

Universidad de Costa Rica

Sede Interuniversitaria de Alajuela

Carrera de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación

Desarrollo de un sistema de costeo multivariable para una empresa
metalmecánica

Sustentantes:

Eckson Abraham Brenes Morera B81277

Ericka Herrera Solís B73795

Sasha Andrea Siles Núñez B36673

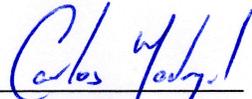
Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Julio, 2023

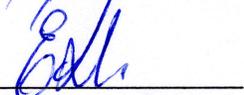
Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Desarrollo de un sistema de costeo multivariable para una empresa metalmeccánica

Tribunal Examinador

Nombre	Firma	Fecha
Yendry Fernández Mora Representante de la Dirección		<u>31-07-23</u>
Mario Federico Vargas Madrigal Director del Comité Asesor		<u>2-08-23</u>
Steven García Goñi Asesor Técnico		<u>01-08-2023</u>
Carlos Alberto Madrigal Valverde Profesional Contraparte		<u>01-08-2023</u>
David Gerardo Alfaro Viquez Profesor Lector		<u>01-08-2023</u>

Sustentantes

Nombre	Firma	Fecha
Eckson Abraham Brenes Morera		<u>01-08-2023</u>
Ericka Herrera Solís		<u>01-08-2023</u>
Sasha Andrea Siles Núñez		<u>31-07-23</u>

Agradecimientos y dedicatoria

Aunque al haber elegido esta carrera no estaba seguro de si había tomado la mejor decisión, hoy no me arrepiento de la elección, ya que lo que aprendí durante estos últimos cinco años no tuvo un paso fugaz, por el contrario, ese conocimiento se quedó y ha crecido, despertando la chispa en pro de ser un mejor profesional cada día.

Le doy gracias a Dios por permitirme culminar este proceso, pues Él me ha dado la fuerza, inteligencia y capacidad para llegar hasta aquí. A mis padres y abuelos les debo todo el apoyo, sus oraciones, empatía y ejemplo, les agradezco haber inculcado en mí el estudio como fuente de progreso, así como la oportunidad de convertirme en ingeniero. ¡Los amo!

- Eckson Abraham Brenes Morera

Dedico este proyecto primeramente a Dios que me ha respaldado en cada una de las decisiones tomadas para poder concluir este gran logro. En segunda instancia, agradezco inmensamente a mis padres, a mi hermana y mis abuelos porque han sido un pilar fundamental en este arduo camino; en cada momento difícil estuvieron allí para apoyarme y recordarme que era capaz de alcanzar todo lo que me propusiera.

Me gustaría reconocer también a mis compañeros de carrera, que nunca me negaron su ayuda cuando la necesité. Agradezco finalmente a la Universidad de Costa Rica y a mis profesores por prepararme para la vida profesional de la mejor manera y demostrar una vez más la excelencia de la educación pública en este país.

- Ericka Herrera Solís

Dedico este logro a mi familia; a mis padres, a mis abuelos, a mi hermano, a todos; porque con su apoyo constante, sus oraciones y velitas es que he llegado a este momento. Especialmente agradezco a mi madre por su ejemplo a nivel académico y a mi padre por el profesional que es y por aquella noche donde fui escuchada e impulsada.

No fue un camino fácil, pero fue un camino cargado de aprendizaje tanto a nivel personal como profesional y cada una de las personas, de las circunstancias y de las etapas es que me permitieron llegar a ESTO. Así que también le agradezco a las personas que conocí en el camino, quienes me hicieron visibles mis habilidades para la ingeniería, a quienes me presentaron a Ingeniería Industrial y más aún a quienes me acompañaron en el proceso.

No puedo dejar de lado que me dedico y me agradezco por cumplir este sueño; por cada noche que por frustración lloré, por cada examen que fallé, por cada vez que dudé de mí... ¡SÍ SE PUDO! Y, como constantemente me lo he repetido por años “Hoy es el mañana del cual te preocupabas ayer” y aquí estamos.

- Sasha Siles Núñez

Resumen gerencial

Precision Tech Services (PTS) es una compañía de capital nacional creada en 2016 para desarrollar diseño y maquinado del sector de metalmecánica por medio del uso de maquinaria convencional y CNC en procesos de tornado, fresado y rectificado. Esta organización brinda servicio make-to-design, hechos a la medida de forma personalizada, para empresas de industria metalmecánica, médica, farmacéutica y electromecánica. La cotización de sus productos se realiza de forma empírica, donde el personal por criterio experto decide el tiempo cotizado, el cual es estimado por el personal de ventas; el tiempo planificado, el cual es estimado por parte del jefe de producción según los indicadores de desempeño; y el tiempo real, que se registra según la cantidad de horas utilizada por los operarios para realizar el pedido.

Una de las problemáticas que enfrenta la organización es la diferencia entre los tiempos cotizado (departamento de ventas), tiempo planificado (departamento producción) y el tiempo real de ejecución. Ejemplo de esto, es que en el 2021 el 28% de las órdenes vendidas sobrepasa el tiempo cotizado, mientras que el 31% supera el tiempo planificado por producción, esto significa que se cobra menos de lo que realmente implica en términos del tiempo invertido y su costo asociado para la organización en esas órdenes de trabajo. Para la organización es importante que el costo de trabajo quede cubierto en el precio de venta de los artículos, pero saber si esto ocurre no es posible, ya que no se cuenta con el registro del costo de hora de los procesos, así que no se conoce si existen ganancias o pérdidas sobre cada una de las cotizaciones realizadas. PTS utiliza una tarifa estándar de \$30 por hora cotizada, sin importar el tipo de pieza, la complejidad, el material o los procesos involucrados.

Así que existe una carencia de un sistema de costeo preciso que permita determinar el costo de cada orden de trabajo según los diferentes factores que caracterizan a las piezas que se realizan en los pedidos, por lo que no existe una forma de conocer el margen de utilidad ni los costos reales de la manufactura de estos productos. Lo anterior, se pretende trabajar por medio del diseño y validación de un sistema de costeo multivariable para PTS que considere los costos que se involucran en la operación normal para mejorar la determinación de las horas productivas, evitar pérdidas por estimaciones poco acertadas e incrementar la productividad de los operarios. El proyecto se considera exitoso según estos indicadores: mejora en la estimación de tiempo, presencia de una herramienta confiable para llevar a cabo el proceso de cotización y simplicidad en el uso de la herramienta de costeo.

En la etapa de diagnóstico se realiza la evaluación del proceso actual de cotización, el estudio de la capacidad instalada, estudio de los estados financieros por medio de indicadores y el cálculo del costo por hora. De esta evaluación se obtiene que en el proceso se sufre de un periodo ocioso antes del proceso de fijación del precio, ya que la capacidad no es suficiente, el tiempo takt es menor que el tiempo total de ciclo por lo que hay que reducir el tiempo del cuello de botella y, por último, la dificultad existente de estandarizar el proceso actual de cotización se debe a los múltiples criterios que se deben considerar para realizarlo.

En temas de capacidad instalada se identifican maquinarias que se encuentran ociosas y también hay casos donde esto implica el pago de horas extra o trabajo a doble turno sin aprovechar realmente los recursos que se tienen a disposición.

Por otro lado, en temas de los estados financieros se identifica que hay deficiencias en la clasificación de costos por lo que influye en la toma de decisiones, un 16.60% de los costos se deben a los servicios tercerizados y situaciones en específico como la compra de maquinaria afecta los estados financieros de la organización.

Por último, en el cálculo del costo por hora se identifica que el proceso con mayores costos es el de fresado CNC y en general los gastos de administración son los costos indirectos con mayor peso, el costo neto promedio por hora es superior al que maneja la empresa por más de \$12.

En la etapa de diseño se detalla el método propuesto de estimación de tiempos, por medio del cual se desarrollan los criterios de complejidad y tipo de material, el muestreo estratificado de las órdenes según proceso, la evaluación de posibles métodos y el tiempo real sugerido por pieza dependiendo de sus características. Además, se realiza la comparación de PTS con Grupo Collado, el cual es una empresa del sector de metalmecánico y se identifica que, aunque PTS es una compañía más nueva y pequeña cuenta con indicadores financieros favorables, los cuales brindan ventajas competitivas. Se diseña la herramienta de costeo multivariable donde se calcula el tiempo sugerido con un desglose de los costos de cada ítem para llegar al cálculo del costo total y del precio final según las características específicas de la organización para confeccionar la cotización según el formato requerido por el cliente.

En la etapa de validación se realiza la comparación de métodos de estimación de tiempos como lo es el análisis de registros de meses posteriores, diferencia entre el tiempo estimado y el tiempo real para concluir con la evaluación de resultados. Esta información permite validar los objetivos del uso de la herramienta, así como el cumplimiento de los indicadores de éxito, la actualización de coeficientes en la herramienta y el análisis costo beneficio de su uso donde se identifica que cuenta con mayores ventajas que recursos por invertir. Además, es necesario actualizar el costo por hora de cada proceso y los tiempos estimados, pues conforme estos se sigan actualizando la exactitud de la herramienta va a mejorar.

El objetivo general del proyecto se cumple según los indicadores de éxito propuestos, más específicamente se logra el diseño e implementación de una herramienta descrita como un sistema de costeo multivariable para una empresa metalmecánica, donde se consideran aspectos como la complejidad y el tipo de material. Además, posterior a la implementación de la herramienta es posible calcular la diferencia entre la metodología utilizada por la organización como con el uso de la herramienta, donde se obtienen mejores resultados con el uso de la herramienta. Por último, la herramienta es catalogada como de fácil aprendizaje y uso, orientada al usuario, adaptable y flexible a la organización, entre otras características que permiten cumplir con el objetivo propuesto.

Índice

Introducción	10
Capítulo 1. Propuesta de proyecto	11
1.1. Justificación del proyecto.....	11
1.1.1. Descripción de la organización	11
1.1.2. Justificación del problema.....	11
1.1.3. Definición del problema.....	14
1.1.4. Alcance del proyecto.....	14
1.1.5. Beneficios del proyecto para la sociedad	15
1.1.6. Beneficios del proyecto para la organización	15
1.2. Objetivos e indicadores de éxito	15
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.2.3. Indicadores de éxito	16
1.3. Marco de referencia teórico	17
1.3.1. Contabilidad de costos	17
1.3.2. Análisis de datos multivariable	17
1.4. Metodología general.....	18
1.5. Cronograma.....	20
Capítulo 2. Diagnóstico.....	22
2.1. Objetivos del diagnóstico.....	22
2.1.1. Objetivo general	22
2.1.2. Objetivos específicos	22
2.2. Evaluación del proceso actual de cotización.....	22
2.2.1. Diagrama de piscina (carriles) del proceso actual de cotización.....	23
2.2.2. Diagrama de flujo del proceso actual de cotización.....	24
2.2.3. Mapeo de la cadena de valor del proceso actual de cotización	25
2.2.4. Factores críticos en el proceso de cotización	26
2.3. Estudio de la capacidad instalada de la planta	28
2.4. Estructura financiera	35
2.4.1. Estudio de los estados financieros.....	35
2.4.2. Cálculo del costo por hora por proceso	45
2.5. Análisis del método actual de estimación de tiempos por orden de compra.....	48

2.6.	Comportamiento de las entradas según factores	54
2.7.	Conclusiones del diagnóstico	61
2.8.	Oportunidades de mejora	62
Capítulo 3. Diseño.....		64
3.1.	Objetivos del diseño.....	64
3.1.1.	Objetivo general	64
3.1.2.	Objetivos específicos	64
3.2.	Método propuesto de estimación de tiempos	64
3.3.	Cálculo del costo y precio de una cotización	69
3.4.	Indicadores financieros de referencia.....	70
3.5.	Herramienta para el sistema de costeo multivariable.....	74
3.6.	Conclusiones del diseño.....	77
Capítulo 4. Validación		79
4.1.	Objetivos de la validación.....	79
4.1.1.	Objetivo general	79
4.1.2.	Objetivos específicos	79
4.2.	Comparación entre los métodos de estimación de tiempos.....	79
4.3.	Herramienta: Validación de atributos	85
4.4.	Consideraciones finales del sistema de costeo multivariable.....	88
4.4.1.	Transición y actualización.....	88
4.4.2.	Análisis costo/beneficio cualitativo	91
4.5.	Conclusiones de la validación.....	92
Conclusiones		94
Recomendaciones.....		95
Referencias bibliográficas.....		97
Glosario.....		100
Abreviaturas y acrónimos		100
Anexos		101
Apéndices.....		101

Índice de tablas

Tabla 1: Metodología general del proyecto (diagnóstico)	18
Tabla 2: Metodología general del proyecto (diseño)	19
Tabla 3: Metodología general del proyecto (validación)	20
Tabla 4: Cronograma del proyecto.....	20
Tabla 5: Subcategorías para determinar el factor tiempo requerido	27
Tabla 6: Procesos de mantenimiento y configuración de la máquina	29
Tabla 7: Resumen del tiempo disponible para cada recurso	30
Tabla 8: Horas productivas por mes de las fresadoras convencionales	30
Tabla 9: Horas productivas por mes de las fresadoras CNC.....	31
Tabla 10: Horas productivas por mes de los tornos	32
Tabla 11: Tiempo disponible de cada uno de los equipos de los procesos en estudio	33
Tabla 12: Capacidad instalada por proceso debido a limitaciones de maquinaria.....	34
Tabla 13: Disponibilidad mensual por proceso debido a limitaciones de recurso humano	34
Tabla 14: Porcentaje de participación de las cuentas de costos de productos vendidos con respecto a las ventas anuales	38
Tabla 15: Porcentaje de participación de las cuentas de gastos de administración con respecto a las ventas anuales	41
Tabla 16: Resultado de los indicadores financieros de la organización para el periodo en estudio	44
Tabla 17: Costo por hora/máquina de cada proceso	46
Tabla 18: Promedio mensual de costos indirectos prorrateados	46
Tabla 19: Participación de cada proceso en relación con el total de horas de producción	46
Tabla 20: Costo por hora indirecto de cada proceso	47
Tabla 21: Costo por hora/operario de cada proceso.....	47
Tabla 22: Costo por hora total de cada proceso	48
Tabla 23: Diferencia no absoluta entre los tiempos cotizado, estimado y real	49
Tabla 24: Diferencia positiva no absoluta entre los tiempos cotizado, estimado y real.....	49
Tabla 25: Diferencia negativa no absoluta entre los tiempos cotizado, estimado y real.....	50
Tabla 26: Sumatoria de los tiempos real y estimado por proceso	52
Tabla 27: Sumatoria de la diferencia entre los tiempos estimado y real por proceso	52
Tabla 28: Sumatoria de la diferencia no absoluta entre los tiempos estimado y real por mes y año	54
Tabla 29: Características para valorar la complejidad de una pieza	55
Tabla 30: Descripción de las máquinas según su tipo.....	55
Tabla 31: Clasificación de los tipos de material	56
Tabla 32: Promedio del valor absoluto de la diferencia entre los tiempos estimado y real, por pieza, para cada uno de los procesos	57
Tabla 33: Resultados del muestreo	57
Tabla 34: Tiempo real por complejidad para la muestra.....	59
Tabla 35: Tiempo real por material para la muestra	60
Tabla 36: Tiempo real por proceso para la muestra	61
Tabla 37: Mediana del tiempo real por pieza según proceso	67
Tabla 38: Mediana del tiempo real por pieza según complejidad.....	67
Tabla 39: Mediana del tiempo real por pieza según material	67

Tabla 40: Tiempo real sugerido por pieza según sus características.....	68
Tabla 41: Diferencia de los indicadores financieros de las organizaciones en el periodo en estudio	73
Tabla 42: Indicadores financieros según ventas.....	74
Tabla 43: Entradas por proceso (noviembre 2022)	82
Tabla 44: Actualización de los coeficientes que utiliza la herramienta	90

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo general	23
Figura 2: Diagrama de piscina (carriles) del proceso de cotización	24
Figura 3: Diagrama de flujo del subproceso de cotización basado en criterio experto.....	25
Figura 4: Mapeo de la cadena de valor del proceso de cotización.....	26
Figura 5: Horas productivas anuales por proceso	33
Figura 6: Flujo de información contable necesaria para el diagnóstico financiero.....	36
Figura 7: Desglose del costo de los productos vendidos (septiembre 2021 a agosto 2022)	37
Figura 8: Comportamiento de los costos de los productos vendidos trimestral.....	40
Figura 9: Desglose del gasto de explotación (septiembre 2021 a agosto 2022)	41
Figura 10: Comportamiento del gasto de explotación trimestral.....	43
Figura 11: Sumatoria de diferencia no absoluta entre tiempos cotizado, estimado y real por mes .	51
Figura 12: Cantidad de entradas por complejidad para la muestra	58
Figura 13: Cantidad de entradas por material para la muestra.....	60
Figura 14: Histogramas del tiempo real según proceso	65
Figura 15: Histogramas del tiempo real según complejidad.....	66
Figura 16: Histogramas del tiempo real según material	66
Figura 17: Método propuesto de cotización	70
Figura 18: Cotización de un ítem de una orden de trabajo (procesos de maquinado)	75
Figura 19: Cotización de un ítem de una orden de trabajo (procesos adicionales, materiales y herramientas).....	76
Figura 20: Desglose asociado a los ítems de una orden de trabajo.....	76
Figura 21: Estructura de la cotización para ser enviada al cliente	77
Figura 22: Diferencia entre tiempo real y estimado para los datos del muestreo	80
Figura 23: Diferencia por proceso entre tiempo real y estimado para los datos del muestreo	81
Figura 24: Diferencia entre tiempo real y estimado para los datos de noviembre 2022.....	83
Figura 25: Diferencia por proceso entre tiempo real y estimado para los datos de noviembre 2022	84
Figura 26: Atributos validados por la contraparte en la herramienta de costeo y cotización	86

Introducción

Las empresas que se categorizan como make-to-design son todas aquellas que laboran por contrato; no obstante, por la naturaleza variable de los productos que en ellas se manufacturan no se cuenta con un número finito de artículos entre los que el cliente puede elegir (Katz, 1986). Por el contrario, este tiempo de organizaciones ofrece múltiples servicios y/o procesos que, ya sea de manera individual o en conjunto, abre paso a un sinnúmero de configuraciones posibles de piezas que se pueden elaborar.

En Latinoamérica, muchas compañías que se incluyen en este formato no poseen un sistema de costeo estándar, trazable y basado en el análisis estadístico de los registros históricos, sino que por lo general se hace uso del conocimiento previo de los encargados de ejecutar el proceso de cotización para determinar el costo de las solicitudes de trabajo, lo cual queda demostrado en los estudios desarrollados en Perú por Celestino Loarte (2020) y Zavaleta Pinillos (2018), en Colombia, tanto en la investigación de López Polanía y Quiñónez Castillo (2012) como en la de Giraldo Narváez y Solarte Calderón (2010), así también en Venezuela mediante el proyecto llevado a cabo por Rodríguez Medina et al. (2007). Esta práctica acarrea múltiples riesgos, pues el costeo se basa en el carácter subjetivo de quien analiza el pedido.

De igual manera, el hecho de no considerar los estados financieros y demás información relacionada imposibilita calcular de manera idónea los costos reales que se incurren al hacer uso de uno o más procesos, los cuales a su vez deberían tener asociado un coeficiente distinto, debido a que la carga de personal, maquinaria y costos indirectos no se mantienen constantes para cada uno de ellos.

En cuanto a la organización del documento, este proyecto está dividido en cuatro capítulos: propuesta, diagnóstico, diseño y validación. En el primero de ellos se plantea la manera en que se va a abordar la investigación, definiendo plazos, actividades, herramientas y resultados esperados. Así mismo, en dicha fase se describen los indicadores que posteriormente serán evaluados para indicar si se tuvo o no éxito en relación con lo planificado.

Con respecto al diagnóstico, se analiza el proceso actual de cotización, así como la capacidad de la planta, también se explora la estructura financiera de PTS y el método de estimación de tiempos, con el objetivo de identificar potenciales oportunidades de mejora que deben ser tomadas en cuentas para establecer un sistema de costeo multivariable.

En el diseño, además de definir las pautas de la metodología propuesta, se desarrolla un cálculo más preciso para la estimación de tiempos. Estos coeficientes, que pueden variar conforme el proceso, la complejidad y el tipo de material, se incluyen en la herramienta, junto con los costos precisos obtenidos en la fase de diagnóstico, con el propósito de facilitar el proceso de cotización. El nuevo procedimiento permite pasar de una actividad totalmente empírica a una en su mayoría sistemática, con una presencia menor de factores subjetivos.

Finalmente, en la validación se corroboran los indicadores de éxito detallados en la propuesta, dentro de los cuales se tiene la retroalimentación de la contraparte, realizando las modificaciones pertinentes y proponiendo observaciones a futuro para promover la mejora continua del sistema de costeo multivariable.

Capítulo 1. Propuesta de proyecto

1.1. Justificación del proyecto

A continuación, se presentan las distintas secciones que abarcan la justificación del proyecto y su importancia.

1.1.1. Descripción de la organización

Precision Tech Services (PTS) es una empresa metalmecánica que surge en el año 2016 con capital humano y financiero nacional. Esta compañía inicia como una microempresa dedicada a brindar soluciones de rectificado; no obstante, gracias a la constante inversión en maquinaria y recurso humano capacitado, se ha incursionado en nuevos procesos de diseño y maquinado, los cuales permiten ampliar la oferta de servicios y, con ello, el público meta.

La empresa se dedica al diseño y a la fabricación de componentes, utilizando tanto maquinaria convencional como CNC. Además, se realizan trabajos con un alto grado de interacción humana, como soldadura especial y transformación de acrílico. Entre los productos desarrollados con más frecuencia se encuentran los denominados “fixtures”, utilizados por los operarios en algunas compañías para facilitar las actividades de ensamble y subensamble.

En cuanto a sus clientes, la mayoría pertenece a industrias de tipo metalmecánica, médica, farmacéutica y electromecánica; aunado a lo anterior, la empresa ha notado un incremento reciente en la demanda al ofrecer un servicio completamente personalizado, que permite diseñar y maquinar soluciones a la medida en función de las necesidades del cliente (M. Chanto, comunicación personal, 21 de abril, 2022).

1.1.2. Justificación del problema

La industria metalmecánica forma parte de un sector particular en el que la variedad de productos confeccionados es inmensa, debido a que se realizan trabajos para múltiples clientes con necesidades muy diferentes entre sí (Katz, 1986). Algunas compañías de este tipo laboran bajo un enfoque make-to-design, el cual se caracteriza por no tener un catálogo de productos finito, sino que en su gran mayoría las órdenes de trabajo requieren un flujo de actividades distinto, por lo que es necesario contar con un desglose detallado y preciso de las horas requeridas en cada proceso, así como con un método de cotización estandarizado.

Para el año 2021, la empresa reporta que el 28% de las órdenes de venta procesadas excede el tiempo cotizado y el 31% sobrepasa el tiempo planificado por producción (ver Apéndice 1); dado lo anterior, la alta gerencia tiene dudas con respecto a la efectividad del método actual de cotización y de asignación de horas a los mecánicos. La empresa indica que espera, en estos casos, al menos haber cubierto el costo del trabajo (M. Valverde, comunicación personal, 5 de mayo, 2022); sin embargo, dado que no se conoce el costo real de la hora por proceso, no es posible determinar si los costos son cubiertos, si se obtiene alguna ganancia o si por el contrario hay pérdidas considerables.

Cabe aclarar que la empresa PTS considera tres tiempos distintos en su base de datos. En primer caso, se tiene el tiempo cotizado, el cual lo estima el personal de ventas al elaborar la cotización, este se calcula de manera empírica y se basa en el criterio experto.

Posteriormente, se tiene el planificado, que corresponde a la proporción de tiempo que asigna el jefe de producción a los mecánicos para que realicen la pieza; con el tiempo planificado se calculan los indicadores de desempeño de los operarios. Por último, se tiene el real, que hace referencia al tiempo registrado mediante una aplicación vinculada con el sistema de producción que permite sumar la duración de la pieza en los múltiples procesos por lo que haya sido transformada.

Con respecto a la estimación realizada por los vendedores, esta se multiplica por la tarifa estándar de \$30 por hora (ver Anexo 1), independientemente del tipo de pieza, su complejidad, el material, los procesos involucrados en la confección del componente, entre otras variables que podrían afectar el costo final del producto. Según la gerencia, el precio que brinda este cálculo contempla el costo de los materiales, el gasto por mano de obra y la utilidad; no obstante, no se tiene certeza de cómo se compone este rubro de precio por hora (M. Valverde, comunicación personal, 21 de abril, 2022).

De la mano con lo anterior, es importante destacar que según un informe de la Promotora del Comercio Exterior (PROCOMER, 2017), acerca de la caracterización de la industria metalmeccánica, 1 de cada 10 empresas del sector utiliza la intuición para la fijación de precios; además, el 43% de estas compañías no cuenta con buenas prácticas de cotización que considere los precios del mercado, los costos directos e indirectos y la utilidad del producto.

Una vez aprobada la cotización por parte del cliente, esta se convierte en una orden de trabajo y se envía a producción, donde el jefe del área asigna horas a cada uno de los procesos que requiera la pieza según su experiencia en el ámbito. Los encargados indican que el tiempo asignado debería ser levemente menor al tiempo cotizado, esto para que exista un margen de error; sin embargo, en algunas ocasiones los mecánicos invierten más horas que las planificadas e incluso se suele superar el tiempo cotizado (S. Lara, comunicación personal, 21 de abril, 2022).

Con el propósito de validar la afirmación anterior, se realizan los cálculos para evaluar el tiempo real con respecto a los otros dos lapsos, todo esto para los primeros cuatro meses del año 2022. Los resultados indican que se han facturado en total 189 órdenes de venta, de las cuales 88, un 47%, han excedido el tiempo planificado por el jefe de producción. Además, 67 de estas 88 órdenes han sobrepasado el tiempo cotizado inicialmente por el personal de ventas. Al realizar una comparación en relación con el total de órdenes, el 35% de los trabajos finalizados no contempla con precisión la duración presente en la cotización, lo cual representa un incremento de un 7% con respecto al año 2021 (ver Apéndice 1).

Otra de las inquietudes es que al no tener una buena estimación del tiempo real que involucra cada pieza en los distintos procesos no se puede determinar con exactitud el costo del producto, debido a que este rubro tiene relación directa con su cálculo respectivo.

Según el estado de resultados del año 2021, se tiene que la planilla productiva, la cual se encarga exclusivamente del maquinado de piezas, representa el 64% de los costos directos. Por otro lado, la segunda fracción más representativa corresponde al costo por materia prima y herramientas con el

33% de la totalidad de los costos de los productos vendidos; el 3% restante está conformado por costos logísticos (ver Apéndice 2).

Esta limitante se debe a que no se ha diseñado un método sistemático que permita, a partir de las distintas especificaciones de los planos y los sólidos, los cuales consisten en una representación tridimensional de la pieza en cuestión, aproximar el tiempo por proceso para cada pieza, causando no sólo errores en la cotización por considerar que las distintas actividades tienen el mismo costo, sino también incumplimientos en los plazos de entrega.

Por otro lado, al analizar la relación que existe entre el costo de la planilla productiva y las ventas netas del periodo 2021 es evidente que los ingresos se utilizan en gran medida para realizar el pago a las personas involucradas con el área de producción; de hecho, para el mes de diciembre del año anterior el 79% de las ventas netas se utiliza para hacer frente a este apartado, luego de haberle sumado los distintos gastos administrativos al rubro en cuestión se tuvo como resultado una utilidad neta negativa.

La causa de lo anterior se debe en parte a que la empresa ha optado por la contratación de más personal, incluso se está planificando un segundo turno para aumentar la producción; sin embargo, se tiene que las ventas no han crecido en una proporción que respalde esa decisión, lo cual representa un riesgo para la organización al no considerar que sus costos en un momento dado pueden superar sus ingresos, tal como ocurre en el mes de diciembre del año 2021 (ver Apéndice 3).

