceso en un futuro, volviéndolo oficial.

3.6.1. Control estadístico de proceso

La Figura 45 muestra la media de los días que una orden tarda en procesarse. Todas las muestras tomadas son diferentes puntos en el tiempo del 2022 hasta estos principios del 2024 donde cada punto representa un mes en el año del 2022 al 2024. Como se puede observar los puntos rojos marcados con el número “1” indican que se han identificado puntos que podrían estar fuera de control.

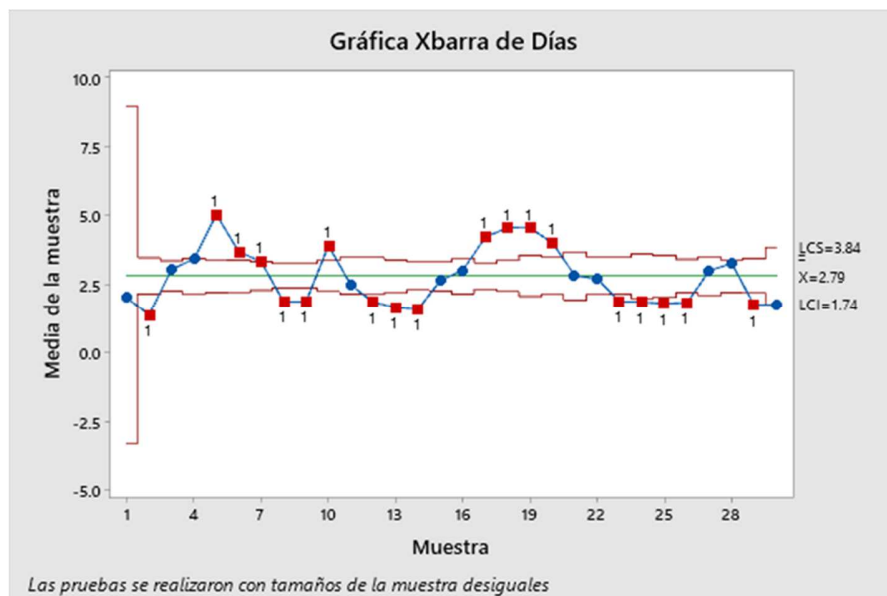


Figura 45: Gráfica Xbarra de Días.
Fuente: Elaboración propia en Minitab®

Como se puede observar en la gráfica, la mayoría de los puntos están dentro de los límites de control, aunque hay algunos puntos que requieren atención marcados con los puntos en rojo.

Haciendo un resumen similar al análisis que hicimos antes de la implementación del proceso, se hizo el mismo informe sacando los valores básicos estadísticos como se muestra en la Figura 46.