Aunado a los problemas ya descritos, al no conocer con anterioridad un tiempo preciso por proceso para cada una de las piezas resulta complicado planificar la producción y asignar trabajo a los mecánicos de modo que no incurran en tiempo muerto mientras solicitan que se les asigne una nueva orden de trabajo.

A partir de mayo del 2021 se inicia con el registro del tiempo que esperan los operarios desde que terminan una pieza hasta que se les asigna otra, esta medición permite apreciar que al finalizar el año 2021 la suma en horas de tiempo muerto es de 553. Así mismo, en los primeros cuatro meses del 2022 se han registrado aproximadamente 469 horas improductivas debido a esta misma causa (ver Apéndice 4). El departamento de ventas se muestra preocupado, pues en los doce meses que van de mayo del 2021 a agosto de ese mismo año se han desaprovechado más de 1000 horas de trabajo que resultan en esperas (M. Chanto, comunicación personal, 21 de abril, 2022).

De la mano con la implicación anterior, un motivo que no permite llevar a cabo una adecuada planificación de la producción es el desconocimiento de la capacidad de la planta y la fracción de esta que se encuentra comprometida según el tiempo planificado de las órdenes de trabajo pendientes y en curso. Por esta razón, las fechas de entrega también son definidas mediante criterio experto, lo cual genera una gran incertidumbre en la mayoría de las ocasiones que conduce a que se entreguen más del 30.35% de las órdenes de trabajo de manera tardía, esto provoca insatisfacción por parte de los clientes e incluso amonestaciones económicas por incumplimiento en algunos de los casos (ver Apéndice 5).

En relación con la capacidad de la planta, el hecho de no contar con datos de esta en tiempo real ha ocasionado que en algunas ocasiones se comprometa más de la capacidad que posee el departamento

de producción, mientras en otros casos no es suficiente el trabajo para que todos los mecánicos se mantengan activos (M. Valverde, comunicación personal, 28 de abril, 2022). Entre las consecuencias de esta situación es que existe una fluctuación importante en el comportamiento de las horas extra. Por ejemplo, para diciembre del 2021 han sido asignadas apenas cinco horas de este tipo; sin embargo, para enero del 2022 se incurre en 121.50 horas extra para entregar los pedidos con un atraso importante (ver Apéndice 6).

Así mismo, la utilización de las máquinas convencionales en ninguno de los meses, desde enero del 2021 hasta abril del 2022, ha superado el 54%, a diferencia de los equipos que funcionan mediante control numérico por computadora (CNC), los cuales han alcanzado una utilización máxima del 90.20%, esto se debe a la gran aceptación de esta tecnología en el mercado y a su velocidad y facilidad de uso para la elaboración de componentes. En junio del 2021 se decide comprar dos máquinas más de este tipo, por lo que la utilización de las fresadoras convencionales ha presentado un decrecimiento considerable, el promedio de este indicador para ese tipo de máquina varía en el rango de 6% y 16%, sin sobrepasar nunca el 50% (ver Apéndice 7).

Dado este comportamiento, la alta gerencia no sabe si vender algunas máquinas convencionales para adquirir más maquinaria de tipo CNC o si por el contrario ofrecer otros servicios en los que se utilicen aquellos equipos con una baja utilización (M. Valverde, comunicación personal, 5 de mayo, 2022). Esta última opción no resulta viable en este momento, debido a que no se conoce con precisión la carga de trabajo por máquina, la cual representa la ocupación planificada del equipo según las órdenes de trabajo formalizadas.

Por otro lado, se sospecha que el desbalance en la carga de trabajo ha ocasionado que aumenten los reprocesos en los lapsos que presentan una gran cantidad de trabajo acumulado; el agotamiento físico y mental de los mecánicos ha ocasionado que frecuentemente se deban asignar horas para reparar o rehacer piezas, en especial, cuando se tiende a asignar los trabajos con una alta complejidad a los operarios mejor calificados, mientras que los otros mecánicos por su poca experiencia suelen fabricar piezas que no requieren tanto esfuerzo o precisión (W. Nieto, comunicación personal, 19 de mayo, 2022). En los últimos 12 meses, desde mayo del 2021 hasta abril del 2022, se han registrado 800 horas con el detalle de reproceso o garantía (ver Apéndice 8).

1.1.3. Definición del problema

La empresa PTS carece de un sistema de costeo que permita determinar el costo incurrido en cada orden de trabajo, considerando a su vez los factores distintivos que caracterizan a las múltiples piezas que allí se elaboran. Lo anterior imposibilita el cálculo preciso de los márgenes de utilidad, ya que hasta el momento no se han podido establecer los precios y costos de manera estandarizada.

1.1.4. Alcance del proyecto

El proyecto se desarrolla en la empresa metalmecánica Precision Tech Services y se enfoca en costear los servicios make-to-design que esta brinda, al considerar la cadena de valor con sus actividades primarias y de soporte. Se consideran los costos directos, indirectos, variables y fijos en temas de infraestructura, compras, logística, operaciones, servicios, marketing y ventas, entre otros factores,

como lo es el costo por hora para cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el departamento de producción.

1.1.5. Beneficios del proyecto para la sociedad

La organización, al contar con una herramienta de costeo multivariable, podría calcular el costo real de servicio y producción que implica la elaboración de una pieza o componente, lo cual permitiría establecer el precio de venta de los productos de forma competitiva y en función de las necesidades y expectativas de sus clientes.

Lo anterior le da la oportunidad de posicionarse sobre sus competidores, ofreciendo un mayor nivel de servicio, brindando mejores precios, produciendo productos de alta calidad y procurando un crecimiento de la organización.

El hecho de tener un mejor posicionamiento a nivel del mercado y un crecimiento con esta premisa permite ofrecer mayores oportunidades de empleo en la comunidad donde esta se encuentra. Además, el desarrollo proyectado incluye la compra de materia prima a los proveedores, contribuyendo así con otras organizaciones e impulsando la economía del país, esto mediante el aumento de la cartera de clientes, socios y suplidores.

El estudio de tiempos propuesto como actividad para el cálculo del precio por hora de los procesos de manufactura de los productos make-to-design permite identificar riesgos en la ejecución de las tareas, buscando así mejoras en esta temática para velar por las buenas condiciones de trabajo de los colaboradores.

1.1.6. Beneficios del proyecto para la organización

La organización obtendría una herramienta de costeo multivariable con la que podría conocer de una forma más precisa y estandarizada el costo real de los servicios que brinda, logrando así identificar un mejor precio de venta al tomar en cuenta el porcentaje de beneficio neto y todos los costos asociados a la elaboración de las piezas.

Se pretende evitar tanto las pérdidas económicas por parte de la organización al efectuar cotizaciones erróneas como la disminución de clientes a causa de sobrestimar el precio de venta de los productos y servicios ofrecidos.

De igual manera, el estudio de tiempos permite brindar mejores condiciones de trabajo a los colaboradores, generando así un impacto en la motivación del personal, la productividad y su eficiencia.

1.2. Objetivos e indicadores de éxito

Seguidamente, se exponen los objetivos del proyecto con el fin de establecer lo que se pretende lograr con este y los indicadores de éxitos mediante los cuales se va a evaluar si se alcanzaron los objetivos propuestos.

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de costeo multivariable para la empresa metalmecánica PTS que considere los costos involucrados en la operación normal de esta organización, incluyendo la estimación del tiempo involucrado por proceso, esto con el propósito de mejorar la determinación de las horas productivas, evitar pérdidas a causa de una estimación poco precisa e incrementar la productividad de los operarios.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Calcular una aproximación efectiva de la duración real de las órdenes de trabajo, al tomar en cuenta las variables propias de cada componente cotizado, esto con la finalidad de conocer previamente la utilidad de la maquinaria, no sobrepasar la capacidad de la planta y asignar de manera balanceada la carga laboral a los operarios.
- b. Determinar la exactitud del precio dado en las cotizaciones, haciendo uso de un desglose detallado de los costos, un cálculo preciso de la duración de la orden y considerando el margen de utilidad, con el propósito de evitar pérdidas a causa de una subestimación o una disminución de clientes debido a la sobrestimación de costos.
- c. Crear una herramienta digital para el departamento de ventas de la empresa PTS, mediante el análisis de datos históricos, que permita reducir el tiempo y mejorar la estimación de las cotizaciones.

1.2.3. Indicadores de éxito

Se proponen los siguientes indicadores de éxito para medir el cumplimiento del objetivo general del proyecto:

1.2.3.1. Mejora en la estimación de tiempo

Se pretende realizar una comparación entre la diferencia del tiempo real con los tiempos estimados, tanto el tiempo que estipula el método propuesto para tal fin como aquel relacionado con la valoración actual que define el jefe de producción luego de haberse aprobado la cotización. Así mismo, se contempla la dispersión y la densidad de las observaciones.

1.2.3.2. Presencia de una herramienta confiable para la estimación de costos

Indicador binario, referente a la presencia o ausencia de una herramienta confiable, la cual permita mejorar la calidad de las cotizaciones al tomar en cuenta los diversos factores involucrados en la fabricación de piezas y componentes.

1.2.3.3. Simplicidad en el uso de la herramienta de costeo

Se entiende como el desempeño de los colaboradores en el cálculo del costeo haciendo uso de la herramienta propuesta. Se tiene planificado evaluar ciertos factores cualitativos en relación con la implementación de una herramienta digital.

1.3. Marco de referencia teórico

A continuación, en el marco teórico se describen conceptos y temas relacionados con el proyecto en cuestión.

1.3.1. Contabilidad de costos

En resumidas cuentas, “la contabilidad de costos mide, analiza y reporta información financiera y no financiera relacionada con los costos de adquisición o uso de los recursos dentro de una organización” (Horngren et al., 2012).

Dentro de esta rama de la contabilidad se encuentra el sistema de costeo por órdenes de trabajo, el cual se caracteriza porque el objeto de costeo es un producto o servicio diferenciado, es decir, las órdenes tienden a hacer uso de diferentes cantidades de los recursos (Horngren et al., 2012). Este fenómeno es el que ocurre en PTS, pues, aunque dos o más órdenes provengan del mismo cliente, es muy difícil que las piezas requieran la misma duración en los procesos, que se fabriquen en materiales semejantes o que posean dimensiones idénticas.

Este modelo de costeo es utilizado en otras industrias metalmecánicas, como es el caso de la compañía ARAGRO en Colombia (Ríos Gaitán, 2019), o empresas del sector de la construcción, por ejemplo, COPROBRA en Ecuador (Jiménez Rodríguez y Toala García, 2014). En ambos casos se suele implementar métodos empíricos para realizar la cotización de las órdenes de trabajo, ocasionando una disminución de la rentabilidad a causa de no estipular los precios considerando un margen de utilidad preciso. Según Jiménez Rodríguez y Toala García (2014), algunas características del costeo por órdenes de trabajo son:

- a. Acumula y asigna costos a la obra terminada.
- b. Apropiado para trabajos con características especiales.
- c. Permite el control de los materiales, mano de obra y costos indirectos que intervienen durante la fabricación.
- d. Los materiales directos y mano de obra directa se cargan directamente al bien, mientras que los costos indirectos se asignan sobre una base de prorrateo.
- e. La producción no tiene un ritmo continuo, por lo que se debe planificar cuidadosamente.

1.3.2. Análisis de datos multivariable

El análisis de datos multivariantes se refiere al estudio estadístico de una serie de variables, las cuales forman parte de elementos característicos de una población. Lo anterior permite conocer cuántos factores, variables indicadoras, se necesitan para determinar la estructura de dependencia entre las variables y caracterizar la realidad compleja de la población (Peña Sánchez de Rivera, 2013).

Esta técnica cuenta con objetivos como agrupar el conjunto de variables en nuevas variables, las cuales son transformaciones de las originales con la menor pérdida de información, además de identificar la existencia de grupos de datos, la posibilidad de clasificar nuevas observaciones dentro de estos grupos anteriormente definidos y relacionar dos o más conjuntos de variables que se encuentren en estudio.

Además, entre los aspectos positivos de este método está la posibilidad de realizar una representación gráfica de los conjuntos de datos o de instantes en el tiempo, la facilidad de análisis por contar con la posibilidad de trabajar con un menor número de variables y aumentar el conocimiento de la realidad en estudio por la interpretación de los factores (Peña Sánchez de Rivera, 2013).

Peña Sánchez de Rivera (2013), describe que dentro de esta técnica existe el método de exploración de datos, que tiene como objetivo utilizar solamente los datos que se encuentran disponibles para extraer la información que contienen para llegar al método de inferencia, el cual busca conseguir conclusiones sobre la población a la que caracteriza los datos; para esto es necesario crear un modelo que explique la generación de estos datos y predecir datos futuros. La primera técnica descriptiva de exploración de datos multivariados es también conocida como minería de datos debido a que resume, aglomera y cataloga los datos para relacionar variables, a partir de la materia prima de datos.

La técnica de análisis multivariable cuenta con aplicaciones en varios campos científicos, ya que es utilizada para resolver problemas de clasificación en Biología, se extiende a encontrar variables indicadoras en Ciencias Sociales y es aplicada como herramienta para el resumen de información y diseño de sistemas de clasificación automática y de reconocimiento de patrones en el área de la Ingeniería y Ciencias de la Computación.

Un ejemplo de la aplicación de esta técnica es descrito por Mariscal Quellón (2022), en su trabajo de investigación “Implementación de minería de datos para optimizar la productividad del sistema de facturación electrónica en la empresa SEEN CORPORATION SELVA SAC, San Martín 2021”, en la cual estudia el comportamiento de los clientes por medio de un análisis de ventas con el sistema de facturación electrónica, donde es posible identificar los clientes con mayor volumen de ventas, así como los productos de mayor movimiento, el incremento periódico de uso de recursos del sistema por mayor volumen de comprobantes por un sector de los clientes, mejora del cobro de la licencia mensual del sistema al conocer el volumen de comprobantes generados periódicamente, y predecir requerimientos de ciertos clientes sobre el sistema, mejorando la atención al cliente.

1.4. Metodología general

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la metodología propuesta para llevar a cabo en cada una de las tres fases del proyecto, incluyendo las actividades, herramientas y productos que facilitarán la consecución de los objetivos antes descritos.

Tabla 1

Metodología general del proyecto (diagnóstico)

	Actividades	Herramientas	Productos esperados
Diagnóstico	Evaluación del proceso actual de cotización.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de flujo. • Diagramas de piscina. • Value Stream Mapping. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa del proceso de cotización. • Factores relevantes. • Problemas en el proceso de cotización. • Cuello de botella.

Tabla 1*Continuación - Metodología general del proyecto (diagnóstico)*

	Actividades	Herramientas	Productos esperados
Diagnóstico	Estudio de la capacidad instalada de la planta.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la capacidad instalada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad actual. • Recursos disponibles. • Utilización de la maquinaria. • Utilización del recurso humano.
	Análisis de los costos involucrados por proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • Contabilidad de costos. • Estadística descriptiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos directos e indirectos con su respectiva clasificación en costos fijos y variables para cada uno de los procesos. • Costo total por proceso.
	Estudio de los estados financieros.	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores financieros. • Revisión documental de los estados financieros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento de los ingresos y los gastos.
	Análisis del método actual de estimación de tiempos.	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación y revisión de datos históricos de los registros de tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencias entre los tiempos cotizado, estimado y real por orden de compra.

Tabla 2*Metodología general del proyecto (diseño)*

	Actividades	Herramientas	Productos esperados
Diseño	Estudio del tiempo por proceso según especificaciones del plano.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis multivariable. • Estadística descriptiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Factores críticos para la estimación del tiempo. • Determinación del tiempo según factores.
	Elaboración de una herramienta que incluya el cálculo del tiempo por proceso según especificaciones del plano.	<ul style="list-style-type: none"> • Programación en Excel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta que permita calcular el tiempo aproximado que conlleva cada pedido a partir de los factores considerados.
	Elaboración de una herramienta de costeo multivariable.	<ul style="list-style-type: none"> • Programación en Excel. • Criterio experto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta que permita calcular el costo real de cada orden de trabajo a partir de los factores tomados en cuenta.

Tabla 2*Continuación - Metodología general del proyecto (diseño)*

	Actividades	Herramientas	Productos esperados
Diseño	Comparación de los estados financieros con una empresa líder en el sector.	<ul style="list-style-type: none"> Indicadores financieros. Comparación de estados de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> Realidad financiera de la organización.

Tabla 3*Metodología general del proyecto (validación)*

	Actividades	Herramientas	Productos esperados
Validación	Ejecución de pruebas con la herramienta de costeo multivariable.	<ul style="list-style-type: none"> Comparación de resultados reales versus valores de la herramienta. 	<ul style="list-style-type: none"> Diferencia entre el tiempo real y el propuesto por la herramienta. Dispersión de las observaciones.
	Cálculo y análisis de los indicadores de éxito del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> Indicadores de éxito. 	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de cada indicador de éxito.
	Defensa del proyecto ante la contraparte.	<ul style="list-style-type: none"> Herramientas visuales. Resultados de las pruebas. 	<ul style="list-style-type: none"> Visto bueno de la herramienta. Retroalimentación de la empresa.

1.5. Cronograma

En la Tabla 4 se muestran de manera resumida las principales actividades a llevar a cabo en las distintas fases del proyecto de graduación, esto contemplando las acciones propuestas en la metodología de evaluación preliminar. Se tiene una duración aproximada de 8 semanas para el diagnóstico, 11 para el diseño y 7 para la validación, para un total de 26 semanas.

Tabla 4*Cronograma del proyecto*

Fase	Actividad	Inicio – Final	Duración (semanas)
Diagnóstico	Identificación y clasificación de todos los costos involucrados en la elaboración de los componentes.	Semana 1 a 2	2
	Mapeo del proceso actual de cotización.	Semana 1 a 3	3
	Recolección de información sobre la capacidad instalada en la empresa PTS.	Semana 3 a 5	3

Tabla 4*Continuación - Cronograma del proyecto*

Fase	Actividad	Inicio – Final	Duración (semanas)
Diagnóstico	Determinación de los factores característicos de las piezas.	Semana 3 a 5	3
	Análisis del método actual de estimación de tiempos.	Semana 3 a 5	3
	Resumen de hallazgos y propuestas para abordar la problemática.	Semana 6 a 7	2
	Revisión y retroalimentación por parte del comité.	Semana 8	1
Diseño	Registro y análisis de datos históricos para determinar el tiempo según distintos factores.	Semana 9 a 11	3
	Revisión y comparación del estado de resultados de una empresa líder y el de PTS.	Semana 12 a 13	2
	Elaboración de la herramienta de costeo multivariable.	Semana 14 a 18	5
	Revisión y retroalimentación por parte del comité.	Semana 19	1
Validación	Comparación de los resultados reales versus los datos que brinda la herramienta.	Semana 20 a 22	3
	Evaluación del proyecto por parte de la organización.	Semana 23 a 24	2
	Valoración de los indicadores de éxito del proyecto.	Semana 25	1
	Revisión y retroalimentación por parte del comité.	Semana 26	1

Capítulo 2. Diagnóstico

2.1. Objetivos del diagnóstico

Seguidamente, se muestra el objetivo general y los objetivos específicos de la fase de diagnóstico

2.1.1. Objetivo general

Analizar el proceso de cotización y los elementos inherentes al mismo, para evaluar el estado actual del sistema de costeo de la empresa y proponer oportunidades de mejora.

2.1.2. Objetivos específicos

- a. Mapear las actividades del proceso de cotización, mediante la vista de campo y el conocimiento previo de las tareas que engloba este procedimiento.
- b. Identificar la capacidad actual de la planta, considerando los recursos disponibles, tanto en maquinaria como en personal, con el fin de establecer una base de prorrateo.
- c. Comparar los datos reales versus los planificados en cuanto a la duración de una orden de trabajo, por medio del análisis estadístico de los tiempos.
- d. Desglosar los costos por proceso y su porcentaje de participación en el precio final de un determinado artículo, con base en un análisis de los costos directos, indirectos, fijos y variables de las actividades de las que forma parte.
- e. Detallar la relación de ciertos factores característicos de un plano o pedido, definidos previamente por la empresa o propuestos por el grupo de trabajo, con un conjunto de entradas del registro histórico de órdenes.

2.2. Evaluación del proceso actual de cotización

Para el año 2021, la organización calcula el rendimiento de las ordenes de trabajo mediante la evaluación de tres tiempos, a los cuales se hará referencia a lo largo del proyecto: tiempo cotizado, tiempo estimado y tiempo real. Para comprender el concepto de cada uno se describe brevemente el flujo de información desde que ingresa la solicitud del cliente hasta finalizar la confección de la orden de trabajo, el cual se puede observar detalladamente en la Figura 1, este proceso es un proceso general, desde que ingresa la solicitud del cliente hasta que la recibe de vuelta, a diferencia de la Figura 2, la Figura 1 establece el proceso necesario para explicar la diferencia entre los tres tipos de tiempos que calcula la empresa: tiempo cotizado, tiempo planificado y tiempo real.

En primera instancia, el flujo general de información se activa cuando ingresa la solicitud de cotización de un cliente determinado. Cabe recalcar que, debido al tipo de negocio, caracterizado por ser make-to-design, las solicitudes de los clientes son distintas en la mayoría de las ocasiones, usualmente cada solicitud implica requerimientos y funcionalidades diferentes que deben de ser consideradas, por esta razón muchos de los trabajos realizados no se repiten. Dado lo anterior, no se puede establecer un precio fijo, sino que este depende principalmente el tiempo que se tarde en maquinar la pieza o trabajo en cuestión.

Este tiempo que podría involucrar la orden de trabajo hace referencia al tiempo cotizado, es calculado bajo criterio experto y se multiplica por el precio de \$30 dólares la hora, el resultado de esta multiplicación es el precio que se va a colocar en la cotización al cliente.

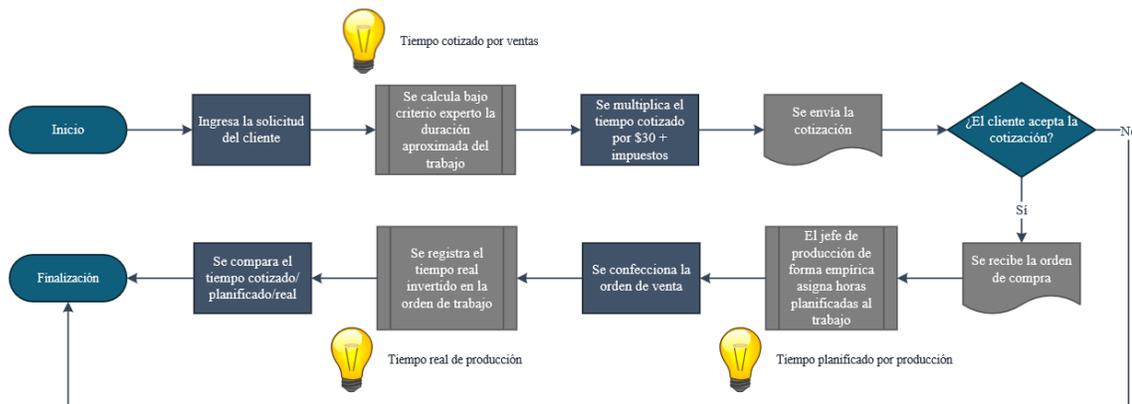
Posterior a la aprobación de la cotización por parte del cliente, el jefe de producción recibe la orden de compra y le asigna el tiempo aproximado que deberían de incurrir los mecánicos para maquinar la pieza, este tiempo se denomina tiempo planificado. Cabe destacar que, usualmente este tiempo es ligeramente menor al tiempo cotizado con el objetivo de mantener un margen de error en caso de que los mecánicos excedan el tiempo que se les ha asignado.

Luego de la asignación del tiempo planificado, se libera la orden de compra e ingresa al piso de producción, donde es modificada en los distintos procesos que esta conlleva. Cada mecánico es responsable de registrar el tiempo que invierte en cada orden de trabajo y en el proceso respectivo que se encuentre realizando, este tiempo se conoce como tiempo real.

Finalmente, al concluir la orden de trabajo, la gerencia evalúa la rentabilidad de esta mediante la comparación del tiempo cotizado, planificado y real. Idealmente, el tiempo cotizado debe de ser mayor al tiempo planificado y el tiempo planificado a su vez debe de ser mayor al tiempo real. Si el tiempo real excede tanto el tiempo planificado como el tiempo cotizado es necesario evaluar la causa raíz del problema, entre estas se encuentran reprocesos, retrabajos, curva de aprendizaje de los mecánicos y cálculos imprecisos en la cotización.

Figura 1

Diagrama de flujo general del proceso general de cotización



2.2.1. Diagrama de piscina (carriles) del proceso actual de cotización

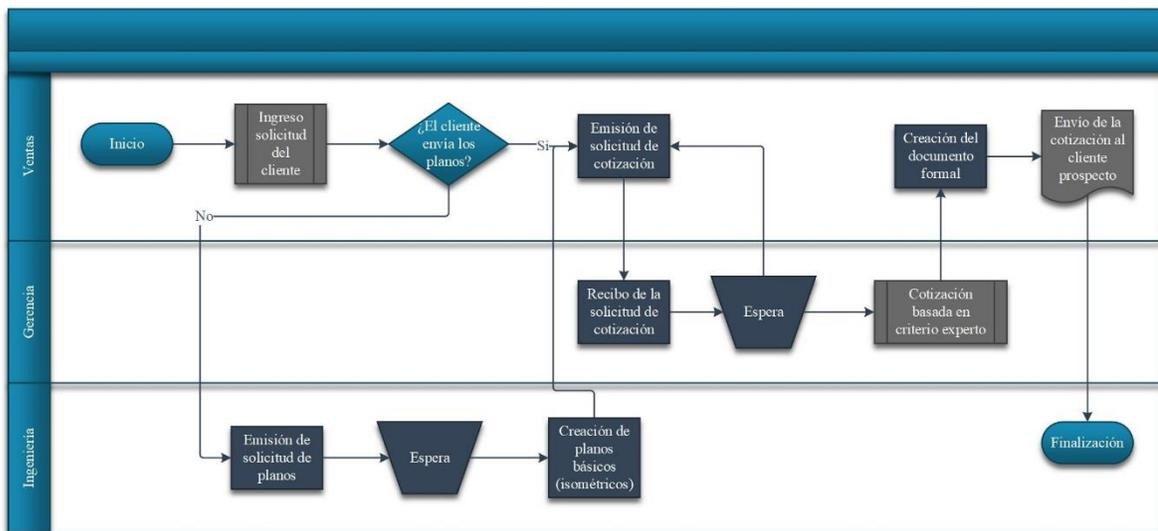
A partir de la descripción del proceso general de cotización es importante hacer énfasis en la forma en la cual se están desarrollando las cotizaciones. En la Figura 2 se tiene el diagrama de carriles, el cual permite visualizar el área o proceso que es dueño de cada actividad realizada. En este diagrama se detalla la forma en la cual ingresa la solicitud de cotización, se desvía a Ingeniería en caso de que

requiera el diseño de planos, posteriormente existe un lapso de espera y finalmente se calcula el precio para enviar el cliente el documento formal.

Es importante recalcar que existen dos periodos de espera, los cuales se presentan en el área de Ingeniería y Gerencia, siendo más relevante el lapso de espera que es responsabilidad de gerencia debido a que el proceso siguiente solamente puede ser realizado por el gerente general de la empresa o en caso de ser realizado por algún otro colaborador de ventas, este debe de ser aprobado por gerencia.

Figura 2

Diagrama de piscina (carriles) del proceso de cotización



2.2.2. Diagrama de flujo del proceso actual de cotización

Adicionalmente, con el fin de aclarar en qué consiste el subproceso de cotización basado en criterio experto que se muestra en la Figura 2, se realiza el diagrama de flujo presentado en la Figura 3, en el cual se desglosa específicamente las actividades involucradas y la secuencia de factores que se consideran para poder determinar el precio final de la cotización.