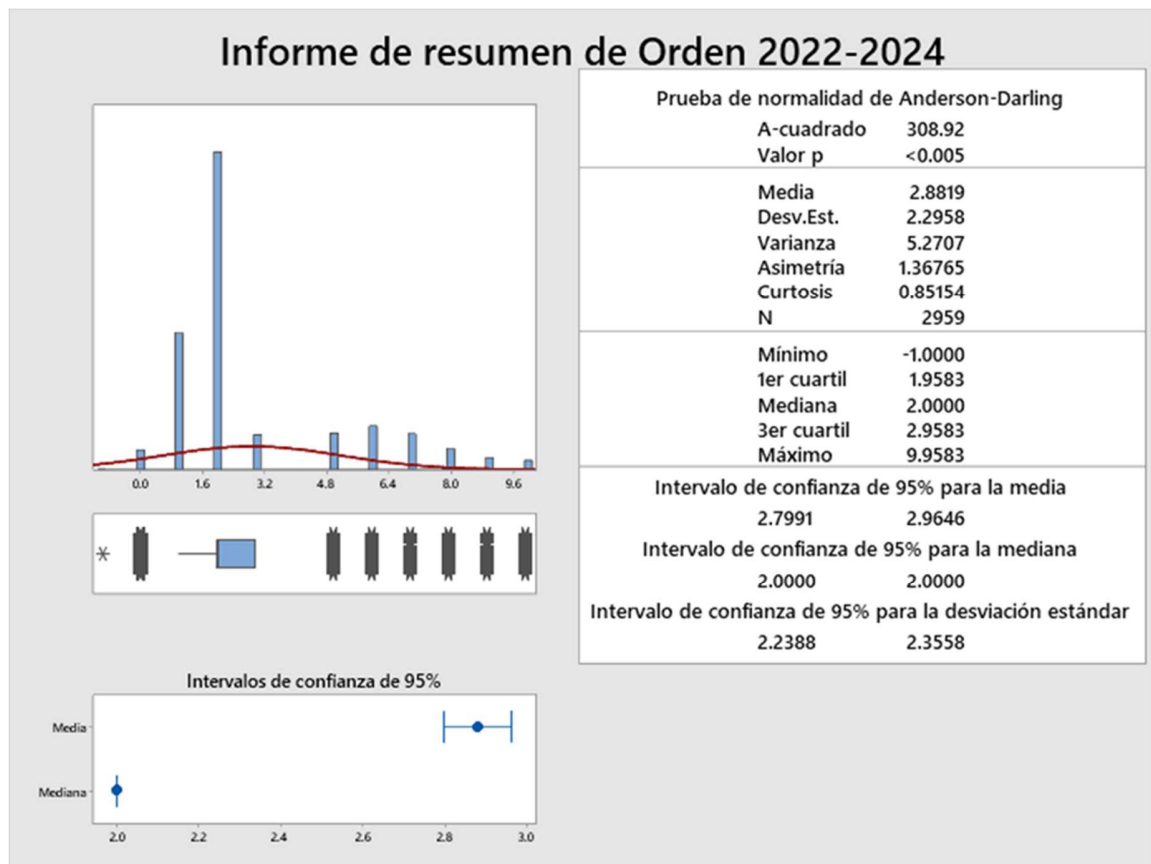


Figura 46: Informe de Resumen de Orden 2022-2024
Fuente: Elaboración propia en Minitab®

Esta prueba sugiere que la distribución de los datos se desvía significativamente todavía de una distribución normal. La media indica que valor promedio de la muestra ahora es de 2.8819. la desviación estándar es de 2.29 días respecto a la media. La asimetría positiva sugiere que los datos están sesgados a la derecha, esto como en los datos pasados, se debe a que los datos de días no pueden ser negativos y empiezan desde 0 aunque la curtosis de 0.85154 indica que la distribución tiene colas más pesadas que una distribución normal.

Las estadísticas de posición muestran como valor mínimo -1, esto debe indicar que algunas ordenes se transmitieron en menos de un día al igual que el máximo de días que una orden tardó en procesarse fue de 9.9582, una cifra mucho menor que el máximo sacado en los primeros datos. La mediana siendo 2, indica que el 50% de los datos son menos o igual a este valor.

Analizando el histograma, esta muestra que la distribución de frecuencia de los datos parece estar acumulado alrededor de 1.6. El diagrama de caja indica la dispersión de los datos en diferentes segmentos, aunque, con una mayor distribución entre 1.6 y 3.2.

En resumen, los datos presentan una distribución que no es normal, con una asimetría positiva, la mayoría de los valores se encuentran alrededor de 2 días. Sigue habiendo una variación significativa en los datos y algunos valores atípicos o extremos, se espera seguir progresivamente arreglando los datos con el control en la lista web.

Conclusiones

El análisis realizado en este trabajo ha permitido identificar y abordar las problemáticas relacionadas con el proceso de entrada de órdenes en la empresa estudiada, especialmente en el área de electrificación y proyectos de interruptores para intemperie e interconectores de media tensión.