Figura 3

Diagrama de flujo del subproceso de cotización basado en criterio experto



2.2.3. Mapeo de la cadena de valor del proceso actual de cotización

Seguidamente, se realiza un mapeo de la cadena de valor del proceso de cotización actual con el fin de evaluar la cantidad de inventario entre actividades, así como el porcentaje de valor agregado del respectivo proceso en cuestión.

Para un mayor detalle del proceso se puede observar la Figura 4, en la cual es posible identificar que el porcentaje de valor agregado es de un 26.92%, esto debido principalmente al inventario entre el recibo de la solicitud de cotización y la actividad de cálculo de la cotización basada en criterio experto; el tiempo en inventario se debe a que es necesario esperar aproximadamente de uno a dos días para que la persona capacitada en calcular la cotización esté disponible.

Así mismo, es importante recalcar que el tiempo takt es de 60 minutos, dado que existe una demanda diaria de seis cotizaciones y existen dos personas encargadas de llevar a cabo esta actividad con aproximadamente de dos a tres horas disponibles al día.

Por otro lado, el tiempo de ciclo de total, sin contar el tiempo de inventario, es de 110.50 minutos, lo cual implica que al ser mayor que el tiempo takt la demanda no se puede cubrir en su totalidad con el tiempo disponible.

Tal como es evidente, el cuello de botella del proceso es la actividad relacionada con el cálculo de la cotización basada en criterio experto, esto debido a que solamente dos personas en la empresa están capacitadas para definir y calcular precios en las cotizaciones; aunado a lo anterior, la disponibilidad para realizar esta actividad es limitada, ya que ambas personas cuentan con más funciones que deben de llevar a cabo.

La actividad cuello de botella implica una reducción de la capacidad de respuesta al cliente debido a que las cotizaciones tardan más en ser enviadas, lo cual puede representar un riesgo debido a que si el cliente no recibe la cotización solicitada en un lapso corto podría buscar nuevas alternativas de proveedores con un menor tiempo de respuesta.

Por otro lado, es importante mencionar que debido a que al tiempo disponible no es suficiente para cubrir la demanda de cotizaciones y no se tiene la posibilidad de realizar horas extra, el personal se ve obligado a utilizar tiempo para cotizar que debería de ser invertido en otras actividades, por ende, muchas de las tareas cotidianas pueden verse atrasadas.

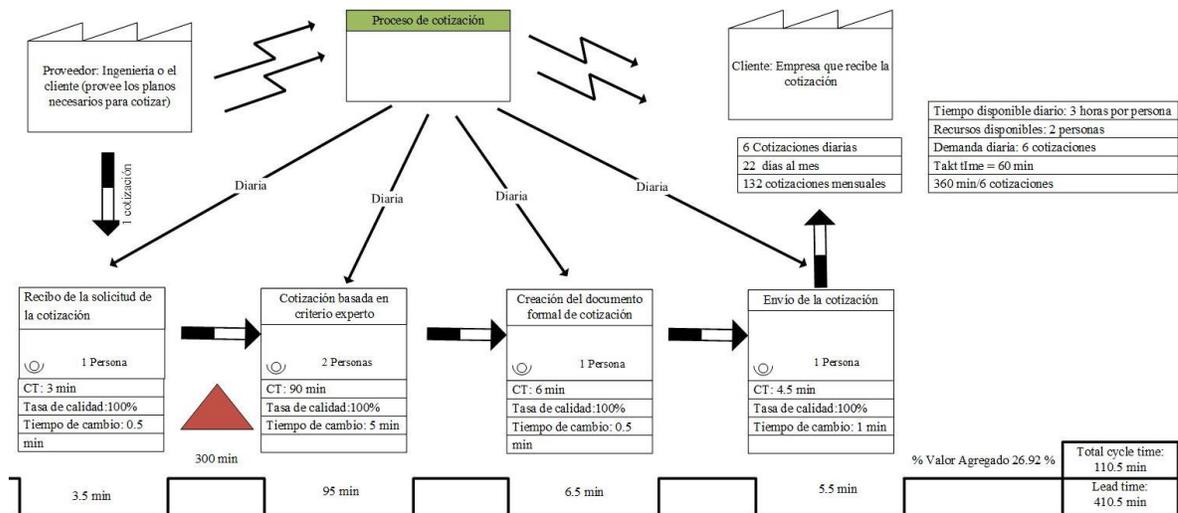
Así mismo, la gerencia expresa el deseo de reducir el tiempo que se tardan en cotizar para dedicarle más tiempo al seguimiento de las cotizaciones ya enviadas y la negociación necesaria para ganar los respectivos tratos con los clientes.

Además, cabe recalcar que el jefe del área de CNC es encargado de calcular el precio de las cotizaciones que implican maquinado CNC; sin embargo, requieren aprobación del gerente general. Por otro lado, aquellas cotizaciones restantes que involucran maquinado convencional son calculadas mediante el gerente general.

En este proceso se requiere de un asistente que lleve el control de cada solicitud de cotización que ingrese y deba de ser tramitada, de esta forma logra definir y comunicar los pendientes que existen en cola para cada persona encargada de calcular los precios de las cotizaciones. Posterior al cálculo, el asistente documenta los precios fijados y envía el respectivo documento formal de cotización al cliente.

Figura 4

Mapeo de la cadena de valor del proceso de cotización



2.2.4. Factores críticos en el proceso de cotización

Debido a que PTS es una empresa de tipo make-to-design, cada trabajo cuenta con requerimientos o funcionalidades distintas que deben de contemplarse cuando se realiza la cotización para el cliente. Cada solicitud puede variar considerablemente en el precio dependiendo de cuatro factores que la empresa establece como prioritarios para este cálculo.

- a. **Tiempo requerido:** Es el tiempo que se debe de invertir en el maquinado de la pieza, usualmente este factor va directamente ligado con la complejidad y dimensiones del trabajo. Para el 2021, cada hora de maquinado que se estime invertir en el proyecto tiene un precio de \$30 dólares en la mayoría de los casos.
- b. **Materiales y herramientas:** Este factor tiene el propósito de contemplar el precio y la cantidad del material que se requiere para la pieza, además de herramientas o accesorios adicionales como tornillos, tuercas, empaques o cualquier otro elemento que deba de adquirirse específicamente para el proyecto en cuestión.
- c. **Servicio externo:** Implica el cálculo del precio de todo aquel servicio que debe de subcontratarse debido a que no se puede llevar a cabo en la empresa. Entre los principales servicios subcontratados se encuentran tratamiento térmico, anodizado y corte de agua.
- d. **Utilidad:** Hace referencia al porcentaje o monto que define la empresa como ganancia por proyecto.

Cabe recalcar que, entre los factores mencionados anteriormente, el tiempo requerido es aquel que predomina para determinar el precio de la cotización, esto debido a que conforma la mayor parte del costo en las ordenes de trabajo. Por ende, el tiempo que debe involucrar cada orden de trabajo se calcula considerando también una serie de subcategorías que influyen directamente en la duración, estas se detallan específicamente en la Tabla 5.

Tabla 5

Subcategorías para determinar el factor tiempo requerido

Factor	Descripción
Proceso	<p>El tipo de proceso hace referencia al proceso de maquinado que involucra la pieza en cuestión. Entre ellos se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fresado convencional. • Fresado CNC. • Torno. • Rectificado. • Acrílico. • Soldadura.
Dimensiones	<p>Las dimensiones de la pieza van directamente relacionadas con el tiempo que se debe de invertir para maquinar.</p>
Complejidad	<p>Este factor va ligado a una serie de condiciones que puede conllevar una pieza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de orificios. • Tipos de ranuras. • Tipos de cortes. • Dimensiones de la pieza. • Acabado. • Tolerancia.

Tabla 5

Continuación - Subcategorías para determinar el factor tiempo requerido

Factor	Descripción
Máquina	La máquina incide en el tiempo de maquinado dependiendo de si requiere maquinaria convencional o CNC, existen máquinas más potentes y semiautomatizadas que pueden minimizar el tiempo involucrado.
Material	La dureza del material va ligada a la velocidad de corte, entre más suave el material menos tiempo se requiere para cortar.
Herramienta	La herramienta incide debido a que, dependiendo del tamaño de esta, cantidad de filos, forma y tipo de material, se puede agilizar el corte de la pieza.

2.3. Estudio de la capacidad instalada de la planta

Entre los meses de diciembre de 2020 y agosto de 2022, que corresponde al periodo en que la empresa ha hecho uso de un software ERP para, entre otras actividades, registrar el tiempo cotizado, estimado y real de las diversas órdenes de trabajo, se tiene un total de 1097 entradas; no obstante, en los primeros meses de uso de esta herramienta, como sucede en algunas ocasiones, se cometen errores en la tabulación de las órdenes, provocando registros incompletos. Debido a lo anterior, la fase de diagnóstico se delimita al periodo comprendido entre septiembre de 2021 y agosto de 2022.

El estudio de la capacidad instalada permite conocer la cantidad de producto que es posible manufacturar por parte de la organización en un determinado periodo, según los bienes y servicios con los que cuenta, como es el caso de la maquinaria, los equipos, la infraestructura, el recurso humano y tecnológico, entre otros factores. Es importante recalcar que la capacidad instalada se diseña considerando un uso parcial para evitar su saturación, en otras palabras, se toma en cuenta una holgura, por el riesgo de continuidad o atención oportuna de los pedidos del cliente (Mejía Cañas, 2013).

En el estudio de la capacidad instalada de los equipos es importante considerar el tiempo de mantenimiento, sea predictivo, preventivo o correctivo. Según la información otorgada por la organización no existe como tal un plan de mantenimiento específico para cada equipo, sino que se realizan ajustes de acuerdo con la necesidad, de forma correctiva, y no existe un registro fiable de las modificaciones que se realizan, por lo que el tiempo a disposición para estos eventos será tomado de la literatura.

Valdivia Álvarez (2011) considera dentro de los indicadores de desempeño los tiempos de mantenimiento, ya que al compararse con el tiempo operativo es posible conocer la confiabilidad de las máquinas y por medio de esto, se puede determinar la capacidad instalada de los equipos. Además, es importante recalcar que en la gestión de mantenimiento se estipula que el 40% de las horas de este tipo va a deberse al mantenimiento correctivo, mientras que el otro 60% se va a deber al mantenimiento preventivo; considerando que el tiempo de inactividad por el preventivo es menos costoso que el correctivo, se identifica la importancia de contar con un plan de gestión de mantenimiento.

Los datos de la investigación de Valdivia Álvarez (2011), resumidos en la Tabla 6, dan un total de 22.00% del tiempo productivo asignado a mantenimiento, tanto correctivo como preventivo, y a la configuración inicial de la máquina (set up), al considerar la cantidad de piezas móviles de los equipos y la precisión con la que deben manejar los elementos para generar maquinado de calidad. En ese estudio se basan en tornos CNC, pero no es posible encontrar estrictamente tiempos de mantenimiento o porcentajes de tiempo de mantenimiento respecto a tiempos productivos de los equipos en uso en PTS, por lo que este valor se utiliza de referencia para el cálculo de la capacidad instalada de PTS asumiendo similitud con el comportamiento del mantenimiento entre los distintos equipos de maquinado.

Tabla 6

Procesos de mantenimiento y configuración de la máquina

Proceso	Descripción	Porcentaje
Reparación	Mantenimiento correctivo, por falla parcial o total. Genera costos de oportunidad. Se invierte más tiempo.	10.36%
Verificación	Mantenimiento preventivo, se verifica el funcionamiento de la máquina en las combinaciones de parámetros que posee.	7.04%
Puesta a punto	Preparación de la máquina para la operación después de un periodo de no operatividad.	4.60%

Nota. Datos tomados de la tesis de Valdivia Álvarez (2011).

Al considerar que los equipos pueden ser utilizados las 24 horas del día los siete días de la semana, la disponibilidad semanal en horas para cada uno de ellos es de 168, pero al considerar el 22% de tiempo disponible que se utiliza para los distintos tipos de mantenimiento se obtiene que el tiempo efectivo para cada equipo es de 131.04 horas semanales.

Cabe señalar que los equipos de manufactura deben ser utilizados con la supervisión del personal, cada equipo dentro de la jornada laboral de un turno cuenta con 48 horas semanales, de las cuales, al considerar el peor caso, es decir, utilizar el 22.00% producto de ambos mantenimientos, así como del porcentaje de configuración de la máquina, se tiene un total de 10.56 horas, dando como resultado una disponibilidad real de 37.44 horas semanales.

El tiempo de utilización asignado a cada proceso para el periodo en estudio se detalla en la Figura 5, en la cual es posible identificar que los procesos de corte, guillotina, taladro, sierra y configuración inicial de la máquina son utilizados en menor medida, específicamente un 1.05% de la utilización total. Este porcentaje corresponde a menos de 200 horas anuales para la sumatoria de los procesos que cumplen con la función de cambiar el tamaño inicial del material y que en su mayoría son utilizados para todos los procesos. Debido a lo anterior, el estudio detallado de estos procesos se encuentra fuera del alcance de la investigación, pero son considerados en el tiempo de disponibilidad del recurso humano con una holgura del 1.05% por deberse a procesos necesarios en la manufactura de los productos brindados.

Así mismo, el tiempo disponible del recurso humano es calculado para los 12 operarios de producción con los que cuenta la organización, los cuales tienen un horario de lunes a jueves de 7:00 am a 5:00 pm y los viernes de 7:00 am a 3:00 pm, lo anterior suma una jornada laboral con tiempo disponible de 48 horas semanales para cada uno de los colaboradores.

Además, se debe considerar que, por el Código de Trabajo de Costa Rica (1943, Artículo 68) y beneficios de la organización, el personal cuenta con 15 minutos de desayuno, 30 minutos de almuerzo y 15 minutos de café, por lo que el tiempo disponible real de los operarios es de 43.25 horas semanales; por último, al recordar la holgura propuesta del 1.05%, por los procesos adicionales de manufactura, el tiempo disponible de cada operario es de 42.80 horas semanales.

En resumen, cada recurso humano cuenta con 42.80 horas semanales de disponibilidad para un total de 185.32 horas mensuales. Por su parte, cada equipo dentro de la jornada laboral de un turno cuenta con 37.44 horas semanales para un total de 162.12 horas mensuales, como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7

Resumen del tiempo disponible para cada recurso

Recurso	Tiempo disponible semanal (horas)	Tiempo disponible mensual (horas)
Humano	42.80	185.32
Equipo	37.44	162.12

La organización cuenta con procesos que contemplan más de un equipo para aumentar la capacidad instalada, como es el caso del fresado convencional que cuenta con ocho equipos, el fresado CNC con tres equipos y el proceso de tornado que cuenta también con tres equipos. Al desagregar la información de la Figura 5 es posible visualizar la utilización mensual de los equipos en el periodo bajo estudio, esto permite identificar cuantos equipos son utilizados y cuantos equipos son realmente necesarios para cumplir con los pedidos aceptados en la asignación de un sólo turno de producción.

En la Tabla 8 es posible observar que para el periodo delimitado la cantidad de equipos utilizados para suplir los pedidos varía entre siete y ocho fresadoras convencionales, pero al realizar el cálculo por medio de la capacidad de cada equipo y la utilización real de los equipos se identifica que en el periodo ronda entre los tres y siete equipos, sobre los cuales se visualiza que la octava fresadora convencional no brinda valor agregado a la organización y se debe considerar que no genera ganancias por encontrarse en desuso bajo las condiciones planteadas pero sí genera depreciación del equipo y consumo del espacio físico del inmueble.

Tabla 8

Horas productivas por mes de las fresadoras convencionales

Periodo	Horas productivas	Cantidad de equipos utilizados	Cantidad de equipos necesarios
Septiembre 2021	850.75	7	6

Tabla 8*Continuación - Horas productivas por mes de las fresadoras convencionales*

Periodo	Horas productivas	Cantidad de equipos utilizados	Cantidad de equipos necesarios
Octubre 2021	899.67	8	6
Noviembre 2021	583.92	8	4
Diciembre 2021	702.45	8	5
Enero 2021	1127.50	8	7
Febrero 2022	1007.63	8	7
Marzo 2022	1071.87	8	7
Abril 2022	463.90	7	3
Mayo 2022	580.18	7	4
Junio 2022	734.88	7	5
Julio 2022	680.03	8	5
Agosto 2022	751.88	7	5
Máximo		8	7

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

En la Tabla 9 se identifica que para este periodo la cantidad de equipos utilizados para suplir la demanda es de entre dos y tres fresadoras CNC, pero al calcular la capacidad de cada equipo y la utilización real se identifica que en el periodo delimitado ronda entre dos y cuatro equipos.

Es importante detallar que para el periodo que comprende 2022 se utilizan dos fresadoras CNC con horas extras o inclusive a doble turno, en lugar de utilizar la tercera fresadora CNC, esto debido a daños en el equipo, lo cual imposibilita su uso.

Tabla 9*Horas productivas por mes de las fresadoras CNC*

Periodo	Horas productivas	Cantidad de equipos utilizados	Cantidad de equipos necesarios
Septiembre 2021	273.50	2	2
Octubre 2021	282.58	2	2
Noviembre 2021	336.17	2	3
Diciembre 2021	254.67	2	2
Enero 2021	455.77	3	3
Febrero 2022	546.23	2	4
Marzo 2022	489.77	2	4
Abril 2022	302.33	2	2
Mayo 2022	466.60	3	3
Junio 2022	470.52	2	3

Tabla 9*Continuación - Horas productivas por mes de las fresadoras CNC*

Periodo	Horas productivas	Cantidad de equipos utilizados	Cantidad de equipos necesarios
Julio 2022	417.43	3	3
Agosto 2022	446.82	3	3
Máximo		3	4

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

En la Tabla 10 se visualiza que en el periodo de análisis la cantidad de equipos utilizados para cumplir con la demanda es de entre dos y tres tornos, pero al calcular la capacidad de cada equipo y la utilización real se identifica que en el periodo ronda entre uno y tres equipos de maquinado.

Haciendo énfasis en que el único mes en que se considera necesario el tercer turno se dio en mayo 2022 para suplir una demanda adicional de 33.85 horas mensuales, esto quiere decir que con el uso de dos máquinas y 5 horas semanales extra por cada una de las máquinas es suficiente para suplir el mes de mayor demanda de servicio en el turno, lo que implica un menor costo asociado al mantenimiento, depreciación y espacio físico de considerar un tercer turno fijo.

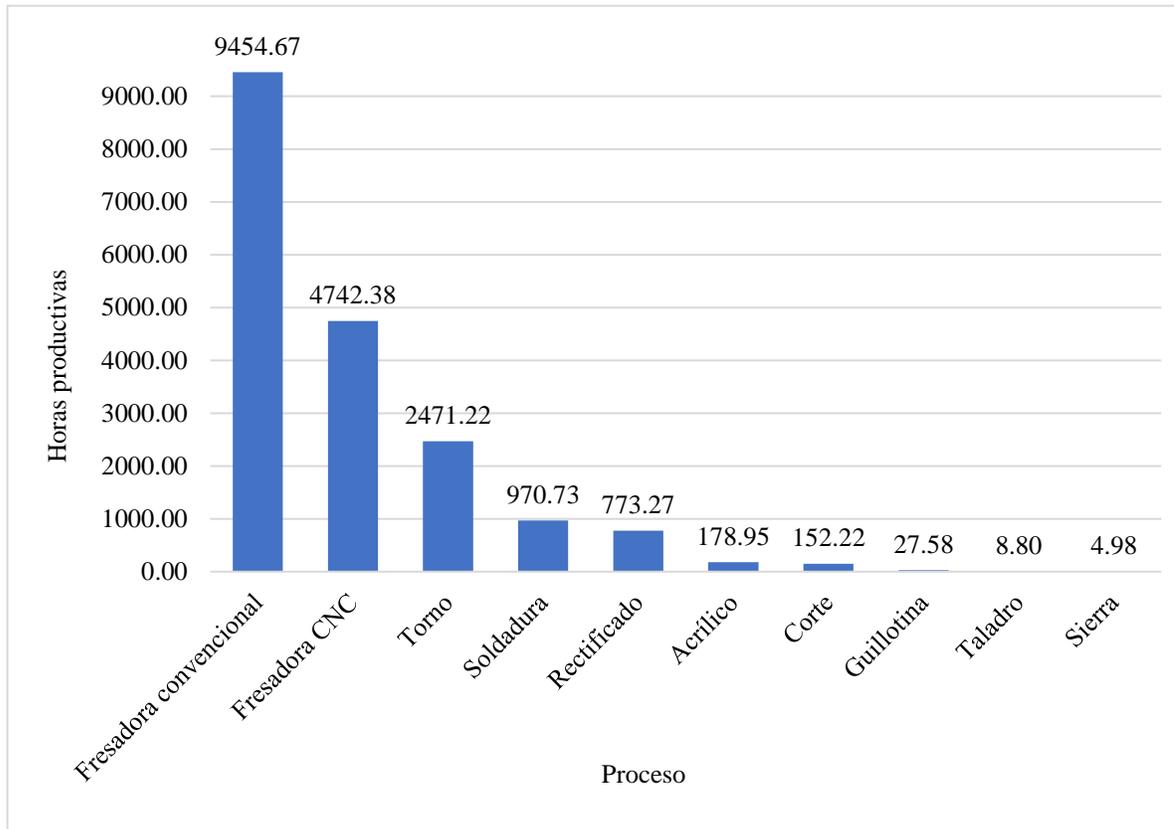
Tabla 10*Horas productivas por mes de los tornos*

Periodo	Horas productivas	Cantidad de equipos utilizados	Cantidad de equipos necesarios
Septiembre 2021	155.67	2	1
Octubre 2021	121.67	2	1
Noviembre 2021	289.92	3	2
Diciembre 2021	196.42	3	2
Enero 2021	285.67	2	2
Febrero 2022	171.42	2	2
Marzo 2022	216.40	3	2
Abril 2022	114.00	2	1
Mayo 2022	358.08	3	3
Junio 2022	265.50	2	2
Julio 2022	117.53	3	1
Agosto 2022	178.95	3	2
Máximo		3	3

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Figura 5

Horas productivas anuales por proceso



Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Según la asignación de los doce operarios que se encuentran contratados para cada uno de los procesos y horas productivas para cada una de las máquinas en el periodo en estudio, se obtiene la distribución del recurso humano para las 513.50 horas de disponibilidad semanal, como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11

Tiempo disponible de cada uno de los equipos de los procesos en estudio

Equipo/ Proceso	Disponibilidad semanal (horas)
Fresadora CNC 1	37.50
Fresadora CNC 2	37.50
Fresadora CNC 3	37.50
Fresadora 1	37.50
Fresadora 2	37.50
Fresadora 3	37.50
Fresadora 4	37.50
Fresadora 5	37.50

Tabla 11*Continuación - Tiempo disponible de cada uno de los equipos de los procesos en estudio*

Equipo/ Proceso	Disponibilidad semanal (horas)
Fresadora 6	37.50
Fresadora 7	20.00
Fresadora 8	5.00
Torno 1	37.50
Torno 2	11.00
Torno 3	5.00
Rectificadora	37.50
Soldadura	37.50
Acrílico*	5.00

Nota. Acrílico no es un equipo per se, es un proceso manual que utiliza distintas herramientas y debe ser considerado en la disponibilidad del recurso humano.

Basado en la información obtenida en este apartado es posible calcular la capacidad instalada semanal en horas de cada uno de los procesos en estudio y la razón de personal asignado para cada uno de los procesos según la información obtenida por parte de la organización en lo que respecta a las horas de producción de setiembre 2021 a agosto 2022, el resultado puede ser visualizado en la Tabla 12 y Tabla 13.

Tabla 12*Capacidad instalada por proceso debido a limitaciones de maquinaria*

Proceso	Capacidad instalada semanal (horas)	Capacidad instalada mensual (horas)
Fresado convencional	267.50	1158.28
Fresado CNC	112.50	487.13
Torno	53.50	231.66
Soldadura	37.50	162.38
Rectificado	37.50	162.38
Acrílico	5.00	21.65

Tabla 13*Disponibilidad mensual por proceso debido a limitaciones de recurso humano*

Proceso	Operarios	Disponibilidad mensual (horas)
Fresado convencional	6.25	1158.25
Fresado CNC	2.63	487.11
Torno	1.25	231.65
Soldadura	0.88	162.37

Tabla 13

Continuación - Disponibilidad mensual por proceso debido a limitaciones de recurso humano

Proceso	Operarios	Disponibilidad mensual (horas)
Rectificado	0.88	162.37
Acrílico	0.12	21.65

Como se menciona en la nota de la Tabla 11, “Acrílico” no es un proceso como tal; sin embargo, la compañía por temas de practicidad registra de esa forma todas aquellas entradas en las que se hace uso del material que comparte nombre, debido a que requiere gran cantidad de operaciones manuales que son exclusivas para la transformación de ese tipo de plástico.

2.4. Estructura financiera

En esta sección se estudia la estructura de la empresa considerando los estados financieros y el cálculo del costo por hora del proceso.

2.4.1. Estudio de los estados financieros

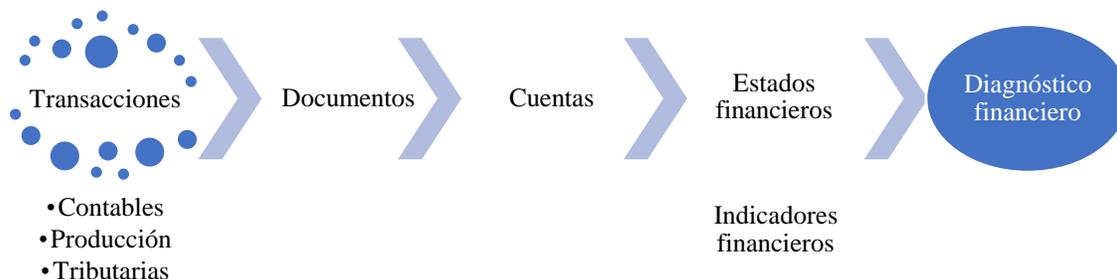
El diagnóstico financiero permite evaluar la realidad financiera de la organización por medio de la recolección, análisis e interpretación de los estados financieros, lo cual describe la gestión administrativa operacional al conocer a detalle los procesos en estudio.

Este análisis se basa en indicadores financieros, los cuales permiten conocer la liquidez, rentabilidad y endeudamiento de la organización en aras de contar con información veraz para la toma de decisiones que se alineen a las metas y objetivos organizacionales. Por consiguiente, para poder realizar un diagnóstico financiero es necesario contar con un flujo de información contable, el cual describa de forma sistemática, en periodos previamente definidos, las transacciones contables, productivas, tributarias y económicas de la organización.

Estas transacciones deben estar basadas en documentación clara de los movimientos de las cuentas descritas por medio de los estados financieros como son el balance general, el estado de resultados, flujo de efectivo y el estado de cambios en el patrimonio neto. Lo anterior, por medio de los indicadores financieros, permite obtener el diagnóstico de la salud financiera de la organización evaluando la situación real y cómo esta se alinea con sus objetivos de desarrollo estratégicos.

Figura 6

Flujo de información contable necesaria para el diagnóstico financiero



Para el diagnóstico financiero de PTS se cuenta con una metodología de investigación descriptiva, la cual se basa en el análisis documental, tanto cuantitativo como cualitativo, de la información financiera de la organización en el periodo que comprende de septiembre 2021 a agosto 2022 tanto de forma anual como de forma trimestral; destaca el balance general, el estado de resultados, el presupuesto asignado y los indicadores financieros que provienen de dichos registros.

La primera limitante que se encuentra al revisar la información financiera es que no existe una completa clasificación de costos y gastos, puesto que una parte de la información se documenta de forma generalizada, mientras que la restante se registra de manera más detallada, causando que se pierda el correcto flujo de datos.

Este es el caso, por ejemplo, del coste de productos vendidos, donde el desglose incluye costo de mantenimiento, costo por mano de obra, costo de materia prima y herramientas, costos logísticos y costos por depreciación, aunado a lo ya mencionado se mantiene una agrupación de datos general que no es detallada, pero que es sumada al total del costo por productos vendidos. Esta situación hace que se pierda la trazabilidad de un porcentaje de la información, lo que dificulta su estudio más detallado; lo mismo ocurre con el desglose de los gastos administrativos y sus derivados.

2.4.1.1. Costo de los productos vendidos

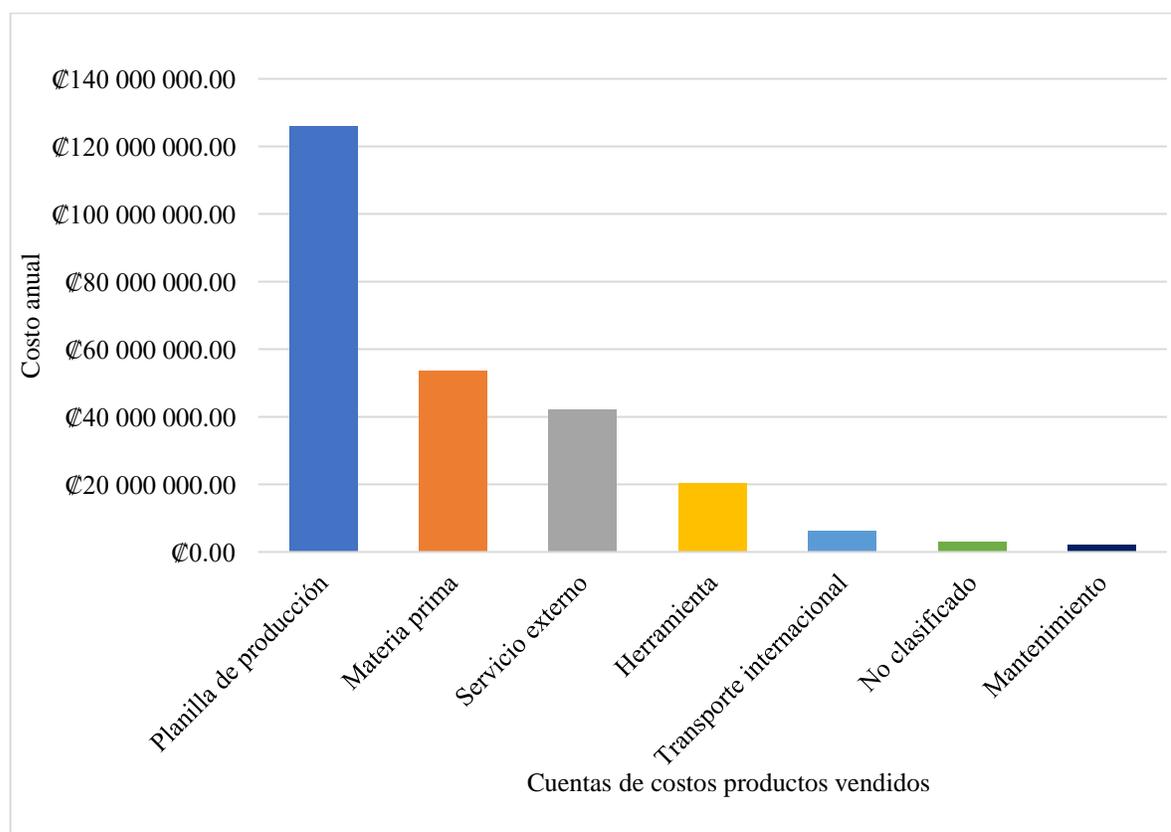
El estudio de los costos directos de la organización considera los costos relacionados directamente con la producción, como es el caso de la materia prima, mano de obra y servicios directos, los cuales son parte de la transformación del producto.

Al considerar la información del costo de los productos vendidos en el periodo en estudio de forma anual, se observa en la Figura 7 la tendencia de las partidas de estos costos, donde la cuenta que encabeza es la planilla de producción, la cual engloba el pago salarial de los 12 operarios de producción para un total anual de ¢126 146 223.11; seguido del costo de la materia prima de ¢53 556 685.52, el costo del servicio externo de ¢42 127 887.23, las herramientas con un costo de ¢20 424 085.83, el transporte internacional o costo logístico de ¢6 415 275.79, costos no clasificados de ¢2 999 022.75 y el costo de mantenimiento de ¢2 075 365.04.

Se debe recordar que estas últimas dos partidas no cuentan con suficiente información para identificar la desagregación del uso que se le da, puesto que no se documenta de forma clara en qué son utilizados estos costos no clasificados y, por parte del mantenimiento no existe un registro claro de las actividades realizadas. Además, es extraordinario ver la posición que toma el servicio externo dentro de las cuentas de los costos de los productos vendidos al que se recurre anualmente para complementar los servicios de maquinado brindados.

Figura 7

Desglose del costo de los productos vendidos (septiembre 2021 a agosto 2022)



Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Así mismo, en la Tabla 14 se identifica que la participación de los costos de productos vendidos en relación con las ventas es de un 42.27%, de la cual el 21.01% se debe a la mano de obra de la organización, el 8.92% a la inversión en materia prima, 7.02% al servicio externo para suplir servicios de los que no son capaces de ejecutar, 3.40% de la herramienta utilizada para ejecutar las actividades de transformación, 1.07% del costo logístico, más específicamente del transporte internacional utilizado, 0.50% costos no clasificados y, por último, 0.35% de mantenimiento, donde se consideran los consumibles, repuestos de maquinaria y de equipo menor.

Tabla 14

Porcentaje de participación de las cuentas de costos de productos vendidos con respecto a las ventas anuales

Cuenta	Porcentaje según ventas
Planilla de producción	21.01%
Materia prima	8.92%
Servicio externo	7.02%
Herramienta	3.40%
Transporte internacional	1.07%
No clasificado	0.50%
Mantenimiento	0.35%

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Más específicamente se identifica que en temas de la planilla de producción el 71.59% se debe al costo del salario devengado de producción, 18.94% del aporte patronal de producción, 5.97% aguinaldo de producción, 2.39% vacaciones de producción y 1.12% póliza de riesgos de trabajo.

Por otro lado, el costo de servicio externo cuenta con deficiencias en la trazabilidad de la asignación del costo, pues un 68.20% no se encuentra clasificado dentro de los procesos habituales, el proceso de anodizado respecta a un 12.95%, proceso de recauche con un 9.31%, proceso de erosionado con un 3.90%, proceso de corte con un 2.68%, proceso de maquinado con un 1.08%, proceso de tratamiento térmico con un 1.56% y servicios de medición con una presencia del 0.32%.

La no clasificación de los procesos involucrados en la adquisición de servicios externos genera una limitante en el valor de la información, ya que no se tiene conocimiento sobre cuál proceso conlleva la mayor participación a nivel de costos y, por ende, no es posible tomar decisiones referentes a los procesos tercerizados que son necesarios para el correcto funcionamiento de la organización y el cumplimiento de los pedidos.

Otra manera de analizar esta información de las cuentas de los costos de productos vendidos es por medio de la segregación por periodos de tiempo más cortos, en este caso se realizan por medio de trimestres comprendidos como el primer trimestre de septiembre 2021, octubre 2021 y noviembre 2021; segundo trimestre de diciembre 2021, enero 2022 y febrero 2022, tercer trimestre de marzo 2022, abril 2022 y mayo 2022; y, por último, cuarto trimestre de junio 2022, julio 2022 y agosto 2022.

En esta segregación observada en la Figura 8 es posible identificar un comportamiento con baja variabilidad en las partidas de los costos de transporte internacional, no clasificado y mantenimiento, por lo que se les da énfasis a las cuentas de planilla de producción, materia prima, servicio externo y herramientas para un mayor análisis. De manera general es posible identificar un comportamiento particular para estas carteras entre el segundo y tercer trimestre, con más información se identifica que el segundo trimestre es un periodo de preparación y el tercer trimestre un periodo de ejecución.

Por su parte, la cuenta que más llama la atención es la de planilla de producción, ya que a lo largo del periodo en estudio es la que cumple con un papel de mayor costo para la organización, pero es más llamativo aun que para el tercer trimestre cuenta con su punto máximo. En el análisis de esta situación se detalla que marzo es el mes con mayor cantidad de horas de utilización de la maquinaria en el periodo en estudio, donde incluso se hace uso de horas extra de personal, segundo turno para fresado CNC y la contratación de una persona temporal para cumplir con la demanda del momento según las capacidades de la planta que son planificadas.

En el caso de la partida de materia prima es posible identificar un aumento para el segundo trimestre, una disminución marcada para el tercer trimestre y un aumento más sutil para el cuarto trimestre; de forma más detallada el aumento se da en febrero con la planificación del incremento de capacidad para marzo, explicada con el aumento de pedidos, por lo que el consumo de material aumenta para cumplir con la demanda.

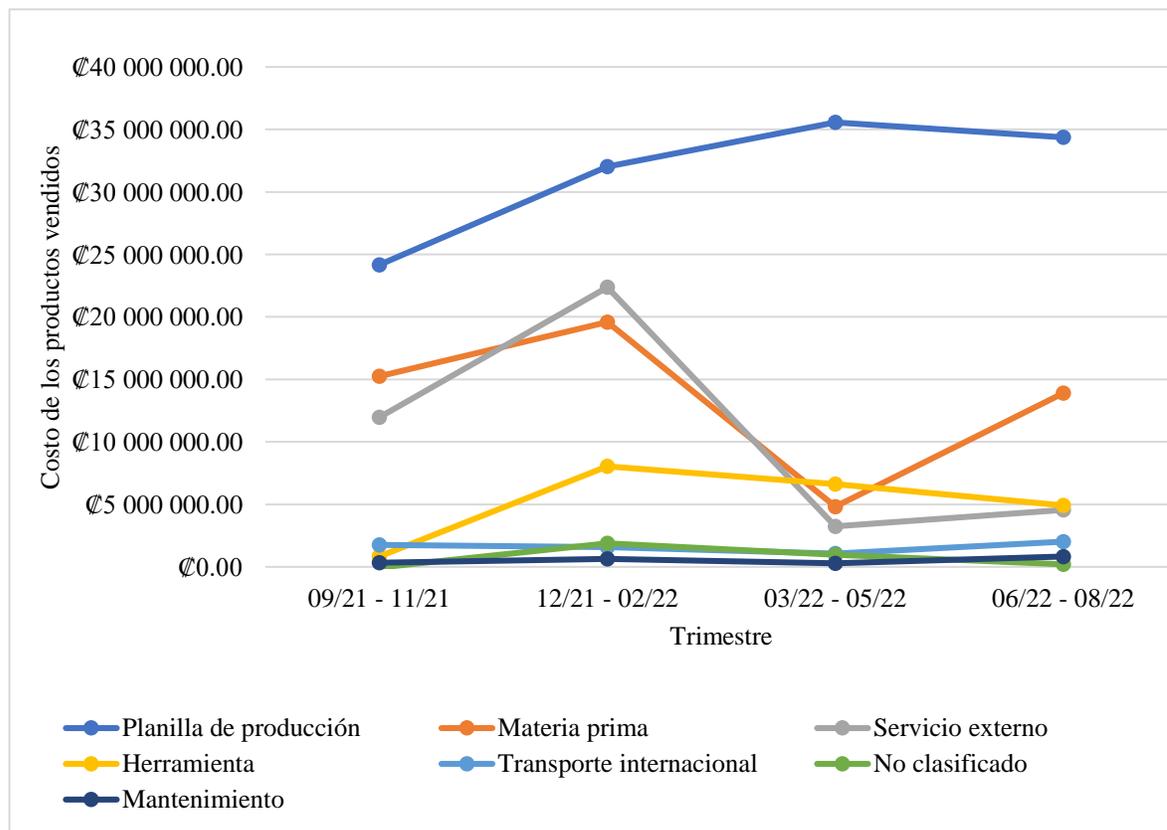
Así mismo, para el tercer trimestre se observa una disminución en el costo empleado por adquirir servicios externos, esto podría ejemplificar la versatilidad de los productos que ofrece la organización, puesto que para esas fechas los pedidos que se solicitaron no incluían en su mayoría procesos que son necesarios tercerizar y la mayoría de sus ventas se ejecutaron con el maquinado propio de la organización.

Y, por último, por parte de la partida de las herramientas es posible identificar el mismo comportamiento de las demás cuentas, donde para el segundo trimestre se da un aumento, se da la compra de equipo, en este caso, herramientas, para poder ejecutar las tareas y pedidos que se avecinan para el tercer trimestre del año y poder suplir con las demandas del cliente.

Así, la Figura 8 muestra una buena planificación por parte de la dirección de la organización, porque prevé las necesidades a futuro según los acuerdos del mercado que se toman. En un principio llama la atención el aumento por parte de la planilla productiva para el tercer trimestre, pero este aumento se contrarresta con la disminución de las demás partidas e inclusive este trimestre es el que cuenta con menor costo de productos vendidos y se mantiene poco variable para el siguiente.

Figura 8

Comportamiento de los costos de los productos vendidos trimestral



Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

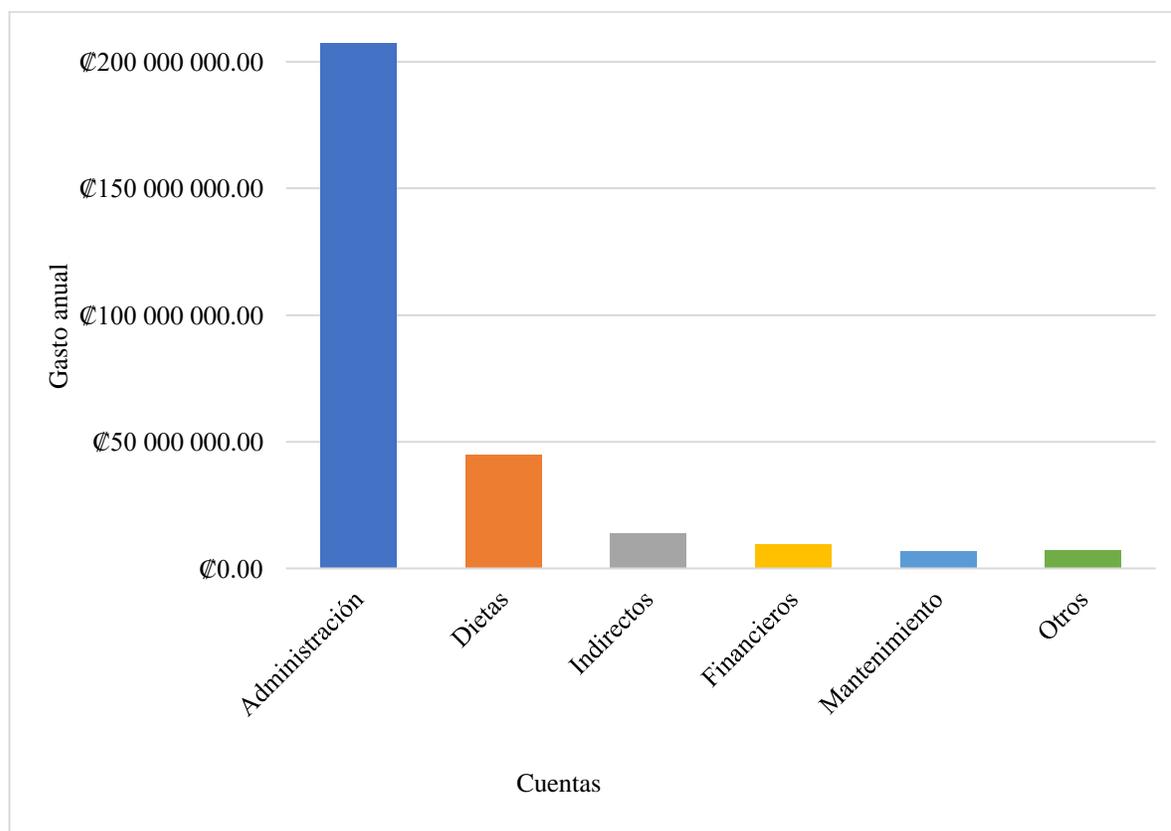
2.4.1.2. Gastos de explotación

Los gastos de operación son los gastos que necesita realizar la organización para desarrollar su actividad, pero no están ligados de forma directa con la transformación de productos, es decir que no está relacionado con la producción. Al estudiar las cuentas de gastos de explotación de la organización es posible identificar que pesa en un 48.26% sobre las ventas realizadas en el periodo en estudio, por lo que su estudio es de importancia.

En la Figura 9 es posible identificar que la cuenta anual con mayor gasto es la de gastos administrativos, la cual en el periodo en estudio cuenta con un gasto superior a los $\text{C}\$200\,000\,000.00$. Lo anterior significa que sólo los gastos administrativos implican un 34.54% sobre las ventas de ese periodo y le siguen la cuenta de las dietas con $\text{C}\$45\,000\,000.00$ pero si se analiza más a fondo esta cuenta sigue contemplando gastos de la población administrativa, como lo son las dietas de los comités de comercialización y ventas, de riesgo y la junta directiva, por lo que aproximadamente 42.02% de las ventas de ese periodo se gastan en pagos de los administrativos y comparando con la sección de costos de productos vendidos, es prácticamente el mismo valor solo esa partida.

Figura 9

Desglose del gasto de explotación (septiembre 2021 a agosto 2022)



Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

En la Tabla 15 se visualiza el peso con el que cuenta cada una de las cuentas dentro de los gastos de la administración, sobre la cual se observa que la que genera un mayor gasto es la cuenta de gastos por planilla con un valor de 23.06% sobre las ventas seguido apenas del 7.38% de otros gastos administrativos, el cual contempla viajes, membresías, consultorías, temas tecnológicos, entre otros; las cuales a pesar de que ayudan en el buen funcionamiento de la organización no son la base de esta, por lo que es vital identificar puntos de recorte para velar por la salud financiera de la organización.

Tabla 15

Porcentaje de participación de las cuentas de gastos de administración con respecto a las ventas anuales

Cuenta	Porcentaje según ventas
Planilla administrativa	23.06%
Otros gastos administrativos	7.38%
Representación	1.65%
Suministros	0.96%

Tabla 15

Continuación - Porcentaje de participación de gastos de administración con respecto a las ventas anuales

Cuenta	Porcentaje según ventas
Servicios públicos	0.76%
Beneficios a empleados	0.74%
Total	34.54%

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

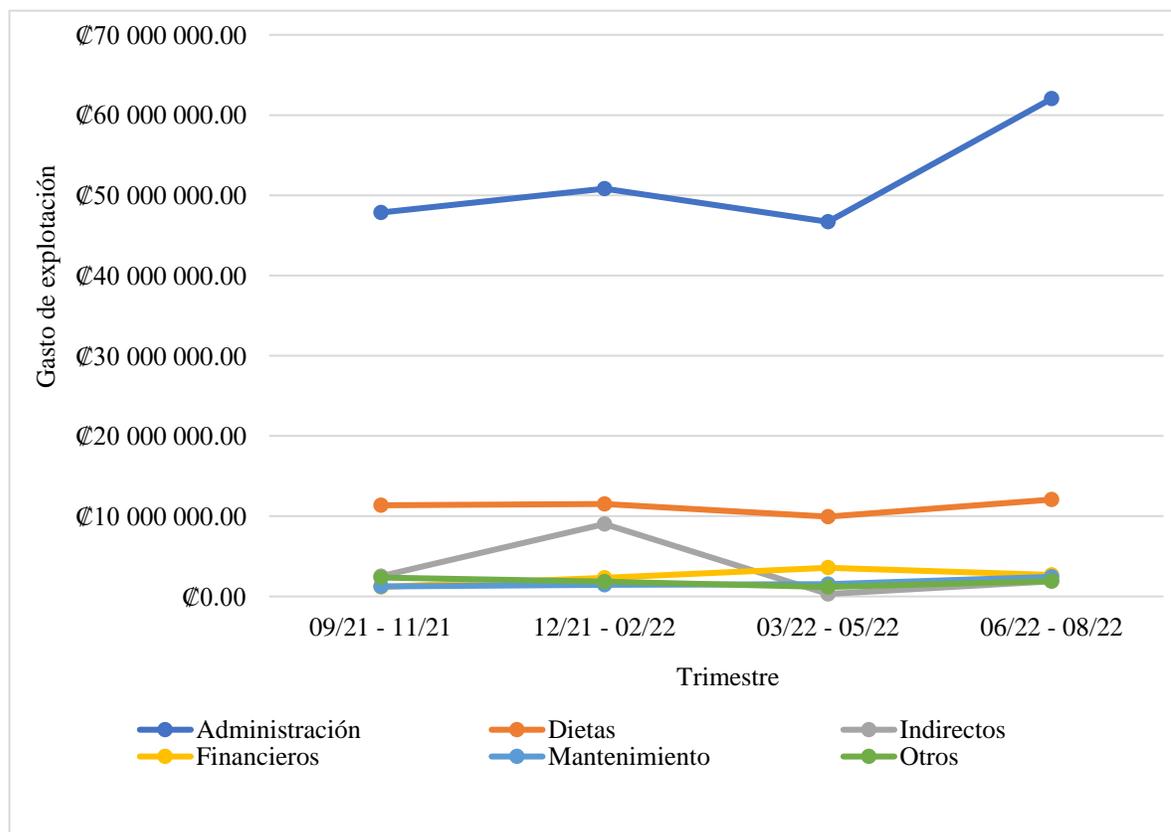
Así mismo, al estudiar de forma desagregada la información de los gastos de planilla se describe que esta se divide en planilla administrativa y planilla no productiva. La planilla administrativa significa un 20.17% de las ventas realizadas por la organización en el periodo en estudio, donde el mayor gasto se realiza en el salario devengado administrativo con un peso de 14.09% sobre las ventas, posterior a este se encuentra con un 3.83% el aporte patronal, 1.20% el aguinaldo, 0.48% vacaciones, 0.37% gastos por pasantía y 0.20% pólizas riesgos de trabajo del INS; por lo que es importante considerar la reestructuración del personal administrativo y de las actividades que realiza para trabajar con un mejor funcionamiento financiero por parte de la organización.

Para el estudio del gasto de explotación de forma trimestral visualizado en la Figura 10, es posible identificar que las partidas de dietas, financieros y otros se mantienen bastante constantes a lo largo del tiempo. En el caso de los costos indirectos estos cuentan con un pico para el segundo trimestre del periodo en estudio, la investigación muestra que esta variación se debe a que para abril se realiza un pago de alquiler del espacio físico de producción, lo cual esa suma de dinero es un caso puntual.

Por otro lado, el tema del gasto de administración es el que tiene un comportamiento peculiar, ya que se encuentra muy por encima de las demás cuentas y que a pesar de que para el primer, segundo y tercer trimestre se encontraba con un comportamiento constante para el cuarto trimestre cuenta con un incremento significativo, en el estudio de la información se resalta que para agosto 2022 se realiza una inversión en software de aproximadamente ¢8 000 000.00 más de lo que se acostumbra y también se utiliza el servicio de consultoría por un precio superior a ¢1 000 000.00 de lo planificado.

Figura 10

Comportamiento del gasto de explotación trimestral



Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Con base en esta información se aconseja a la organización un mapeo de actividades y tareas para comprender si su planilla administrativa es indispensable o si existe la posibilidad de reducir costos con la reasignación de tareas y movimiento de personal. Además de la concientización de ciertos gastos, para que todos puedan velar por una buena salud financiera en beneficio de todos.

2.4.1.3. Indicadores financieros

Así, ciertos indicadores utilizados en la investigación se describen los de liquidez, con el capital de trabajo neto y la razón corriente, los de rentabilidad con el retorno sobre activos y rentabilidad sobre patrimonio y los de endeudamiento con el nivel de endeudamiento, impacto carga financiera, cobertura de interés y endeudamiento a corto plazo, cuyas fórmulas son descritas en el Apéndice 9 (Urueña Mejía et al., 2018).

Tabla 16*Resultado de los indicadores financieros de la organización para el periodo en estudio*

Indicador	Resultado
Liquidez	
Capital de trabajo neto	\$ 404 467.58
Razón corriente	6.61
Rentabilidad	
Retorno sobre los activos	-3.18%
Rentabilidad sobre el patrimonio	-5.29%
Endeudamiento	
Nivel de endeudamiento	39.84%
Impacto de la carga financiera	1.99%
Cobertura de intereses	-3.81
Endeudamiento a corto plazo	18.26%

Los indicadores de liquidez permiten conocer la situación financiera a corto plazo, por medio del capital de trabajo neto es posible identificar el valor que conserva la organización después de pagar los pasivos a corto plazo, con el cálculo se identifica que los activos corrientes, o el flujo de caja generado por estos, pueden cubrir las exigencias de los pasivos corrientes, concluyendo que la empresa tiene capacidad de liquidez en el corto plazo de \$404 467.58. Además, por parte de la razón corriente se tiene que por cada unidad monetaria que la organización debe en el corto plazo tiene 6.61 unidades monetarias para respaldarlo, por lo que se muestra que la organización cuenta con una capacidad prudente para cubrir sus obligaciones financieras.

Así mismo, los indicadores de rentabilidad permiten conocer el beneficio que se obtiene por la inversión obtenida de los accionistas, así por parte del retorno sobre los activos se muestra que la organización pierde 3.18% de rentabilidad sobre el periodo en estudio, donde la eficiencia en la generación de utilidades con los activos pierde rendimientos en los proyectos realizados y en sus inversiones.

Por parte de la rentabilidad sobre el patrimonio se obtiene que para el periodo en estudio hay una rentabilidad del -3.18% para sus accionistas, esto se puede deber debido al costo de los productos vendidos, gastos por ventas, gastos de administración, gastos de mantenimiento, gastos financieros, gastos no deducibles, entre otros gastos. Es importante mencionar que sólo los gastos de administración para este periodo son 98.47% del ingreso de explotación. El desglose de los gastos de administración descrito anteriormente.

Por último, el endeudamiento muestra la obligación que se adquiere por parte de la organización para devolver fondos aportados por terceros, así el nivel de endeudamiento indica que por cada colón invertido en activos el 39.84% es financiado por los acreedores (banco, proveedor, empleados). El impacto de la carga financiera visualiza el costo del servicio de la deuda según los ingresos por ventas,

en la organización se obtiene un 1.99% como buen indicador, ya que se busca que sea inferior al 10% de las ventas del periodo.

La cobertura de interés ejemplifica el papel que tienen los gastos financieros sobre las utilidades operativas de la organización explicando si dispone de capacidad suficiente para pagar intereses superiores a los actuales con la utilidad operacional, con lo que para el periodo en estudio se obtiene un resultado negativo de 3.81, donde se identifica que la utilidad operacional no logra cubrir los intereses. Según información de la organización, para el periodo en cuestión específicamente en agosto 2022 se contó con la compra de material y maquinaria, por lo que para el corte del periodo se obtienen utilidades negativas, pero se trata de un caso aislado. Por último, el endeudamiento a corto plazo permite identificar el porcentaje de pasivos con terceros que cuentan con vencimiento corriente inferior a un año, en este caso trata de un 18.26%.

2.4.2. Cálculo del costo por hora por proceso

El sistema de costeo por órdenes se basa en las empresas que trabajan según los pedidos de los clientes, como es el caso de PTS. En este sistema de costeo se deben de registrar los elementos que suman el costo total del producto como es el material, la mano de obra directa y los costos indirectos y a partir de esta información se debe realizar el cálculo del costo de cada una de las ordenes producidas. El conocimiento claro de los costos genera ventaja competitiva por sobre la competencia porque se conoce a ciencia cierta el valor económico del producto físico y el servicio brindado.

Una de las desventajas de este costeo es la complejidad con la que cuenta porque se debe conocer el costo de cada uno de los elementos involucrados, como es el caso de la asignación de los costos indirectos, los cuales son los costos de la manufactura que no pueden asociarse de forma directa con el producto, por lo que deben ser prorrateados para cada una de las órdenes a producir. A partir de lo anterior es que para ese cálculo se deben considerar tasas predeterminadas como es el caso de las horas de mano de obra directa asociada, el costo de las horas de mano de obra directa, el costo de los materiales, las horas/máquina, entre otros.