El promedio de tiempo para el ingreso de órdenes inicialmente era de 6 días, con variables significativas dependiendo del periodo y el tipo de órdenes. La meta establecida al principio del trabajo propuesto fue reducir este tiempo a un máximo de 1.5 días; el último registro en la tabla de control mostró una reducción de la media de 6 días a una media de 2 días. Esto demuestra una reducción de 4 días a la media original acercándose mucho a la media de 1.5 días. Se espera que la reducción siga progresivamente acercándose más al promedio de 1.5, alimentando la lista web implementada y el resultado de los entrenamientos dados a los representantes de ventas, en el que se ha seguido constátenme con juntas subsecuentes.

Una vez acabadas las pruebas estadísticas, se recurrió a la modelización para probar la confiabilidad de los datos y predecir si alguna de las variables afectaba el número de días que tarda una orden en procesarse y así se sacaron las 3 variables que más afectaban el número de días de entrada de una orden.

Las principales causas del retraso de la entrada de ordenes fueron: la calidad de la información ingresada, la región de origen de la orden y si el producto solicitado se ha hecho alguna vez. Se presentó una nueva metodología para mejorar y controlar estas variables, la cual redujo activamente los días de ingreso de las órdenes de venta. Con esto se cubrió el primer objetivo específico: elaborar un análisis sobre las variables que influyen en el proceso, para identificar posibles causas de las ineficiencias en el proceso.

Las pruebas estadísticas y los modelos de predicción indicaron que, aunque el modelo de regresión logística utilizado no fue completamente confiable, sí proporcionó una visión útil sobre las variables más influyentes en el proceso. La AUC (Área Bajo la Curva) del modelo fue de 0.633, lo cual sugiere un desempeño moderado.

El objetivo general del trabajo propuesto era generar un sistema para la mejora del proceso de manejo de entrada de órdenes de compra con la finalidad de mejorar los tiempos de entrega del

producto. Se implementaron varias mejoras basadas en la metodología Lean Seis Sigma, incluyendo la estandarización de actividades, la implementación de herramientas IT para mejorar el proceso, y la actualización y limpieza del proceso para eliminar tareas que no agregan valor, cumpliendo así con el segundo y tercer objetivo específico del trabajo aquí planteado.

Se implementaron cartas de control para monitorear el impacto de las mejoras propuestas, observándose una reducción en la variabilidad del proceso y una tendencia hacia la estabilización del tiempo de ingreso de órdenes. Con esto se cumple el cuarto objetivo específico que era implementar la metodología y herramienta desarrollada en un área piloto para validar la eficiencia de la propuesta desarrollada.

Una de las principales limitaciones identificadas es la incapacidad para modificar significativamente los procesos de ingreso de órdenes manejados por usuarios externos y otras divisiones. Por lo tanto, la próxima acción consistirá en establecer mecanismos de monitoreo y candados de validación para garantizar que los procesos ingresados por externos se realicen correctamente.

En conclusión, con base en los resultados obtenidos a lo largo del proyecto, se puede afirmar que la hipótesis planteada fue validada. La hipótesis proponía que, mediante la implementación de un sistema de mejora en el proceso de entrada de órdenes de compra, sería posible reducir significativamente el tiempo de procesamiento de dichas órdenes. Tras aplicar herramientas estadísticas, modelización, herramientas de mejora continua, rediseñar el flujo de trabajo, capacitar al personal y desarrollar herramientas digitales de apoyo, el tiempo promedio de ingreso de órdenes se redujo de 6 días a 2 días. Esta mejora representa una disminución sustancial en los tiempos de respuesta, lo cual confirma que las acciones implementadas fueron efectivas y que la hipótesis fue correcta.