Con el objetivo de determinar el costo por hora de cada proceso se procede a calcular el costo por hora máquina de cada uno de los procesos, esto se determina mediante la consideración del valor de depreciación, el monto relacionado a intereses bancarios si aplicase para la máquina y también el costo por alquiler según el área asignada de la máquina.

Debido a que existen varias máquinas para cada proceso se suma el costo obtenido para cada máquina relacionada y se divide el resultado entre la capacidad instalada del proceso en cuestión, el valor obtenido de costo por hora/máquina para cada proceso se puede visualizar en la Tabla 17. Por otro lado, la capacidad instalada que se utiliza para prorratear se especifica detalladamente en la Tabla 12, la cual se encuentra en la sección específica del estudio referente a la capacidad instalada.

Tabla 17*Costo por hora/máquina de cada proceso*

Proceso	Costo por hora/máquina
Acrílico	€ 6 909.07
Fresado convencional	€ 3 389.27
Fresado CNC	€ 17 607.03
Rectificado	€ 3 937.98
Soldadura	€ 4 607.96
Torno	€ 8 699.68

Posteriormente, al costo por hora máquina es necesario agregar un monto referente a los costos indirectos, este monto se compone de las cuentas contables del estado de resultados proporcionado por la empresa, el total utilizado para establecer el valor de costos indirectos por hora se determina mediante el promedio mensual de cada categoría seleccionada en el periodo de tiempo establecido para el presente proyecto.

Este promedio mensual, el cual se desglosa en la Tabla 18, se multiplica por la participación de cada proceso en la producción total de la empresa y se divide posteriormente entre la capacidad instada que se observó anteriormente. De esta forma, se logra obtener el monto de costos indirectos por hora de cada proceso que se observa en la Tabla 20, el cual está relacionado con la participación especificada en la Tabla 19.

Tabla 18*Promedio mensual de costos indirectos prorrateados*

Costo indirecto	Promedio mensual
Costos por mantenimiento	€ 172 947.09
Costos logísticos	€ 534 606.32
Gastos de ventas	€ 122 600.00
Gastos por dietas	€ 3 742 615.46
Gastos de administración	€ 16 860 026.10
Gastos no deducibles	€ 150 352.17

Tabla 19*Participación de cada proceso en relación con el total de horas de producción*

Proceso	Participación
Acrílico	0.96%
Fresado convencional	50.86%
Fresado CNC	25.51%
Rectificado	4.16%
Soldadura	5.22%

Tabla 19

Continuación - Participación de cada proceso en relación con el total de horas de producción

Proceso	Participación
Torno	13.29%

Nota. Los porcentajes de esta tabla se calculan con base en la utilización de la maquinaria de su respectivo proceso.

Tabla 20

Costo por hora indirecto de cada proceso

Proceso	Costo por hora indirecto
Acrílico	¢ 9 341.90
Fresado convencional	¢ 9 476.56
Fresado CNC	¢ 11 426.36
Rectificado	¢ 5 567.95
Soldadura	¢ 6 682.57
Torno	¢ 12 384.70

Así mismo, posterior al cálculo del costo por hora indirecto se determina el valor relacionado con la mano de obra productiva que se encuentra en la máquina, este se calcula mediante la suma del salario más las cargas sociales dividido entre el tiempo efectivo esperado por cada operario, lo cual se muestra seguidamente en la Tabla 21.

Tabla 21

Costo por hora/operario de cada proceso

Operario	Costo por hora/operario
Operario fresado CNC	¢ 4 496.32
Operario fresado convencional	¢ 3 746.94
Operario torno convencional	¢ 3 746.94
Operario rectificado	¢ 2 997.55
Operario soldadura	¢ 2 997.55
Operario acrílico	¢ 2 997.55

Finalmente, una vez obtenido el costo por hora máquina, el costo por hora indirecto y el costo por hora operario se suman para establecer un valor real del costo por hora de cada uno de los procesos de la empresa. El costo total por proceso en dólares y colones se puede consultar detalladamente en la Tabla 22.

Tabla 22*Costo por hora total de cada proceso*

Proceso	Costo real por hora (₡)	Costo real por hora (\$)
Acrílico	₡ 19 436.44	\$ 29.66
Fresado convencional	₡ 16 612.77	\$ 25.35
Fresado CNC	₡ 33 338.78	\$ 50.87
Rectificado	₡ 12 475.75	\$ 19.04
Soldadura	₡ 14 466.00	\$ 22.07
Torno	₡ 24 831.32	\$ 37.89
Costo ponderado	₡ 21 714.82	\$ 33.13

Por otro lado, cabe mencionar que el costo neto mediante un promedio ponderado es de \$42.14, este valor se determina mediante la suma de \$33.13 más un 27.18%, perteneciente al costo de servicio externo, materia prima y herramientas. El porcentaje mencionado se calcula a partir del estado de resultados brindado por la empresa, en el cual se evidencia que la relación entre los costos tomados en cuenta para elaborar la tabla anterior y los costos debido a la subcontratación de servicios externos es de 9.86%, el 17.32% restante corresponde a la relación de los costos que se utilizan en la compra de materia prima y herramientas.

Se reitera que ambas categorías no se consideran en el costo por hora de cada proceso; por ende, se adicionan como un porcentaje al costo real por hora obtenido. Una vez obtenido el costo ponderado promedio, se le sustrae el precio por hora que se utiliza en la empresa de \$30, lo cual da como resultado una pérdida neta promedio por hora de \$12.14.

2.5. Análisis del método actual de estimación de tiempos por orden de compra

Entre setiembre del año 2021 y agosto del 2022 se han registrado 611 órdenes, de las cuales 509 (83.31%) cuentan con toda la información necesaria para ser procesadas, los restantes 102 registros poseen uno o más datos faltantes, por lo que se decide prescindir de ellos y se procede a trabajar con el primer grupo entre los dos mencionados.

En este lapso, tal como se explica en los apartados anteriores, la compañía ha cobrado \$30 por cada hora cotizada, sin importar los factores particulares de los diferentes componentes a producir. Tomando en consideración los 509 registros válidos, se procede a calcular el promedio en valores absolutos de la resta entre el tiempo cotizado y el real, obteniendo así 25.37 horas de diferencia. Por su parte, las diferencias promedio entre el tiempo cotizado y el estimado, así como entre el tiempo estimado y el real son, respectivamente, de 19.67 y 14.35 horas.

En la Tabla 23 es posible observar la diferencia promedio y la sumatoria de horas entre los diversos registros de tiempo, según el método de cotización actual. Cabe destacar que estos datos sí contemplan el signo (positivo o negativo) de las horas, por lo que la información que se despliega de dicha tabla hace referencia a un balance entre lo que estaría a favor y en contra.

Tabla 23*Diferencia no absoluta entre los tiempos cotizado, estimado y real*

Diferencia entre tiempos	Promedio (horas)	Sumatoria (horas)
Cotizado – Estimado	13.42	6832.88
Estimado – Real	0.92	465.94
Cotizado – Real	14.34	7298.83

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Los datos reflejan que el método utilizado en PTS para la estimación de tiempos representa un problema mayor, pues en 12 meses (septiembre 2021 a agosto 2022) se ha tenido un total de 7298.83 horas a favor, es decir, tiempo que es cobrado, pero que no es utilizado según corresponde.

Con base en el párrafo anterior y en los datos que provee el estado de resultados para el periodo señalado, se podría aseverar que de los \$916 271.91 que PTS ha ingresado durante ese lapso por motivo de ventas, \$218 964.90 (23.87%) han sido producto de las órdenes sobrestimadas en el tiempo cotizado.

De igual manera, se puede afirmar que la compañía ha realizado una mala planificación del tiempo que deberían tardar los colaboradores en completar una orden (tiempo estimado), ya que se tiene un total de 465.94 horas a favor con respecto a la Tabla 23; al dividir este valor entre el número de horas laborales productivas por semana para cada operario (42.80), ese tiempo sería equivalente a asignarle trabajo a un colaborador por casi 11 semanas.

Desde otra perspectiva, en este tiempo podrían completarse aproximadamente 16 pedidos extra con base en el tiempo real promedio por orden (28.22 horas). En otras palabras, el fenómeno descrito puede repercutir en rechazar órdenes de trabajo al considerar que la disponibilidad de horas del personal es menor a la que verdaderamente se tiene.

En la Tabla 24 es posible contemplar la cantidad de órdenes que presentan una diferencia positiva entre el tiempo cotizado y el real, es decir, aquellas que, según el método de estimación de tiempos actual de la empresa, tardan menos que lo señalado en la cotización.

Tabla 24*Diferencia positiva no absoluta entre los tiempos cotizado, estimado y real*

Diferencia positiva	Promedio (horas)	Sumatoria (horas)	Órdenes
Cotizado - Estimado	20.95	8422.44	402
Estimado - Real	16.89	3884.72	230
Cotizado - Real	32.50	10106.02	311

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Como bien se observa, de las 509 órdenes que se han registrado por completo en el periodo delimitado, 311 de ellas han sido concluidas con una diferencia positiva entre lo cotizado y lo real, con un total de 10 106.02 horas.

Tomando como supuesto de que en los \$30 se incluya el costo por hora, este tiempo visto en dinero (\$303 180.65) representa un beneficio libre para la organización; no obstante, debido a que por cada hora cotizada que se trabaje se tiene una pérdida de \$12.14 y considerando las 21 662.04 horas laboradas en estos meses, en realidad se tiene un costo adicional de \$262 977.22, el cual ha sido solventado por los pedidos sobre cotizados.

Así mismo, en la Tabla 25 se presenta la cantidad de órdenes que han finalizado con una diferencia negativa al comparar los diferentes tiempos, dando a entender que en estas se invierte más tiempo que el inicialmente contemplado.

Tabla 25

Diferencia negativa no absoluta entre los tiempos cotizado, estimado y real

Diferencia negativa	Promedio (horas)	Sumatoria (horas)	Órdenes
Cotizado - Estimado	-17.47	-1589.56	91
Estimado - Real	-12.76	-3418.78	268
Cotizado – Real	-14.32	-2807.19	196

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

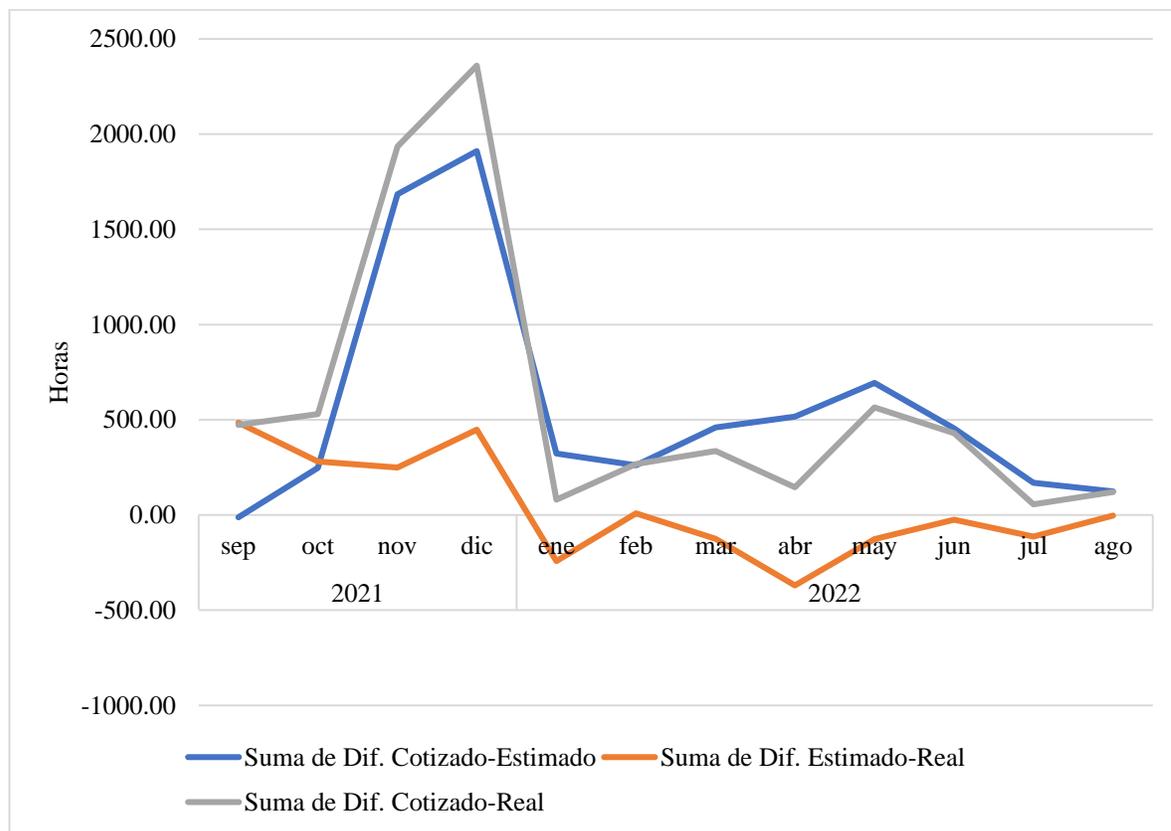
Un total de 196 órdenes se han cotizado tomando en cuenta un tiempo menor al que en realidad se tarda en completarlas, con un promedio de 14.32 horas en contra. Al considerar el costo neto promedio de \$42.14 y las 2807.19 horas de la tabla anterior, es posible inferir que se han invertido un total de \$118 295.17 para finalizar esas órdenes.

Si bien es posible demostrar que existe una diferencia, tanto positiva como negativa, en los tiempos y, por ende, en el precio de la cotización al hacer uso del método actual que aplica PTS, cabe destacar que la cantidad de órdenes en las que coincide el tiempo real y el cotizado es de tan sólo dos, mientras que el número de órdenes en las que concuerda el tiempo real y el estimado es de 11 (esto se puede ver en la diferencia en la cantidad de órdenes entre la Tabla 24 y Tabla 25, recordando que el total de registros válidos es de 509).

Lo anterior permite afirmar que el procedimiento actual implica un desconocimiento de la carga laboral no sólo de la maquinaria, sino también de los operarios, generando una falsa idea de lo que realmente se puede producir y hasta qué punto se puede comprometer la planta. Con el objetivo de poder visualizar la diferencia entre los tiempos cotizado, estimado y real para cada uno de los meses que conforman el periodo de estudio se presenta la Figura 11, donde es posible interpretar que el comportamiento de los datos del año 2021 es distinto al del 2022.

Figura 11

Sumatoria de diferencia no absoluta entre tiempos cotizado, estimado y real por mes



Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Entre septiembre y diciembre del primer año se observa una tendencia creciente en la diferencia entre lo cotizado y lo estimado, así como en la resta entre lo cotizado y lo real; no obstante, ambos valores presentan una clara reducción en lo que va del 2022. Con respecto a la diferencia entre lo estimado y lo real, en los cuatro últimos meses del 2021 todos los datos son positivos, variando en el rango de 250 y 500 horas aproximadamente, mientras que de enero a agosto del 2022 siete de los ocho meses obtienen una diferencia negativa, lo cual representa una inversión adicional no planificada de horas de trabajo.

De igual manera, para examinar aquellos procesos que presentan una mayor diferencia entre los tiempos estimado y real se encuentra la Tabla 26, en la cual se puede observar la sumatoria de la diferencia absoluta y no absoluta (toma en cuenta el signo) de estas horas. Cabe destacar que estas 509 órdenes se pueden subdividir por procesos, donde la mayoría consta de un sólo proceso, pero otras pueden contener dos o más de ellos. Al realizar este desglose se obtiene un total de 895 registros en los que se detalla el proceso ejecutado, junto con sus respectivos tiempos estimados y reales.

De este total, algunas entradas hacen referencia a actividades con características especiales, tal es el caso de “calidad”, “reproceso” o “servicio externo”; con respecto a las dos primeras, estas son

llevadas a cabo cuando se presentan problemas al manufacturar los componentes, mientras que en el caso de la última mencionada, esta sucede de manera muy esporádica cuando se supera la capacidad máxima y/o cuando no se ofrece el servicio en la planta. Continuando con lo anterior, se procede a omitir los registros de las actividades que no suelen ser tomadas en cuenta en las cotizaciones, quedando 803 entradas (89.72%) con la etiqueta de alguno de los procesos. En la siguiente tabla se muestra la suma por proceso de los tiempos real y estimado para estas entradas.

Tabla 26

Sumatoria de los tiempos real y estimado por proceso

Proceso	Tiempo real (horas)	Tiempo estimado (horas)	Error de estimación
Acrílico	232.90	253.42	8.81%
Fresado convencional	7383.43	6665.38	9.73%
Fresado CNC	2900.45	3161.02	8.98%
Rectificado	462.40	345.03	25.38%
Soldadura	724.93	795.92	9.79%
Torno	2141.33	2388.75	11.55%
Total	13845.45	13609.52	1.70%

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Se observa que, en total, el tiempo real para el periodo bajo estudio es aproximadamente 200 horas más alto que el tiempo estimado, representando esto una diferencia de un 1.70%, lo cual podría parecer que no es un problema mayor; no obstante, al explorar el error de estimación por proceso se tiene que los porcentajes varían entre un 8.81% y un 25.38%, esto debido a diferencias, ya sea hacia arriba o hacia abajo, en relación con el tiempo real. Continuando con la misma metodología que se ha utilizado en este apartado, en la Tabla 27 se presentan las diferencias por proceso, tanto absolutas como no absolutas, entre ambos tiempos.

Tabla 27

Sumatoria de la diferencia entre los tiempos estimado y real por proceso

Proceso	Sumatoria diferencia absoluta (horas)	Sumatoria diferencia no absoluta (horas)
Acrílico	143.46	20.52
Fresado convencional	3428.42	-718.05
Fresado CNC	1930.80	260.57
Rectificado	170.54	-117.37
Soldadura	396.61	70.99
Torno	1807.96	247.42
Total	7877.80	-235.93

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

Es posible interpretar que los procesos de fresado convencional, fresado CNC y torno son los que acumulan una mayor diferencia en cuanto a la cantidad de tiempo que planifica el jefe de producción y las horas que tardan los operarios en llevarlos a cabo; no obstante, esa diferencia es negativa en los procesos de rectificado y fresado convencional, con 835.42 horas en contra entre ambos, en contraposición con los restantes cuatro procesos, que suman apenas 599.50 horas.

Con base en esta información es posible aseverar que varias de las órdenes en las que hacen uso de acrílico, fresado CNC, soldadura y/o torno son sobrestimadas en su tiempo de ejecución y, por consiguiente, el precio de estas es mayor al que debería ser según el procedimiento actual de cotización. Por el contrario, en algunas de las órdenes en las que se requiere el proceso de rectificado y/o fresado convencional se contempla un número menor de horas que el necesario. Esto quiere decir que la compañía está invirtiendo tiempo para completar los procesos, incluso considerando las horas a favor, pues en los 12 meses analizados se tuvo un desfase mayoritariamente en contra (-235.93 horas).

También es importante considerar la diferencia absoluta, pues para la empresa no resulta conveniente la sobrestimación ni la subestimación de tiempos. Aunque se podría pensar que resultan beneficiosas aquellas órdenes en las que el tiempo cotizado es más alto que el real, pues se estaría cobrando una cantidad de horas mayor al tiempo laborado, la verdad es que la compañía queda en desventaja competitiva en esos casos por cobrar un precio superior al que debería ser si el tiempo cotizado fuera más próximo al real; así mismo, la sobrestimación afecta directamente la planificación de la producción al no conocerse de manera certera el tiempo que se tiene comprometido.

Así pues, los procesos de fresado convencional, fresado CNC y torno son los que presentan la sumatoria de horas mayor en relación con la diferencia absoluta entre tiempos, con más de un 90% del total de horas entre los tres, lo cual quiere que decir que ya sea debido a que el tiempo cotizado es mayor o menor al real o inclusive a una combinación de ambos, la precisión en estos procesos al momento de efectuar una cotización está perjudicando a PTS.

Por último, se procede a transformar los datos presentados en la tabla anterior con el fin de mostrar numéricamente que en el año 2021 se tiende a sobrestimar el tiempo planificado de las órdenes de trabajo, pues de septiembre a diciembre se obtienen valores por encima de 29 horas mensuales; al planificar la producción este tiempo se considera ocupado, pero realmente está disponible, por lo que de contar con una mejor valoración de la duración que conlleva realizar una determinada pieza, se puede comprometer dicho tiempo en una o más órdenes.

En relación con los meses analizados del 2022 sucede lo contrario, ya que se programa una cantidad de horas menor que la necesaria para finalizar los componentes, con un saldo negativo no menor a 12 horas al mes; esto provoca que se tenga un atraso con la conclusión de las órdenes y/o que sea necesario adquirir más recursos para estar al día con la producción. La información de los dos últimos párrafos se resume en la Tabla 28.

Tabla 28*Sumatoria de la diferencia no absoluta entre los tiempos estimado y real por mes y año*

Periodo	Sumatoria diferencia tiempos estimado - real (horas)
2021	1098.72
Septiembre	458.22
Octubre	195.97
Noviembre	29.16
Diciembre	415.37
2022	-1334.65
Enero	-295.57
Febrero	-63.83
Marzo	-141.95
Abril	-421.95
Mayo	-213.62
Junio	-59.87
Julio	-125.70
Agosto	-12.17

Nota. Datos tomados del sistema ERP de PTS.

2.6. Comportamiento de las entradas según factores

En el apartado anterior que trata sobre el método actual de estimación de tiempos se menciona que en las órdenes de trabajo no sólo se especifica la duración total que conllevó su realización, sino que en el registro también se desglosa este tiempo según los procesos requeridos en cada orden.

Así pues, si bien es cierto que se tiene un registro de los tiempos y procesos por cada orden de trabajo, la empresa no clasifica los planos según su complejidad, lo cual dificulta en gran medida determinar la cantidad de trabajo y/o detalle en relación con la manufactura de los componentes; así mismo, debido a la falta de claridad sobre las cualidades que hacen que una pieza sea más o menos difícil de elaborar se tiene a menudo una carga de trabajo desigual entre los distintos operarios.

Según Bauce et al. (2018), algunos científicos sociales describen el concepto de “operacionalización de variables”, cuando se define o conceptualiza una variable; esto significa pasarla de un concepto abstracto a un concepto cuantificable, a fin de facilitar la recolección de los datos, con un alto grado de precisión. Así mismo, Villasís Keever et al. (2018) afirman que una de las formas de mejorar la confiabilidad de las mediciones, prevenir errores y mejorar la medición es establecer protocolos operacionales estandarizados que definan las variables a medir de forma extensa y detallada, puede ser un anexo o manual de usuario.

Dado lo anterior, se decide optar por la operacionalización de las variables requeridas para llevar a cabo el proceso de cotización, esto se realiza en conjunto con el jefe de producción mediante la creación de tablas, en las cuales se catalogan los pedidos según su complejidad y el tipo de material en cinco categorías. De esta forma, se logra pasar de un concepto abstracto, creado a partir de la

experiencia, a un concepto estandarizado; además, se reduce la variabilidad que existe debido a la subjetividad de las personas que realizan este proceso. En la Tabla 29 se detalla el primero de estos factores.

Tabla 29

Características para valorar la complejidad de una pieza

Valoración	Puntaje	Observaciones
Baja	1	Tolerancias bilaterales grandes (mayores a 0.05 pulgadas), funcionalidad no crítica, formas simples, pocos o ningún agujero (de 0 a 2), máquinas convencionales.
Media baja	2	Tolerancias bilaterales grandes (entre 0.05 y 0.005 pulgadas), funcionalidad de acople o ensamble, formas semicomplejas, agujeros (de 3 a 9), roscas de igual medida, máquinas convencionales.
Media	3	Tolerancias bilaterales críticas (entre 0.005 y 0.0005 pulgadas), formas complejas, agujeros de ajuste preciso (de 10 a 19), roscas de diferente medida, máquinas CNC.
Media alta	4	Tolerancias bilaterales críticas (menores a 0.0005 pulgadas), figuras complejas que implican múltiples montajes (2 o más), agujeros (20 o más), máquinas CNC.
Alta	5	Piezas de alta precisión (industria aeroespacial o dispositivos médicos) que además de compartir las características del nivel anterior requieren equipos con características particulares como máquinas CNC especiales.

En la tabla anterior es posible observar que, de la forma en que se presenta, la complejidad está ligada al tipo de máquina, cantidad de agujeros, forma y tolerancia en las dimensiones de la pieza. Para favorecer su comprensión, la primera característica mencionada se detalla en la Tabla 30.

Tabla 30

Descripción de las máquinas según su tipo

Tipo	Descripción
Convencionales	Máquinas manuales, en las cuales se requiere esfuerzo físico por parte de los operarios.
CNC	Equipos que funcionan mediante control numérico por computadora.
CNC especiales	Máquinas que operan con control numérico por computadora, pero que también poseen ciertas funciones o características especiales, por ejemplo, máquinas de cuatro o cinco ejes, torno-fresadoras o tornos suizos.

De igual manera, el tipo de material es otro factor relevante para ser considerado dentro del modelo, pues dependiendo de este la rapidez de la máquina cambia entre una pieza y otra, incluso siendo iguales en términos de tamaño. En la Tabla 31 se presenta la clasificación elaborada junto con el personal de producción, en la cual varía el número asignado en función de la dureza del elemento.

Tabla 31*Clasificación de los tipos de material*

Material	Descripción
1	Material suave y/o de bajo costo, por su funcionalidad se podría utilizar alguno genérico con un costo similar. Fácil de maquinar (nylon, Delrin, POM, Ertalyte o aluminio).
2	Material suave y/o de costo medio (teflón o Delrin), con cierta dificultad al maquinar debido a alguna característica especial
3	Material con espesor delgado (igual o menor a 0.25 pulgadas) o material semiduro (aluminio, hierro, cobre o bronce), lo cual aumenta la posibilidad de producir scrap.
4	Material que posee una dureza mayor a 25 HRC, en los que se requiere de herramientas especiales (acero inoxidable o acero alto en carbono serie 300 o 400).
5	Material con alto contenido de níquel, aceros especiales o endurecidos, así como Monel o Inconel.

Seguidamente, se lleva a cabo un método de estimación de tiempos según los registros históricos, para ello es necesario hacer uso de una base de datos, en la cual se detallen las variables ya descritas (proceso, material, complejidad y tiempo real, siendo esta última la variable de respuesta) para cada una de las entradas en relación con el desglose de las órdenes en sus respectivos procesos.

Tal como se menciona en el diagnóstico, en el periodo delimitado se tiene un total de 803 registros divididos por proceso; no obstante, estos sólo cuentan con el detalle de los tiempos y procesos, por lo hace falta completar los valores restantes. Debido a que se trata de una cantidad abultada de entradas, se procede a calcular el tamaño de muestra para una población finita con la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * \sigma^2}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * \sigma^2}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra.
- N = Tamaño de la población.
- Z_{α} = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza.
- σ^2 = Desviación estándar de la población.
- e = Error de estimación máximo aceptado.

Al aplicar esta fórmula con un tamaño de población de 803, lo cual hace referencia a la cantidad de registros, un nivel de confianza del 90% (equivalente a Z de 1.65), una desviación estándar de 16.98 horas y un error de estimación máximo del 1.70 horas, se obtiene un tamaño de muestra redondeado de 203, siendo este el número mínimo de entradas que debe conformar la nueva base de datos.

Un nivel de confianza del 90% explica que, para una muestra aleatoria de 100 unidades, 90 de ellas van a contar con la media dentro de este intervalo de confianza, un intervalo de confianza más

estrecho en comparación a un nivel de confianza del 95%. Por otro lado, el error de estimación máximo cuantifica la diferencia existente en el muestreo aleatorio en la estimación de un parámetro; así entre mayor es el error, más ancho es el intervalo y menos precisa es la estimación del estadístico (Gómez Barrantes, 2016).

La desviación estándar de 16.98 horas corresponde al valor obtenido propio de la variable de interés, es decir, el tiempo real por pieza de cada una de las 803 órdenes materializadas. Con respecto al error máximo, cabe destacar que el promedio del valor absoluto de la diferencia entre los tiempos estimado y real, ambos por pieza, es de 5.01 horas, por lo que cualquier número inferior a este representa una mejoría. Para el cálculo del tamaño de muestra se utiliza 1.70 horas como error máximo de estimación, siendo este un valor menor al promedio antes mencionado para cada uno de los procesos, como se puede observar en la Tabla 32.

Tabla 32

Promedio del valor absoluto de la diferencia entre los tiempos estimado y real, por pieza, para cada uno de los procesos

Proceso	Promedio diferencia tiempos estimado - real por pieza (horas)
Acrílico	3.10
Fresado convencional	5.60
Fresado CNC	5.15
Rectificado	2.08
Soldadura	7.78
Torno	4.24
General	5.01

Cabe destacar que el comportamiento de los registros que formen parte de la muestra debe ser proporcional al de la población, por lo que se procede a calcular el porcentaje de entradas del conjunto completo de datos según el proceso y se consigue el número de registros en conformidad con esta variable que debe ser considerado en el modelo que se va a desarrollar. Lo anterior hace referencia a un muestreo estratificado, al estar la población clasificada en estratos o pequeños grupos con características homogéneas, esto se considera una técnica de muestreo estadístico probabilístico de forma aleatoria excluyente, es decir, cada elemento sólo se encuentra dentro de un estrato (Betancourt, 2016). Los resultados del muestreo se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33

Resultados del muestreo

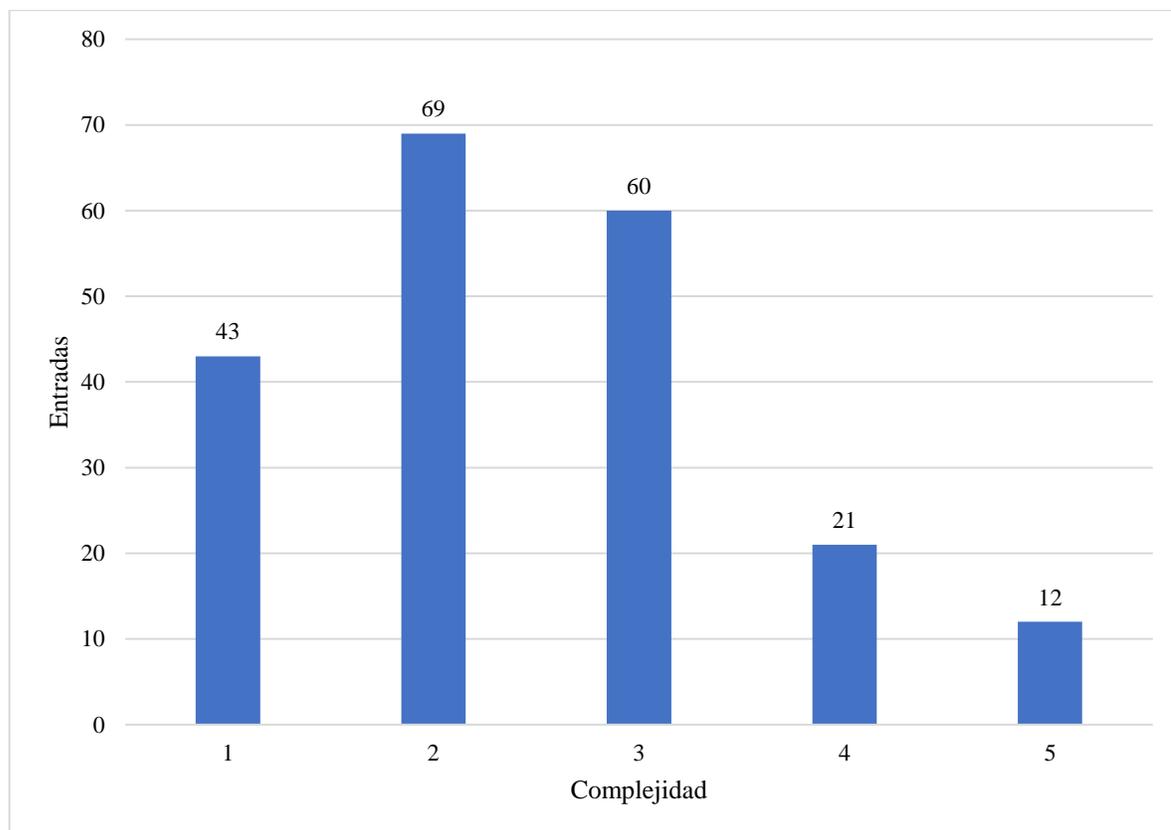
Proceso	Entradas	Porcentaje	Valor redondeado
Acrílico	27	3.36%	7
Fresado convencional	337	41.97%	86
Fresado CNC	161	20.05%	41
Rectificado	43	5.35%	11
Rectificado	43	5.35%	11

Tabla 33*Continuación - Resultados del muestreo*

Proceso	Entradas	Porcentaje	Valor redondeado
Torno	196	24.41%	50
Total	803	100.00%	205

Al realizar la multiplicación de cada uno de esos porcentajes por 203 (número mínimo de registros para el muestreo) se obtiene el valor redondeado de la tabla previa; sin embargo, por temas de redondeo al tratarse de números enteros se contemplan dos entradas extra, pasando a ser 205. Luego de completar la nueva base de datos, se procede a dividir el tiempo real por proceso de cada orden entre el número de piezas confeccionadas en ese lapso, lo anterior para poder utilizar la misma unidad de referencia (una pieza) en todas las líneas.

Después de haber creado un conjunto de datos con la información del muestreo y con el propósito de mostrar la variabilidad de las órdenes según los niveles de los dos nuevos factores, se hace uso de la Tabla 32 y Tabla 33 para catalogar esas 205 órdenes, obteniendo, con respecto a la complejidad, los resultados de la Figura 12.

Figura 12*Cantidad de entradas por complejidad para la muestra*

Se puede apreciar que los tres primeros niveles abarcan la mayoría de los registros, con 172 de las 205 entradas; no obstante, tampoco se deben omitir las últimas dos categorías, pues para el periodo bajo estudio se han elaborado más de 30 entradas en las se ha requerido una mayor precisión y detalle por parte del personal de producción, dando como resultado que la suma de las horas reales de los niveles 4 y 5 represente más del 50% del total de este tiempo para la muestra, como se resume en la Tabla 34.

Tabla 34

Tiempo real por complejidad para la muestra

Complejidad	Tiempo real (horas)
1	55.77
2	239.73
3	419.25
4	333.44
5	419.98
Total	1468.18

Por otro lado, en relación con el material, el nivel 4 es aquel que abarca un mayor número de registros, con una diferencia marcada con respecto al nivel 3, que engloba 42 entradas, siendo este el que le sigue en cantidad. Así mismo, en cuanto al tiempo real, el nivel 4 registra 841.55 horas, mientras que los otros cuatro tienen valores entre 123.74 y 180.82 horas, según la Figura 13 y Tabla 35.

Figura 13

Cantidad de entradas por material para la muestra

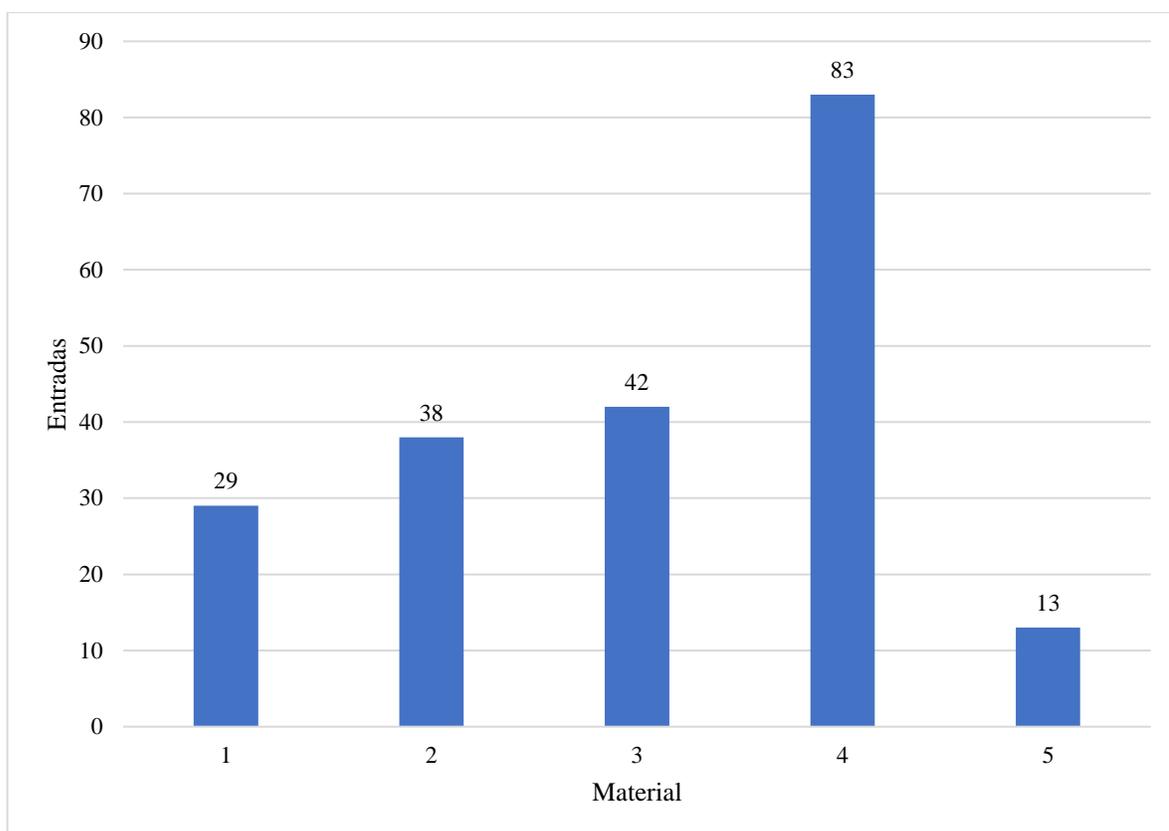


Tabla 35

Tiempo real por material para la muestra

Material	Tiempo real (horas)
1	158.42
2	163.65
3	123.74
4	841.55
5	180.82
Total	1468.18

Finalmente, en cuanto al último factor, el cual se encuentra desde un inicio en la base de datos disponible en el ERP de la compañía, y tomando en cuenta la muestra, los procesos de fresado convencional, torno y fresado CNC, en ese orden, son los que poseen los valores más altos de tiempo real, lo cual mantiene la relación con la cantidad de órdenes de la Tabla 33. Cabe destacar que los procesos de acrílico y rectificado no alcanzan valores de tres dígitos, a diferencia de los otros cuatro. En la Tabla 36, se presenta el tiempo real por proceso considerando las 205 órdenes.

Tabla 36*Tiempo real por proceso para la muestra*

Proceso	Tiempo real (horas)
Acrílico	33.96
Fresado	579.03
Fresado CNC	350.81
Rectificado	24.89
Soldadura	141.96
Torno	337.54
Total	1468.18

2.7. Conclusiones del diagnóstico

Es evidente que la actividad cuello de botella en el proceso de cotización corresponde a la estimación basada en criterio experto, la cual abarca el 81% del tiempo de ciclo total del proceso, así mismo es la única actividad que genera inventario, es decir cotizaciones acumuladas sin ser procesadas. Lo anterior se debe a que solamente existen dos personas en la empresa capacitadas para realizar dicha actividad y además de esto, no se encuentran dedicadas la totalidad del turno en esta labor. La causa raíz de este fenómeno se debe a que dicho proceso requiere de recurso humano con la experiencia necesaria para poder determinar el precio de un trabajo solamente con los documentos o especificaciones brindadas por el cliente. Habiendo dicho esto, se considera fundamental estandarizar las tareas de forma que permita calcular los precios basados en criterios específicos y disminuir tanto la subjetividad como el error humano, de esta forma se podría capacitar y delegar dicha actividad a otras personas de la organización

Además, el diagnóstico en el uso de la máquina por proceso permite identificar que la organización cuenta con dos fresadoras convencionales y un torno que no son necesarios aun tomando en consideración la demanda máxima alcanzada para dichos procesos, lo cual está generando mayores gastos por temas de mantenimiento, depreciación y espacio físico. Por el contrario, las dos máquinas CNC en buen estado han incurrido en horas extras, incluso se ha requerido de un doble turno para cubrir la demanda; lo cual, sin duda alguna, permite identificar la necesidad existente de comprar equipo adicional para el proceso de fresado CNC y, por otro lado, prescindir de aquellas máquinas que no aportan valor a la organización. Así mismo, en caso de que se tenga un pico de demanda inesperado, sigue siendo menos costoso incurrir en horas extra que hacer frente a los gastos asociados al equipo en desuso.

Por otra parte, mediante el cálculo de los costos realizado es evidente que la empresa no ha alcanzado la utilidad ni el costo esperado, dado que, según la gerencia, del precio de \$30 que se tiene, se pretende que el costo no supere el 75% de ese valor, es decir, un máximo de \$22.50; sin embargo, el costo neto promedio supera el precio actual, dejando una pérdida cercana a los \$12.14 dólares por hora laborada. En esta misma línea, se está muy lejos de la utilidad mínima por hora que espera PTS, en relación con el 25% de los \$30, es decir, \$7.50 por hora cotizada.

Con base en lo recién mencionado, se debe de considerar que la empresa tiene un precio fijo para todos los procesos, independientemente de la máquina que se necesite o el tipo de procedimiento involucrado; no obstante, mediante los costos calculados se evidencia que cada proceso tiene un costo distinto y, por ende, debe tener un precio diferente, principalmente el proceso de fresado CNC, el cual involucra un mayor costo debido a la maquinaria y el recurso humano altamente capacitado que requiere, a diferencia de otros más físicos o manuales como es el caso de acrílico.

Al estudiar la estructura del gasto de la empresa, se observa que los gastos por planilla administrativa representan un 23.06% de las ventas totales, este gasto tiene mayor impacto incluso que la planilla productiva, la cual abarca el 21.01% de las ventas. Dado lo anterior, el gasto que representa un mayor impacto y que eleva el costo de la hora por proceso es el de la planilla administrativa, esto refleja la necesidad de que la gerencia considere si realmente todo el personal administrativo es estrictamente necesario para llevar a cabo los procesos de la empresa o si por el contrario existe duplicidad de funciones o tiempo ocioso en algunos casos.

En cuanto al método actual de estimación de tiempos se demuestra que durante el periodo de análisis ha existido una diferencia considerable entre los tiempos cotizado, estimado y real, lo cual incide directamente en el precio mostrado en las órdenes de venta, algunas a favor y otras en contra. En 311 registros de los 509 en total se cotiza una mayor cantidad de horas de las requeridas, lo cual puede implicar un riesgo relacionado con la pérdida de ventas debido a precios no competitivos en el mercado o inclusive puede ocasionar una sobrestimación de la capacidad necesaria en la planta generando la posibilidad de tomar decisiones erróneas, como por ejemplo incurrir en horas extra o en turnos adicionales. Por otro lado, en 196 registros se cotiza un tiempo inferior al requerido, por ende, la rentabilidad del negocio se ve afectada. Es decir, solamente en 2 de los 509 registros evaluados la empresa es capaz de estimar con precisión el tiempo necesario.

En relación con el proceso, la complejidad y el material para las órdenes registradas históricamente, luego de conocer el comportamiento entre estas variables y su respectivo tiempo real, se identifica que los diferentes niveles de los factores no poseen la misma cantidad de entradas, así mismo, difiere la manera en que se distribuyen los registros entre una variable y otra.

2.8. Oportunidades de mejora

- a. Al identificar que la organización no cuenta con trazabilidad suficiente en la clasificación de costos y gastos al documentarse de forma limitada se propone estandarizar las cuentas en las que deben ser asignadas y eliminar la opción de la cuenta general para poder tener información suficiente para la toma de decisiones.
- b. La gestión de mantenimiento es un tema vital en la prestación de servicios de manufactura puesto que el tiempo de inactividad es costoso para la organización, por lo que se propone el uso de herramientas de registro de los mantenimientos efectuados, considerando el tipo de maquinaria y el tiempo que es utilizada.
- c. Dados los resultados del proceso actual de cotización es recomendable estandarizar la actividad relacionada con el cálculo del costo y precio, no se debe basar únicamente en el criterio experto, sino que se debe de traducir estos criterios en una serie de factores bien

definidos para que sea posible la capacitación de más personal que pueda realizar esta función sin necesidad de años de experiencia.

- d. Una herramienta capaz de cuantificar el precio de un trabajo según especificaciones del cliente también podría reducir el tiempo involucrado en la actividad y de esta forma sopesar el cuello de botella existente.
- e. Al hacer uso de una herramienta que permita determinar de manera precisa el tiempo estimado, se podría prescindir del tiempo cotizado, pues no habría necesidad de que la duración utilizada por el departamento de ventas sea diferente a la que sirve de referencia para los operarios en producción.
- f. Con el sistema de costeo multivariable propuesto, el jefe del departamento de producción podría enfocar su tiempo laboral en actividades propias de su puesto. Al 2022, se destinan 1.50 horas al día para calcular el tiempo estimado (7.50 horas a la semana), por lo que al omitir esta tarea se podría incrementar el desempeño de las personas a su cargo.
- g. Al implementar la herramienta de costeo, el personal de ventas podría disminuir el tiempo que tarda en realizar las cotizaciones y, de este modo, el cuello de botella no sería más un problema, ya que se podría dar abasto con la demanda de este proceso.
- h. En este momento no es posible definir el costo de una orden de trabajo, ya que se cobra el mismo monto sin considerar los factores particulares de cada componente. En caso de contar con un mecanismo que permita desglosar los costos directos e indirectos de cada pedido, se podría no sólo definir el margen de ganancia, sino que también sería posible mejorar la exactitud de la estimación de costeo, modificando los coeficientes en función de los valores reales.
- i. Según el costo obtenido, la empresa debe de replantear sus costos y su presupuesto mensual; así mismo se recomienda fijar precios distintos para cada proceso que contemplen el costo real y el porcentaje de utilidad requerido.

Capítulo 3. Diseño

3.1. Objetivos del diseño

Seguidamente, se muestra el objetivo general y los objetivos específicos del diseño.

3.1.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de costeo multivariable que contemple los procesos y los factores más relevantes, para estimar el tiempo y determinar el costo que supondría elaborar una solicitud de un cliente.

3.1.2. Objetivos específicos

- a. Establecer un método que tenga la capacidad de obtener una aproximación práctica de la duración en cada uno de los procesos de un determinado artículo, el cual pueda ser utilizado tanto por el personal de ventas como de producción.
- b. Plantear un procedimiento con el cual se pueda definir tanto el costo como el precio de un pedido de trabajo, en el que exista una relación directa con el tiempo por proceso.
- c. Proponer indicadores que sirvan de referencia para evaluar la calidad del gasto, con base en datos de una empresa líder en el sector.
- d. Crear una herramienta digital, programada en el software Excel, que permita agilizar el proceso de cotización, haciendo uso de cálculos y coeficientes previamente definidos.

3.2. Método propuesto de estimación de tiempos

Tal como lo dice su nombre, en la fase de diseño se pretende diseñar métodos y/o procedimientos que respondan a las oportunidades de mejora identificadas en la etapa anterior. Para obtener la herramienta de cotización planteada es necesario contar con diversos mecanismos, en los cuales las salidas de unos corresponden a las entradas de otros. Con base en dicha perspectiva se inicia esta etapa con el primero de esos mecanismos, en el orden lógico para el correcto funcionamiento del sistema de costeo.

Según Carballo Barcos y Guelmes Valdés (2016), las variables son características o propiedades, ya sea cualitativas o cuantitativas, de un objeto o proceso en estudio; así también afirman que la determinación de las variables de forma inadecuada podría desencadenar en imprecisiones en la medición o resultados inválidos. Dado lo anterior, se procede a seguir una serie de indicaciones que dichos autores recomiendan para operacionalizar las variables, es decir, pasar de un concepto abstracto a un factor concreto y medible.

Para ello, se debe identificar las variables del estudio y conceptualizarlas de manera teórica, como paso siguiente es necesario operacionalizar aquellas variables empíricas para finalmente elaborar escalas de medición. Aplicando este procedimiento se identifican tres variables que guardan relación con el proceso de cotización: proceso, complejidad y material, cuyo comportamiento con las órdenes se detalla en el Apartado 2.6.

Una vez habiendo definido las variables, la propuesta para la estimación de tiempos consiste en tomar en cuenta la mediana de las tres variables que se encuentran relacionadas con cada entrada en la base de datos derivada del muestreo, esto debido a que la duración de las órdenes es en su mayoría de pocas horas; no obstante, se presentan algunas excepciones con tiempos abultados, como se puede ver en los histogramas donde predomina una asimetría positiva, es decir, un gran porcentaje de los valores se concentran al lado izquierdo en los gráficos. A continuación (Figura 14, Figura 15 y Figura 16), se muestran los histogramas de las tres variables en todos sus niveles, esto con el objetivo de validar las afirmaciones anteriores.

Figura 14

Histogramas del tiempo real según proceso

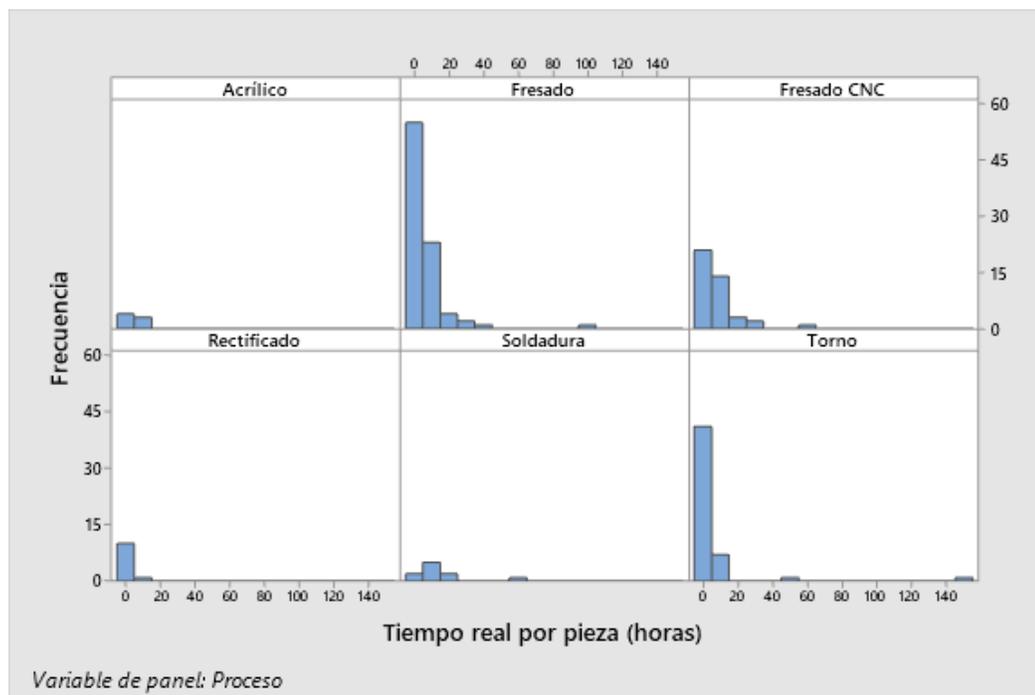


Figura 15

Histogramas del tiempo real según complejidad

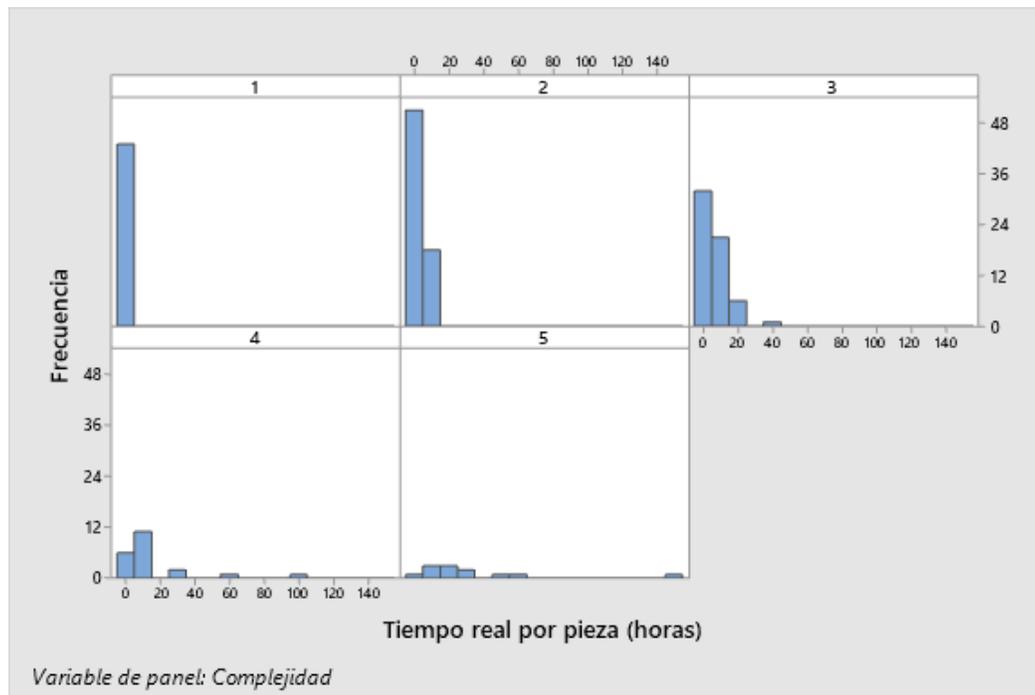
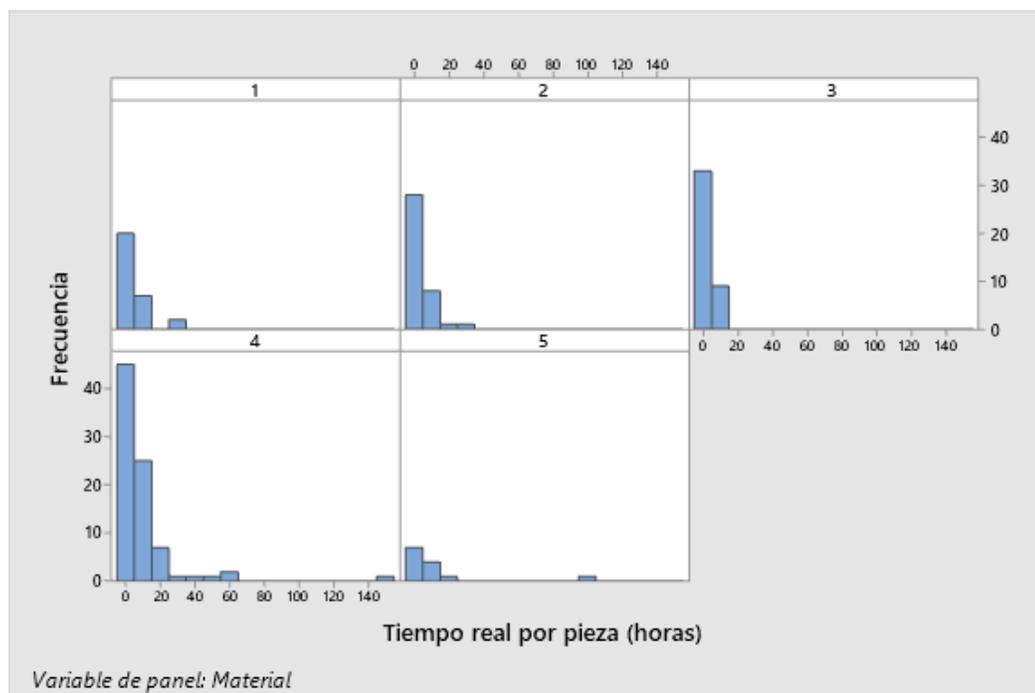


Figura 16

Histogramas del tiempo real según material



Retomando la propuesta, se procede a definir la mediana para cada una de las categorías dentro de las tres variables, lo cual permite observar que el tiempo tiende a variar dependiendo del proceso, complejidad y material; esto se visualiza en la Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39 respectivamente.