Referencias

- Aguirre Mayorga, H., & Rincón García, N. (2015). Minería de procesos: desarrollo, aplicaciones y factores críticos. *Cuad. admon.ser.organ.*, 137-157.
- Arias, M., & Rojas, E. (2016). Guía para gestionar procesos de negocio a través de minería de procesos. *InterSedes*, 1-28.
- Beltrán Martínez, B. (2009). *Minería de datos*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de.
- Carl, B. (2022). *ISIXSIGMA*. Obtenido de The Complete Guide to understanding Control Charts: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/control-charts/a-guide-to-control-charts/>
- Čaušević, S., & Avdagić-Golub, E. (2019). The Challenges and Opportunities of Introducing Six Sigma at Customer Support Telecommunication Company. *TEM Journal*, 1037-1312.
- Crowley, A. (1999). Order? What Order? *PC WEEK*, 81-82.
- Dakic, D., Stefanovic, D., Cosic, I., Lolic, T., & Medojevic, M. (2018). BUSINESS PROCESS MINING APPLICATION: A LITERATURE REVIEW. *DAAAM Internationa*, 866-875.
- Darryl, S. (7 de Enero de 2022). *Contorl charts 101*. Obtenido de Quality Magazine: <https://www.qualitymag.com/articles/96822-control-charts-101>
- Eshraghi, S., & Eneyo, E. (2021). Enhance synergy of DMAIC value stream maps to boost production. *ISE Magazine*, 28-33.
- Eshraghi, S., & Eneyo, E. (2021). Enhance synergy of DMAIC, value stream maps to boost production. *ISE Magazine*, 7. Obtenido de <https://www.iise.org/ISEmagazine/>
- Garrido Vega, P., Sacristán Díaz, M., & Magaña Ramírez, L. (2016). Six Sigma in SMES with low production volumes. A successful experience in aeronautics. *Universia Business Review*, 52-71.
- George, M., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity*. McGraw-Hill Education.
- González Díaz, D., Medina León, A., Medina NogueiraI, Y., Assafiri Ojeda, Y., & Nogueira Rivera, D. (2021). La identificación del conocimiento como herramienta de gestión y mejora de procesos. *Ingeniería Industrial*, 1-12.
- Gryna, F., Chua, R., & Defeo, J. (2007). *Método Jurán Análisis y Planeación de la Calidad*. México: McGraw-Hill.

- Hallam Smith, E. (2003). Customer Focus and Marketing in Archive Service Delivery: theory and practice. *Journal of the Society of Archivists*, 12.
- Lawson, J. (2015). *Design and Analysis Experiments with R*. Florida: Taylor & Francis Group, LLC.
- Mandahawi, N., Fouad, R. H., & Suleiman, O. (Febrero de 2012). An Application of Customized Lean Six Sigma to Enhance. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6(1), 8.
- Martínez Mayoral, A., & Morales Socuéllanos, J. (2022). *Lean Seis Sigma para la Mejora de Procesos*. Alicante, España: Universitas Miguel Hernández.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2008). *The Basics of FMEA*. Florida: CRC Press.
- Minitab. (2023). *Soporte técnico de Minitab 21*. Obtenido de ¿Qué es el método de Bonferroni?: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-the-bonferroni-method/>
- Pourbafrani, M., Jiao, S., & van der Aalst, W. (2021). SIMPT: Process Improvement Using Interactive Simulation of Time-aware Process Trees. *Chair of Process and Data Science*, 7.
- Project Management Institute, Inc. (2017). *A Guide to the PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE*. Pennsylvania, U.S.A.: GLOBALESTANRDS.
- Putra Barusman, A. R., & Putri Rulian, E. (2020). Customer Satisfaction and Retention and its impact on Turism in Hotel Industry. *UTOPIA Y PRAXIS LATINOAMERICANA*, 11.
- Rdiouat, Y., Nakabi, N., Kahtani, K., & Semma, A. (2012). Towards a new approach of continuous process improvement. *Department of Mathematics and Computer Science*.
- Ucar, I. (2019). simmer: Discrete-Event Simulation for R. *Journal of Statistical Software*, 90(2), 1-30. doi:file:///C:/Users/Ixchel/Downloads/v90i02.pdf