Cabe destacar que al utilizar la mediana se dejan de lado las observaciones que se encuentran en la cola derecha, es decir, aquellas con valores muy altos, por lo que debe quedar claro que de funcionar este método aplicaría para los registros de la izquierda, los cuales son mayoría, debido a que la distribución de los datos presenta una asimetría positiva.

Tabla 37

Mediana del tiempo real por pieza según proceso

Proceso	Mediana tiempo real (horas)
Acrílico	3.50
Fresado convencional	3.23
Fresado CNC	4.75
Rectificado	2.29
Soldadura	7.54
Torno	1.48

Tabla 38

Mediana del tiempo real por pieza según complejidad

Complejidad	Mediana tiempo real (horas)
1	0.86
2	2.50
3	4.51
4	6.25
5	22.00

Tabla 39

Mediana del tiempo real por pieza según material

Material	Mediana tiempo real (horas)
1	2.69
2	2.04
3	1.80
4	4.00
5	3.94

Con el propósito de contemplar estas tres variables para aproximar la duración de las órdenes futuras se plantea que en cada solicitud se ingrese la complejidad y el tipo de material de cada uno de los componentes, esto para todos los procesos que requiera una pieza. Se procura que se haga uso del

promedio ponderado de los valores de las tres tablas anteriores con base en las características propias de cada pieza, logrando así un tiempo de referencia que puede ser utilizado por el personal encargado de generar las cotizaciones. Los valores posibles se presentan en la Tabla 40.

Tabla 40

Tiempo real sugerido por pieza según sus características en horas

Complejidad	Material	Proceso					
		Acrílico	Fresado convencional	Fresado CNC	Rectificado	Soldadura	Torno
1	1	2.35	2.26	2.77	1.95	3.70	1.68
	2	2.13	2.04	2.55	1.73	3.48	1.46
	3	2.05	1.96	2.47	1.65	3.40	1.38
	4	2.79	2.70	3.20	2.38	4.13	2.11
	5	2.77	2.68	3.18	2.36	4.11	2.09
2	1	2.90	2.81	3.31	2.49	4.25	2.22
	2	2.68	2.59	3.10	2.28	4.03	2.01
	3	2.60	2.51	3.02	2.20	3.95	1.92
	4	3.33	3.24	3.75	2.93	4.68	2.66
	5	3.31	3.22	3.73	2.91	4.66	2.64
3	1	3.57	3.48	3.98	3.16	4.91	2.89
	2	3.35	3.26	3.77	2.95	4.70	2.68
	3	3.27	3.18	3.68	2.86	4.61	2.59
	4	4.00	3.91	4.42	3.60	5.35	3.33
	5	3.98	3.89	4.40	3.58	5.33	3.31
4	1	4.15	4.06	4.56	3.74	5.50	3.47
	2	3.93	3.84	4.35	3.53	5.28	3.26
	3	3.85	3.76	4.27	3.45	5.20	3.17
	4	4.58	4.49	5.00	4.18	5.93	3.91
	5	4.56	4.47	4.98	4.16	5.91	3.89
5	1	9.40	9.31	9.81	8.99	10.75	8.72
	2	9.18	9.09	9.60	8.78	10.53	8.51
	3	9.10	9.01	9.52	8.70	10.45	8.42
	4	9.83	9.74	10.25	9.43	11.18	9.16
	5	9.81	9.72	10.23	9.41	11.16	9.14

Se debe aclarar que este tiempo no pretende ser invariable, ya que puede ser modificado según su criterio por el personal de la empresa. Los valores de la tabla son una guía que puede ser consultada si se consideran las variables que la generan; no obstante, algunas circunstancias no tan usuales en PTS como lo son la producción en serie (una gran cantidad de piezas iguales manufacturadas una tras otra) podrían disminuir de manera considerable la duración de cada pieza.

Este método presenta la ventaja de que resulta muy sencillo de actualizar en un futuro, lo cual corresponde a una de las características buscadas por el personal de PTS, pues luego de que se realice la validación del procedimiento propuesto, de ser satisfactorio, es pertinente modificar los valores cada cierto tiempo, en función de las variables y duración de las nuevas órdenes.

Así mismo, cabe recordar que al tiempo estimado para todos los procesos según el método propuesto es necesario añadirle un 1.05%, valor que se explica en el apartado de capacidad instalada y producto de las tareas de corte, las cuales no se consideran un proceso, pero son requeridas en todas las órdenes de trabajo. Este porcentaje se debe agregar antes de realizar el cálculo del precio, pues este último tiene una relación directa con el número de horas por proceso.

Cabe destacar que al tratarse el proyecto de un sistema de costeo y tomando en cuenta que el tiempo estimado tiene relación con el costo de los componentes, las variables (proceso, material y complejidad) se conocen como generadores del costo, los cuales son los factores causales que se utilizan en la estimación del costo (Blocher et al., 2008). Así bien, estos autores afirman que su correcta identificación es el paso más importante para lograr una buena precisión y exactitud en los cálculos derivados de su uso.

3.3. Cálculo del costo y precio de una cotización

En relación con los pedidos que van a requerir servicio externo, se toma de referencia el registro histórico de órdenes en el periodo delimitado, conformado por 509 de ellas, donde se pudo constatar que en 35 de estas órdenes (6.88%) es requerido su uso.

El costo de dichas órdenes, según los \$42.14 por hora laborada, es de \$33 810.32; no obstante, lo que se paga durante esos 12 meses debido a la subcontratación de servicios externos corresponde a \$64 279.11, esta diferencia se debe a que el porcentaje asociado a esa actividad (9.86%) que es tomado en cuenta para calcular el costo neto promedio por hora en la fase de diagnóstico se diluye entre el total de órdenes; no obstante, si se desea conocer el porcentaje que debe ser cargado a las solicitudes que incluyan servicio externo se debe calcular la relación entre dicho rubro y el costo debido a los procesos, dando como resultado 206.12%, cifra que debe ser agregada al costo proveniente de las horas cotizadas.

Esta cifra es considerablemente elevada debido a que se divide el total de gastos en servicio externo del periodo en cuestión entre la cantidad de órdenes registradas con servicio externo en el sistema, dado que el registro de servicio externo no es usual en el periodo estudiado, existe la posibilidad de que en una mayor cantidad de órdenes durante ese lapso se debería haber especificado el uso de servicio externo.

Cabe destacar que algunas órdenes cuentan con dos o más planos, donde los procesos requeridos, el material y el nivel de complejidad de la pieza presente en cada uno de ellos pueden variar entre sí, en estos casos, se debe tratar cada plano como una cotización independiente, en la cual el valor obtenido contribuye al costo total de la orden como la suma del conjunto de todos los componentes.

Por lo anterior, al recibir una solicitud esta debe ser desagregada según la cantidad de planos a trabajar. Cada uno de estos planos se divide por proceso y a su vez se contempla el porcentaje de

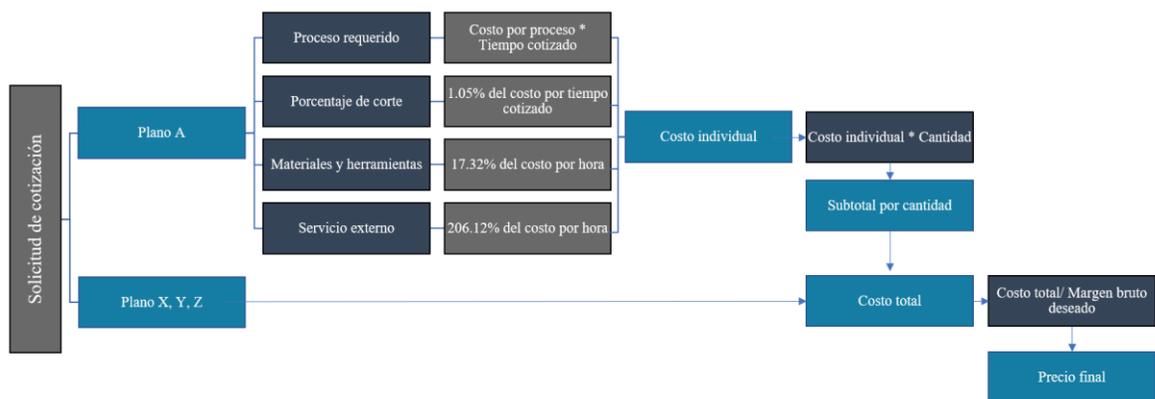
corte asociado, esto es descrito en el apartado anterior. Posterior a eso, es necesario realizar la multiplicación entre el costo de estos procesos con el tiempo en horas de su utilización.

Además, se considera el uso de los materiales y las herramientas por medio de un prorratio del 17.32% del costo por hora asociado y en caso de que sea necesario el uso del servicio externo este va a ser considerado con un costo de 206.12% por sobre el costo de la hora. Así, el subtotal de la solicitud va a ser el costo individual segregado por plano, posterior a una multiplicación según la cantidad de unidades necesarias por plano siendo así el subtotal del costo por cantidad.

Luego de esto se calcula el costo total como la suma de los costos de todos los planos ya multiplicados según cantidad. No se debe olvidar que el cálculo realizado es de costos, por lo que se debe incluir el porcentaje de utilidad que se quiere para esa solicitud, por lo que se divide el costo total entre el margen bruto deseado para así calcular el precio final de la solicitud descrita. Lo anterior se resume en la Figura 17.

Figura 17

Método propuesto de cotización



3.4. Indicadores financieros de referencia

Con afán de conocer la posición en temas financieros de PTS en el mercado de la metalmecánica es que se pretende realizar un benchmarking, el cual es la comparación de la empresa con las mejores prácticas de la industria, ya sea con la competencia o con las compañías líderes del segmento de mercado para guiar hacia donde se debe dirigir la organización. Así, se buscan empresas del mismo sector en Costa Rica que compartan la información financiera para realizar esta comparación, pero no es posible obtener estos datos por temas de confidencialidad y que no son encontradas con acceso al público en bibliotecas físicas o virtuales.

Por lo anterior, se realiza una búsqueda en la web para identificar empresas de metalmecánica del sector latinoamericano que compartan esta información y permitan realizar un benchmarking de los índices financieros, con lo cual se realiza esta comparación con Grupo Collado S. A. de C. V.,

empresa líder en distribución de acero en México. Esta organización comienza en 1949 con la fundación de una empresa pequeña de venta de celosías y para 1967 cuenta con una empresa filial de venta, compra y distribución de tuberías de acero; desde ese año se ha ido consolidando con la creación y adquisición de distintas empresas dedicadas a la comercialización y transformación del acero (Grupo Collado, s. f.).

La visión de Grupo Collado (s. f.) es:

“Ser la empresa líder de soluciones integrales en acero y otros productos metálicos en México, a través de procesos eficientes y servicios innovadores que generen mayor valor agregado para nuestros clientes, así como un sentido de pertenencia de nuestra gente, creando valor económico para nuestros accionistas, siendo socialmente responsables y promoviendo el cuidado del medio ambiente”.

Al realizar la comparación entre las organizaciones PTS y Grupo Collado para el periodo que comprende de julio 2021 a junio 2022, es posible identificar el buen manejo financiero con el que cuenta PTS para alinearse con los mejores de la región latinoamericana en temas de los indicadores financieros analizados en la etapa de diagnóstico, y cuyas fórmulas se describen en el Apéndice 9, como se observa en la Tabla 37. Se debe aclarar que los valores para PTS se convierten de colones a dólares con un tipo de cambio de 646.74 colones por cada dólar, mientras que para el caso de Grupo Collado la conversión de pesos mexicanos a dólares se realiza tomando en cuenta que 20.00 pesos mexicanos equivalen a un dólar. Estos tipos de cambio corresponden al promedio de los datos para el periodo indicado.

De forma general, los indicadores de liquidez permiten conocer la capacidad que tienen las empresas de generar dinero líquido según la solvencia financiera y los recursos que posee la organización.

El capital de trabajo neto detalla si la organización tiene la disponibilidad de recursos en el corto plazo para desarrollar sus actividades. Para este indicador se busca un valor superior a cero para demostrar que la empresa cuenta con los recursos propios para garantizar su operación en el corto plazo, manteniendo las operaciones y cubriendo las obligaciones financieras. Según lo anterior, tanto para PTS como para Grupo Collado se puede concluir que ambas empresas cuentan con la suficiente disponibilidad de recursos para desarrollar sus actividades en el corto plazo y la diferencia se puede deber al tamaño de las organizaciones y el tiempo en el mercado.

La razón corriente permite conocer la cantidad de recursos de corto plazo en unidades monetarias con las que cuenta una organización según la cantidad de deudas que deben ser cubiertas en corto plazo, de igual forma, en unidades monetarias. Se busca que la razón corriente sea superior a 1 para garantizar la capacidad de cobertura de las deudas al contar con mayor cantidad de recursos para solventarlas. Para este punto es posible identificar que tanto para Grupo Collado como PTS se cuenta con la suficiente capacidad de cobertura y no tiene una sobreacumulación de efectivo, por lo cual puede cubrir sus obligaciones financieras.

En el caso de los indicadores de rentabilidad estos permiten cuantificar la capacidad que tiene la organización de generar ganancias y rendimientos a los inversores según los activos con los que

cuentan, es decir, es posible observar cómo se están generando los retornos según cómo se ha invertido.

En el caso del retorno sobre los activos se refiere a los beneficios que se han obtenido al haber invertido en capital, es decir, en activos, para considerar que una empresa es rentable este indicador debe superar el 5%. Por lo anterior, Grupo Collado se identifica como una empresa rentable con un 9%, pero aún más en el caso de PTS, con un 14.12% indica que la financiación de un activo con una deuda ha producido crecimiento en la rentabilidad de las finanzas de la organización.

Otro indicador es la rentabilidad sobre el patrimonio, la cual detalla el beneficio operacional que da la organización a los inversores según el capital que han invertido sobre esta. Para este indicador se busca contar con valores positivos para que exista retorno o ganancia por parte de los inversionistas y a nivel de la organización es necesario contar con un buen retorno para que los inversionistas quieran seguir invirtiendo y también para que lleguen nuevos inversores.

En este caso, ambas organizaciones cuentan con valores positivos, pero en el caso del Grupo Collado este cuenta con un 25.37% de rentabilidad sobre el patrimonio, mientras que PTS cuenta con un 21.36%, lo anterior detalla que a nivel de ventaja competitiva un nuevo inversor preferiría invertir en Grupo Collado sobre PTS, por lo que PTS debe realizar mejoras para aumentar su rentabilidad como es el caso de aumentar las ventas, por medio de la apertura de los productos, opciones a nivel comercial y promociones; reducir los costos indirectos de producción, por ejemplo, con la disminución de gastos administrativos; a su vez, no es aconsejable aumentar los precios por temas de ventaja competitiva en el mercado actual.

Así mismo, en los indicadores de endeudamiento permiten conocer el grado de obligaciones financieras con el que cuenta una organización, ya sea si el financiamiento es interno o externo basado en los socios o acreedores, respectivamente.

El primer indicador de endeudamiento en estudio es el nivel de endeudamiento, el cual detalla la proporción de capital que es costeada por terceros en comparación con los accionistas, se considera un nivel óptimo entre 0.40 y 0.70. Para este caso, PTS cuenta con un nivel de endeudamiento de 34% lo que indica que la organización cuenta con capital ocioso, esto quiere decir, que tiene la posibilidad de inversión para mejorar la rentabilidad y no perder su dinero por efectos de la inflación.

El segundo indicador en estudio es el impacto de la carga financiera, el cual indica el peso que toman los gastos financieros sobre los ingresos de operación. La recomendación es que este impacto sea inferior al 10% para que los gastos financieros puedan ser pagados con el margen operacional de la organización. Para este indicador, ambas empresas cuentan con valores que rondan el 1.50%, por lo que se considera que cuentan con un impacto óptimo sobre la carga financiera.

El tercer indicador de endeudamiento es la cobertura de intereses, entre mayor es este indicador para la organización mejor se considera, al contar con una alta capacidad de reembolso de los préstamos. En el caso de Grupo Collado, este puede cubrir 5.25 veces los intereses pagados utilizando la utilidad operativa, es decir, no tendrá inconveniente en cubrir los intereses de sus deudas. Por otro lado, en el caso de PTS, esta puede cubrir los intereses en 10.78 veces, por lo que no cuenta con problemas de

cobertura de intereses. Así, comparando la cobertura de intereses, aunque ambos cuentan con buenos indicadores, PTS cuenta con mayor capacidad de endeudamiento que el Grupo Collado.

Por último, el endeudamiento a corto plazo indica cómo el capital de terceros sostiene los activos de la organización en el corto plazo, es decir, detalla cómo se da la financiación de la deuda en afán de no incurrir en riesgos financieros por contar con un vencimiento corriente inferior a un año. Este indicador va de la mano con la liquidez de la organización, donde valores óptimos se encuentran inferior al 50% para que sea posible hacerle frente a la estructura de capital. En el caso de PTS, de cada unidad financiera 0.18 unidades serán canceladas en un año.

Basado en la comparación de los indicadores financieros entre PTS y Grupo Collado, PTS se encuentra en una excelente posición a nivel financieros inclusive por sobre Grupo Collado en algunos indicadores a pesar del tamaño de la organización y del tiempo en que se encuentra en el mercado. En el único tema que PTS debería mejorar se encuentra la rentabilidad sobre el patrimonio, donde a pesar de que se encuentra en los niveles recomendados, para que se encuentre en mejor posición que Grupo Collado necesitaría aumentar ventas o reducir costos indirectos de producción como es el caso de los gastos administrativos que se han mencionado con anterioridad. Esta comparación se presenta en la Tabla 41.

Tabla 41

Diferencia de los indicadores financieros de las organizaciones en el periodo en estudio

Indicador	PTS	Grupo Collado
Liquidez		
Capital de trabajo neto	\$ 508 926.66	\$ 56 500 000.00
Razón corriente	\$ 9.36	\$ 1.31
Rentabilidad		
Retorno sobre los activos	14.12%	8.55%
Rentabilidad sobre el patrimonio	21.36%	25.37%
Endeudamiento		
Nivel de endeudamiento	0.34	0.66
Impacto de la carga financiera	1.41%	1.52%
Cobertura de intereses	10.78	5.25
Endeudamiento a corto plazo	17.66%	76.60%

Otra de las posibles comparaciones entre las organizaciones es haciendo uso de los márgenes bruto, operativo y neto para el periodo en estudio, como se observa en la Tabla 42.

El margen bruto permite cuantificar la existencia de ingresos a pesar de los gastos en los que se incurre por realizar el servicio y manufactura de los productos, por lo que, entre mayor es el porcentaje de margen, más eficaz es la organización en generar ingresos. Para el caso en estudio, PTS cuenta con un margen bruto del 56.87% lo cual indica que, para el periodo en estudio 0.57 unidades de ingresos son ganancia para la organización, siendo valores muy positivos para los inversores, ya que se podría creer que el dinero se está utilizando de forma eficiente.

Así mismo, el margen operativo se refiere al porcentaje sobre los ingresos totales por ventas, al restar los gastos generales y operativos antes de descontar impuestos e intereses. Entre mayor sea el porcentaje, mejor es la salud financiera de la empresa. En el caso de PTS este cuenta con 15.17%, lo que muestra que la organización cuenta con flexibilidad para sobrellevar situaciones inesperadas que pudieran desestabilizar su funcionamiento.

Por último, el margen neto es el beneficio que se obtiene después de haber pagado todos los gastos, indicando así que por cada unidad monetaria vendida se genera esa cantidad de dinero. Así, en el caso de PTS, por cada colón vendido se generan 0.15 colones de beneficio y en el caso del Grupo Collado, por cada peso vendido se generan 0.04 pesos de beneficio, visto en porcentajes es una comparación de 14.59% a 4.53%, concluyendo que PTS cuenta con un mayor beneficio luego del pago de gastos, lo que puede llevar a una mayor ventaja competitiva en temas de selección por parte de los inversionistas.

No se puede dejar de lado que la diferencia existente entre las organizaciones también se puede deber a que quién incurre en un mayor costo es Grupo Collado, porque cuenta con distintos puntos de manufactura y centros de distribución y con esto, mayor maquinaria, mayor uso de materias primas y herramientas, las cuales llegan a depreciarse y a implicar un mayor costo logístico por la distancia entre los puntos.

Tabla 42

Indicadores financieros según ventas

Indicador	PTS	Grupo Collado
Margen bruto	56.87%	22.88%
Margen operativo	15.17%	8.09%
Margen neto	14.59%	4.53%

De forma general, se puede identificar en el caso de PTS que la diferencia entre el margen bruto y el margen operativo es de alrededor de un 41.70%, lo que muestra que se necesitan realizar mejoras en temas de reducción de gastos generales y operativos, como es el caso de los gastos en planilla administrativa y sus tareas y actividades que no brindan valor agregado a la organización. Además, la diferencia presentada entre el margen operativo y margen neto es de 0.58%, lo que indica que la empresa se encuentra saludable en temas de pago de impuestos e intereses mostrando un manejo eficiente de los gastos.

3.5. Herramienta para el sistema de costeo multivariable

La herramienta desarrollada se realiza utilizando los resultados obtenidos a partir del muestreo de los 205 planos, mediante el estudio de las características y tiempos invertidos en cada uno se logra estandarizar el tiempo sugerido dependiendo del tipo de proceso, complejidad del plano, tipo de material y tipo de máquina involucrada. Dicha herramienta se desarrolla en Microsoft Excel, utilizando la programación de Macros en Visual Basic para automatizar los cálculos y la construcción final de la cotización.

Cabe recalcar que en el libro de Excel utilizado se incorporan dos segmentos que forman parte del núcleo de la herramienta, en el primero de ellos se añade la información necesaria que se utiliza para llegar al costo por hora de cada proceso, esta sección se incorpora con la finalidad de que la herramienta pueda adaptarse a los cambios constantes en la situación financiera, su flexibilidad permite que el estado de resultados pueda ser variable, al igual que los costos por maquinaria y mano de obra directa.

Por otro lado, el segundo fragmento incluido corresponde al cálculo de tiempos estimados por proceso, de forma tal que se haga referencia propiamente a la base de datos con el objetivo de encontrar el valor correspondiente. Además, si en un futuro la empresa ejecutara nuevamente el muestreo con el fin de actualizar los datos puede colocarlos en la matriz y la herramienta sigue siendo funcional.

Aunado a ya lo mencionado, el instrumento en cuestión posee tres pestañas principales, que son aquellas que deben de ser utilizadas por las personas encargadas de llevar a cabo las cotizaciones. En la primera pestaña denominada “Cotizador” se ingresan los datos necesarios para calcular el tiempo estimado por proceso, los servicios adicionales requeridos y finalmente el monto destinado a materiales y herramientas. Esta pestaña se muestra en la Figura 18, en la cual se completan los procesos de maquinado y posteriormente en la Figura 19 se tiene la segunda fase de completar correspondiente a los procesos adicionales materiales y herramienta.

Figura 18

Cotización de un ítem de una orden de trabajo (procesos de maquinado)

Datos Generales de la Cotización				
Ítem	TLT001			
Proceso de Maquinado				
Cantidad de piezas	3			
	Proceso	Complejidad	Tipo de Material	
Proceso de maquinado #1	Acrílico	5	2	
Proceso de maquinado #2	Fresado	2	1	
Proceso de maquinado #3				
Proceso de maquinado #4				
Proceso de maquinado #5				
Proceso de maquinado #6				

Añadir Otro Ítem



Calcular Tiempo



Figura 19

Cotización de un ítem de una orden de trabajo (procesos adicionales, materiales y herramientas)

Procesos Adicionales			
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere programación CNC?			
Horas de programación CNC	<input type="text" value="2"/>		
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere diseño de planos?			
Servicio Externo			
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conlleva servicio externo?			
<input type="checkbox"/> ¿Conoce el costo del servicio externo?	<table border="1"> <tr> <td><input type="text" value="206%"/></td> <td>Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a servicio externo</td> </tr> </table>	<input type="text" value="206%"/>	Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a servicio externo
<input type="text" value="206%"/>	Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a servicio externo		
Materiales/Herramientas/Accesorios			
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conoce el costo de materiales y/o herramientas?	<table border="1"> <tr> <td><input type="text" value="17%"/></td> <td>Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a materiales y herramientas</td> </tr> </table>	<input type="text" value="17%"/>	Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a materiales y herramientas
<input type="text" value="17%"/>	Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a materiales y herramientas		
Digite el monto de materiales y/o herramientas	<input type="text" value="\$ 150.00"/>		



Así mismo, una vez lista esta información se agrega automáticamente a una hoja denominada “Desglose”, en esta se aprecia en cada línea el costo por cada proceso interno, externo y el costo asociado a materiales y herramientas. Si el trabajo en cuestión involucra más de un plano se debe llenar la pestaña “Cotizador” tantas veces como sea necesario; se recomienda que esta se complete una vez por cada plano, es decir, cada vez que se añada un ítem, de esta manera todos los componentes serán agregados de forma individual al desglose, sin perder la información del ítem anterior. Además, en esta pestaña es posible modificar algunas variables como lo son el descuento, el margen de utilidad y el impuesto asociado. En la Figura 20 se muestra detalladamente la forma en la cual se presenta la información en la hoja de desglose.

Figura 20

Desglose asociado a los ítems de una orden de trabajo

Cliente	Cliente A	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Costo Total</td> <td>\$ 4 223.58</td> </tr> <tr> <td>Margen de Utilidad</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Descuento</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Sub Total</td> <td>\$ 6 497.82</td> </tr> <tr> <td>Impuesto</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>\$ 6 497.82</td> </tr> </table>	Costo Total	\$ 4 223.58	Margen de Utilidad	25%	Descuento	10%	Sub Total	\$ 6 497.82	Impuesto	0%	Total	\$ 6 497.82
Costo Total	\$ 4 223.58													
Margen de Utilidad	25%													
Descuento	10%													
Sub Total	\$ 6 497.82													
Impuesto	0%													
Total	\$ 6 497.82													
Código de Cliente	A													
Código de Trato	T-0120													
Número de Cotización	C-0120													



Ítem	Proceso	Cantidad de Horas	Costo por Hora	Costo Total
TLT001	Acrílico	28.09	\$ 29.66	\$ 833.11
TLT001	Fresado	8.59	\$ 25.35	\$ 217.79
TLT001	Programación CNC	2.00	\$ 8.00	\$ 16.01
TLT001	Diseño	3.00	\$ 6.86	\$ 20.58
TLT001	Servicio Externo	1.00	\$ 2 166.12	\$ 2 166.12
TLT001	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
TLT002	Fresado	9.97	\$ 25.35	\$ 252.76
TLT002	Torno	8.14	\$ 37.89	\$ 308.36
TLT002	Rectificado	5.96	\$ 19.04	\$ 113.44
TLT002	Programación CNC	1.00	\$ 8.00	\$ 8.00
TLT002	Diseño	3.00	\$ 6.86	\$ 20.58
TLT002	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 116.83	\$ 116.83

Por otro lado, cuando en la pestaña de desglose se encuentre la cantidad de ítems con sus respectivos procesos, tiempos y costos, esta información se añadirá a la hoja llamada “Cotización” como un machote similar al que se debe enviar al cliente. La razón de esta hoja es mostrar únicamente los datos que son de relevancia para este último, suprimiendo detalles confidenciales como el porcentaje de utilidad y los tiempos involucrados por proceso. Los detalles que se muestran en la cotización se pueden observar en la Figura 21.

Figura 21

Estructura de la cotización para ser enviada al cliente

Ítem	Cantidad de Unidades	Costo Unitario	Costo Total
TLT001	3.00	\$ 1 134.54	\$ 3 403.62
TLT002	3.00	\$ 273.32	\$ 819.97
Costo Total		\$ 4 223.58	
Utilidad		25.00%	
Descuento		10.00%	
Subtotal		\$ 6 497.82	
Impuesto		0.00%	
Total		\$ 6 497.82	

Limpiar Datos



Finalmente, una vez finalizado el formato en el cual se presenta la información al cliente, la persona encargada debe pasar esta información al sistema para que la transacción quede registrada y se le pueda dar la trazabilidad necesaria en caso de que el cliente la apruebe. Cabe destacar que la herramienta brinda a partir de los tiempos estimados una cotización sugerida; sin embargo, puede ser modificada en caso de ser necesario.

Con el fin de brindar una capacitación completa a la empresa Precision Tech Services, se realiza una reunión para explicar detalladamente el funcionamiento del proceso de costeo y cotización que se propone mediante el instrumento desarrollado. Así mismo, se complementa con un manual de usuario brindado con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje, este se compone de una serie de pasos necesarios para utilizar de forma correcta la herramienta con sus respectivas imágenes que permiten identificar de una manera más intuitiva cada paso. Para mayor detalle del manual de usuario se recomienda consultar el Apéndice 9.

3.6. Conclusiones del diseño

Mediante el método propuesto de estimación de tiempos se logra estandarizar el proceso de estimación de tiempos, lo cual anteriormente se realizaba mediante criterio experto. Además de dejar en claro los criterios de material y complejidad que se van a tomar en consideración para precisar el tiempo requerido en futuros pedidos se logra establecer de manera contundente lo que se debe de evaluar en cada cotización, es decir, se elimina el carácter subjetivo de quien efectúe la cotización; de igual manera, el hecho de contar con esta información por escrito facilita la comprensión de la herramienta, al disminuir la curva de aprendizaje, y permite que el proceso de efectuar las cotizaciones bajo este nuevo mecanismo presente la menor cantidad de obstáculos.

Así mismo, mediante la herramienta el usuario se ve obligado a desglosar cada componente o plano de la cotización, lo cual aumenta la precisión en el tiempo cotizado, es decir no se generaliza el pedido completo, sino que se subdivide en componentes que tienen distintos requerimientos y por ende implican tiempos por proceso diferentes. Dichos resultados, según la contraparte, permiten disminuir el cuello de botella debido a que es más sencillo capacitar al personal para que pueda realizar esta actividad sin que requiera años de experiencia para poder conocer los criterios que deben de ser tomados en cuenta para realizar cotizaciones, lo anterior también permite que el recurso humano especializado se pueda enfocar en otras funciones que aporten más valor a la empresa y delegue el proceso de cotización a personal menos costoso.

Parte del método diseñado pretende estructurar mediante un orden lógico el proceso de cotización, partiendo de los procesos de maquinado que se realizan de forma interna, posteriormente se toma en consideración los procesos relacionados a diseño de planos y programación de CNC (lo cual anteriormente no se incluía en la cotización) y finalmente se establecen los costos asociados a materiales, herramientas y servicio externo. Dicha estructura permite al usuario tener en cuenta todos los factores necesarios para poder tener como resultado la cotización, a diferencia del método anterior, el cual solamente requiere de un estimado general del precio del trabajo que la persona con criterio experto considera adecuado; lo cual, puede acarrear errores humanos asociados con el olvido de factores importantes o incluso la imposibilidad de que otras personas puedan cuestionar el precio fijado para determinado trabajo.

Así mismo, al existir un método estándar para calcular el tiempo, se tiene la certeza de que se está midiendo a los operarios de la misma manera, lo cual reduce la posibilidad de que en algunas ocasiones que se sobreestime el tiempo necesario, los operarios parezca que tienen un mejor rendimiento mientras que en las ocasiones que se calcula un tiempo menor al necesario puede afectar las métricas de rendimiento de los mecánicos. Por otro lado, de esta manera, se pueden realizar reportes que calculen las ordenes de trabajo con mayores diferencias entre el tiempo estimado y real, lo cual a su vez va a permitir revisar los criterios que se colocaron para calcular el tiempo de dichos trabajos y poder aplicar las correcciones necesarias para que el método se pueda ir perfeccionando con el tiempo. Para el método que la empresa utiliza en un inicio, se puede detectar si existe un déficit en el tiempo calculado respecto al real, pero es imposible conocer la causa raíz del error, por ello siempre existe la duda de si realmente es debido a un bajo rendimiento del mecánico o si más bien corresponde a un error relacionado con la no inclusión de criterios relevantes.

Por su parte, los indicadores financieros propuestos para realizar la comparación con una organización de la región muestran que PTS cuenta con una salud financiera suficiente para llevar a cabo su negocio, donde inclusive muestra ventaja competitiva sobre este sector en aspectos de razón corriente, retorno sobre los activos y los indicadores de endeudamiento. Siempre es importante desarrollarse bajo una cultura de mejora continua, por lo que realizar mejoras en el gasto administrativo genera ventajas para la situación financiera de la organización.

Capítulo 4. Validación

4.1. Objetivos de la validación

A continuación, se muestra el objetivo general y los objetivos específicos de la validación

4.1.1. Objetivo general

Verificar el cumplimiento de los indicadores de éxito previamente definidos en la propuesta de este proyecto, realizando una recopilación de los logros obtenidos en las fases previas.

4.1.2. Objetivos específicos

- a. Comparar el desempeño entre los métodos actual y propuesto para la estimación de tiempos, esto mediante el análisis de los datos del periodo bajo estudio, así como de los registros de un mes adicional, con el propósito de comprobar si dicha modificación representa una mejora en el proceso de cotización.
- b. Ratificar la existencia de un sistema de costeo multivariable, puesto en práctica con la creación de la herramienta, cuya simplicidad y tiempo para realizar una cotización cuente con la aprobación de los encargados respectivos en la empresa PTS.
- c. Generar instrucciones para facilitar la transición hacia el procedimiento de costeo sugerido, así como para procurar su funcionamiento en el tiempo.
- d. Realizar un análisis costo/beneficio cualitativo de la implementación de la herramienta de costeo, generando aceptación en su uso y alineando los esfuerzos de los departamentos involucrados.

4.2. Comparación entre los métodos de estimación de tiempos

Primeramente, se debe resaltar que al hacer referencia al método actual se está mencionando la técnica que se basa por completo en el criterio experto de quien cotiza la orden, mientras que la metodología propuesta corresponde a la que el equipo de trabajo ha desarrollado en las diversas etapas de este proyecto.

Inicialmente, se hace uso de los mismos registros obtenidos luego de aplicar el muestreo en la etapa anterior, ya que estos se encuentran clasificados según los parámetros establecidos por proceso, complejidad y material. En esta misma línea, no es posible realizar un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe o no una diferencia significativa entre los dos métodos: el actual y el propuesto, debido a la distribución particular de los datos, la cual es asimétrica hacia la izquierda, por lo que se plantea utilizar gráficos de violín y de caja, lo que permite visualizar la agrupación de los datos, así como su dispersión y su rango.

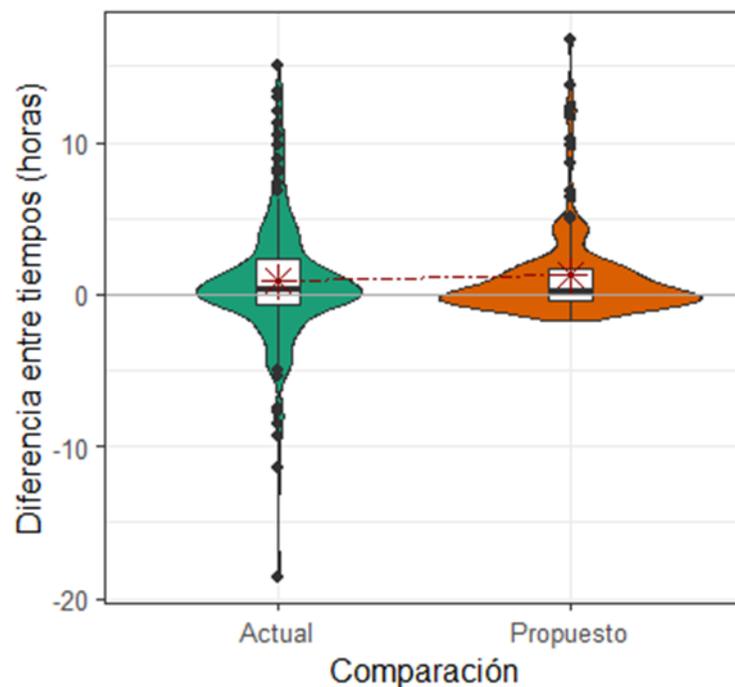
Tremblay (2023) explica que el diagrama de caja distribuye los datos basándose en el rango del orden de tamaño o valor numérico, ordenando los datos de menor a mayor. Los valores en el gráfico corresponden a los cuartiles 25, 50 y 75. Los bigotes (las líneas que se extienden de las cajas) representan 1.5 veces multiplicado por el rango intercuartil, que hace referencia a la distancia entre el primer cuartil (25) y el tercer cuartil (75). Los datos que están fuera de ese rango se representan

con puntos. Por su parte, este mismo autor añade que un gráfico de violín es similar a un gráfico de caja, con la diferencia de que en el de violín la caja es curvada para dar una apreciación de la densidad de los datos.

Así, se calcula la diferencia en horas entre el tiempo real y el tiempo estimado, esto para el método actual, mientras que para el método propuesto se realiza la resta entre el tiempo real y el que calcula la herramienta luego de especificar las variables. Los valores de estas operaciones para los registros del muestreo (205) se presentan graficados en la Figura 22.

Figura 22

Diferencia entre tiempo real y estimado para los datos del muestreo

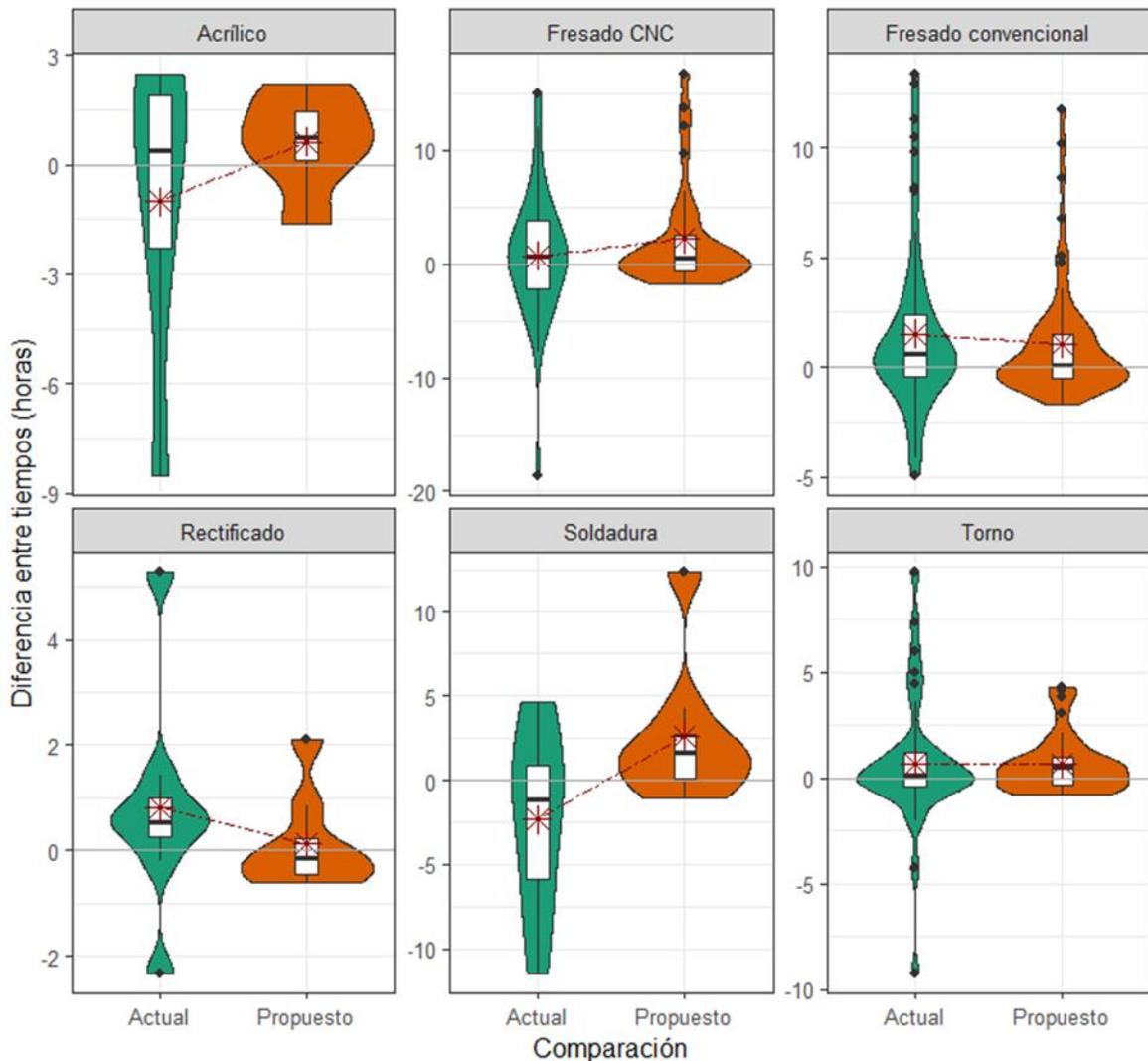


De esta figura (Figura 22) es posible interpretar que, si bien la media de la diferencia entre los tiempos real y estimado/herramienta es prácticamente la misma, la dispersión de los datos para la nueva técnica es mucho menor. Así mismo, se observa que de manera contraria a lo que sucede en el método actual, el procedimiento para definir el tiempo estimado con la herramienta por lo general no sobrestima.

Otro aspecto a favor del método propuesto es que la mayoría de las observaciones poseen una diferencia entre tiempo real y estimado de cero horas o valores muy cercanos a dicho número, mientras que en la técnica actual la cantidad de observaciones que cumplen esa característica es menor. Cabe recordar que una diferencia de cero horas significa que el tiempo real y el estimado son el mismo, lo cual representa el mejor escenario. Para visualizar a detalle el comportamiento por proceso se presenta la Figura 23.

Figura 23

Diferencia por proceso entre tiempo real y estimado para los datos del muestreo



De los gráficos de la Figura 23 se puede interpretar que en todos los procesos existe una mejora, no necesariamente a causa de una disminución en el promedio de la resta entre los tiempos, aunque es evidente que en los procesos de fresado convencional y rectificado se reduce dicha diferencia, lo cual es positivo, sino que en cada uno de ellos se cumple que la cantidad de registros con una diferencia cercana a cero es mayor para el método propuesto, siendo eso lo que se espera.

Es debido señalar que no en todos los casos es apropiado que el promedio sea menor, como ocurre en los procesos de acrílico y soldadura para el método actual, ya que lo correcto es que dicho valor sea lo más próximo a cero.

Así pues, solo el proceso de fresado CNC presenta un promedio levemente más bajo para la metodología empírica de estimación, mientras que existe un empate en dicha métrica para los

procesos de torno y soldadura; sin embargo, para este último los promedios son de signo contrario. En los restantes tres procesos (acrílico, fresado convencional y rectificado) la mejoría sucede del lado del método actual.

Aunado a lo anterior y con el objetivo de robustecer la validación, se emplean los datos de un mes que inicialmente no es tomado en cuenta para llevar a cabo los cálculos en la fase de diagnóstico ni para definir los coeficientes en la etapa de diseño; en este caso, el mes seleccionado es noviembre del año 2022. Cabe recordar que el lapso considerado en las fases previas transcurre desde septiembre del 2021 hasta agosto del 2022, 12 meses en total, siendo este el periodo bajo estudio; para el momento en que se está desarrollando la validación del presente proyecto se cuenta con los datos completos de septiembre, octubre y noviembre del 2022.

Para seleccionar uno de los meses entre los antes mencionados es debido hacer hincapié en que la cantidad promedio de órdenes durante el periodo bajo estudio es de 43 pedidos, mientras que el número de registros de trabajo al desglosar dichas órdenes en procesos es de aproximadamente 67 procesos al mes. Al realizar la revisión de sus homólogos entre los posibles meses que se tienen para validar, solo septiembre y noviembre alcanzan el promedio de órdenes mensuales con 77 y 57 respectivamente, ya que octubre cuenta únicamente con 32 pedidos. Finalmente, se inclina por continuar esta fase con la información relacionada al mes de noviembre, pues, además de ser el periodo más reciente de los tres ya mencionados, este cuenta con un total de 100 registros de trabajo etiquetados por proceso, superando por mucho los 67 mensuales de la fase de diagnóstico.

Así mismo, cabe aclarar que en ninguno de estos tres posibles meses se tuvo alguna orden que conllevara hacer uso del proceso de acrílico, por lo que los cálculos de este apartado se omiten; no obstante, se recuerda que este proceso es el que posee la menor presencia en la organización de los procesos dentro del alcance del proyecto, acaparando tan sólo 3.36% de los registros, de ahí que sea normal el hecho de no contar con órdenes que lo hayan requerido durante ese tiempo. En la Tabla 43 se presenta la cantidad de registros por proceso para el mes de noviembre del 2022.

Tabla 43

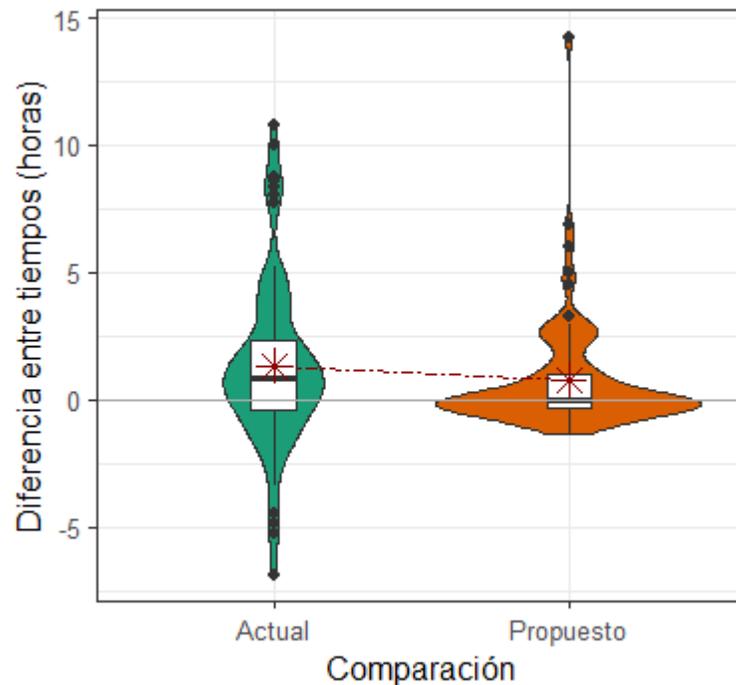
Entradas por proceso (noviembre 2022)

Proceso	Entradas
Fresado convencional	43
Fresado CNC	27
Rectificado	16
Soldadura	3
Torno	11
Total	100

Al continuar con la estrategia utilizada para validar los registros del periodo bajo estudio, se realiza la comparación entre las dos técnicas de estimación de tiempos, dando como resultado el siguiente gráfico (Figura 24).

Figura 24

Diferencia entre tiempo real y estimado para los datos de noviembre 2022



En este caso, el promedio de la diferencia entre tiempos es menor y más cercano a cero para el método que se incluye en la herramienta, además la dispersión y la distribución de los datos favorecen al método propuesto. Para este procedimiento se destaca una observación que posee una diferencia de aproximadamente catorce horas, lo cual se debe a que la matriz tiene valores máximos de entre 11 y 12 horas. Con base en lo anterior no es recomendable que para las piezas que requieren una duración que sobrepase las 12 horas se utilice esta nueva técnica, sino se sugiere que en esos casos se revise de manera detallada los registros históricos que coinciden con los factores definidos para esa orden en específico.

Debido a que no se sabe de antemano cuáles niveles y/o combinaciones de factores ameritan una duración mayor a la especificada por la herramienta, se realiza dicha investigación con la misma base de datos utilizada para crear la matriz de tiempos propuestos, obteniendo así que las órdenes que presentan componentes catalogados como complejidad “5” y/o material “5”, así como la combinación de factores: proceso “soldadura” y material “4” o “5”, cuentan con tiempos reales superiores a 12 horas. Por lo anterior, se recomienda comparar esos pedidos con órdenes similares en el registro histórico y de esta manera aproximar el tiempo de manufactura. Tomando en cuenta esta situación, la herramienta permite definir manualmente el tiempo estimado cuando el usuario lo considere conveniente.

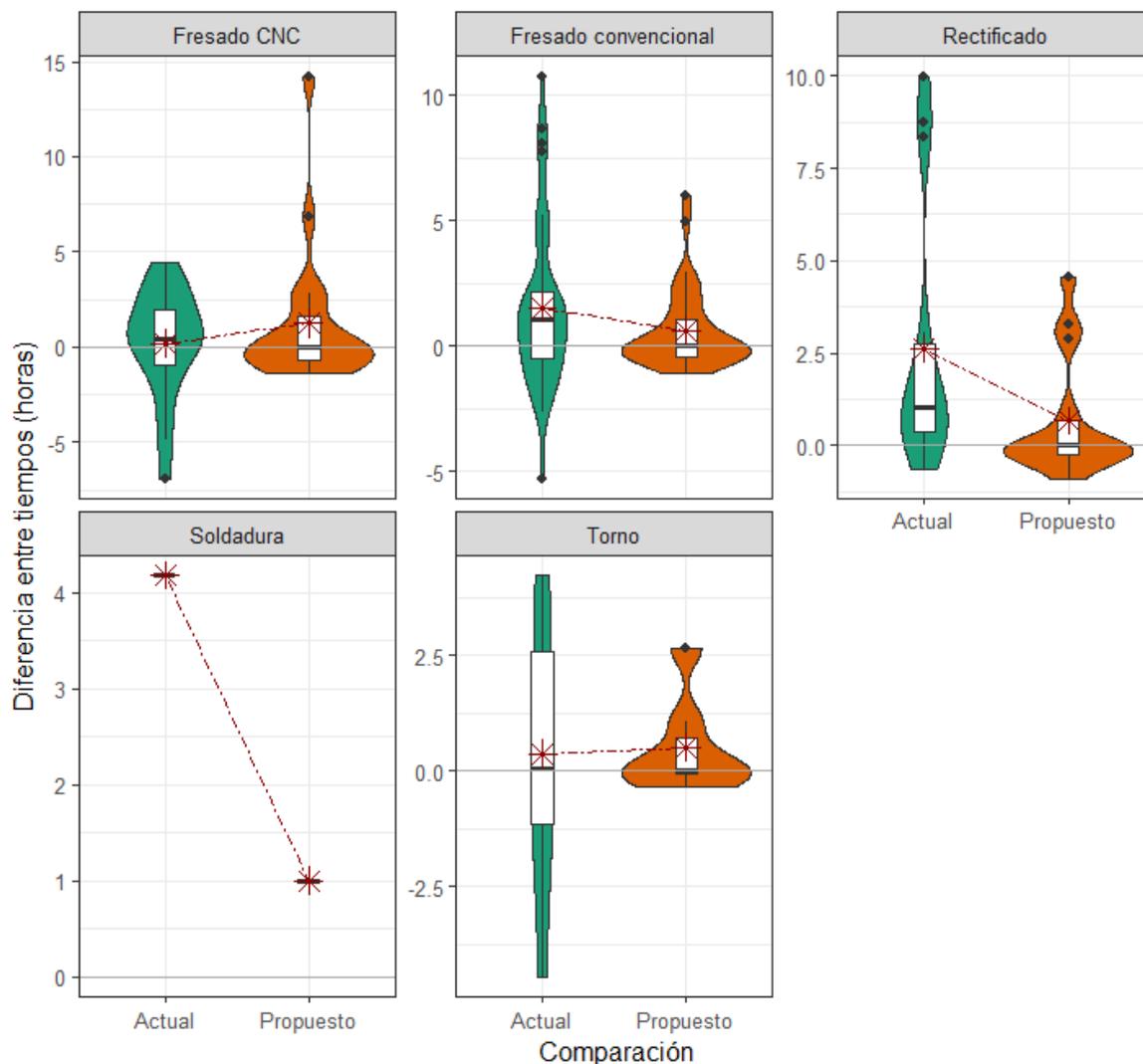
Por otro lado, al desglosar por proceso la Figura 24 se obtiene la Figura 25, en la cual no se visualiza el gráfico de violín y de caja para el proceso de soldadura, pues la cantidad de observaciones lo impide; no obstante, sí se presenta el promedio de la resta entre los tiempos, el cual disminuye para

la nueva técnica en contraste con el método actual. Con respecto a los procesos de fresado convencional y rectificado, el promedio de la resta entre los tiempos es más cercano a cero para el método propuesto, lo cual es positivo, mientras que para fresado CNC y torno el promedio de la diferencia favorece ligeramente a la metodología actual. Por otra parte, con base en la dispersión de los datos, en tres de los cuatro procesos esta medida se reduce cuando se hace uso de la nueva técnica.

Así mismo, en los cuatro procesos que cuentan con gráficos de violín y de caja la mayor parte de las observaciones del lado de la metodología de estimación utilizada en la herramienta poseen una diferencia muy cercana a cero, tal como ocurre con los datos previos, lo cual permite afirmar que al utilizar la nueva técnica es más probable que se asemejen los tiempos cotizado y real.

Figura 25

Diferencia por proceso entre tiempo real y estimado para los datos de noviembre 2022



Al contar los 803 registros que se contemplaron para desarrollar la fase de diagnóstico y recordando que la matriz posee valores máximos de entre 11 y 12 horas y mínimos de aproximadamente una hora, el método propuesto habría sido efectivo para el 76.59% de las observaciones. En cuanto a las 100 entradas del mes de noviembre del 2022, para el 72.00% de los registros la nueva técnica también habría funcionado.

Algunos registros en los que el tiempo real es menor a una hora por pieza se deben al volumen de producción; por lo que a veces ocurre que, si una sola pieza dura un tiempo en específico, pero se deben producir varias con las mismas características y procesos, el tiempo por pieza disminuye. Se espera que en las versiones posteriores de la matriz de tiempos sugeridos (Tabla 40) se corrija en parte esta situación, ya que el sistema de costeo integral aclara que la cotización debe realizarse por componente y pieza de forma individual, para luego multiplicarse por la cantidad, a diferencia de la forma en que se realiza bajo el método empírico, que corresponde a un sólo tiempo por pedido.

4.3. Herramienta: Validación de atributos

Para la herramienta en cuestión se desarrolla un manual de usuario y una reunión de capacitación para la empresa, en la cual se explican los principales aspectos para poder utilizar la herramienta de forma correcta; posterior a la capacitación se establece un tiempo para que los encargados del proceso de capacitación en PTS tengan la posibilidad de probar el instrumento, realizar cotizaciones en la herramienta y determinar oportunidades de mejora.

De igual manera, también se envía una lista de atributos que permitan validar el indicador de éxito relacionado con la complejidad de la herramienta de costeo. Según Rivas et al. (2010), algunos de los criterios para la selección de herramientas de software en PYMES corresponden principalmente a la eficiencia de esta y la flexibilidad en el proceso de desarrollo. Así mismo, también menciona la importancia de criterios dirigidos a la usabilidad tales como: amigabilidad, orientación al usuario, homogeneidad, adaptabilidad, concisión y facilidad de aprendizaje. Mediante los anteriores criterios y los aspectos necesarios para la contraparte se decide validar la herramienta con los atributos que se presentan en la Figura 26.

Figura 26

Atributos validados por la contraparte en la herramienta de costeo y cotización

Herramienta de Costeo

Mentimeter



- Facilidad de aprendizaje

Permite evaluar si aprender a utilizar la herramienta es un proceso sencillo, no es complicado entender su funcionamiento ni la forma de ejecutar el proceso una vez que se muestra el proceso.

- Facilidad de uso

Cuando los usuarios superan la curva de aprendizaje acerca de cómo aprender a usar la herramienta, es importante considerar si después de este paso inicial es sencillo el uso diario de la misma.

- Facilidad de comprensión

Resulta relevante que la información incluida en el Excel sea entendible, es decir, que los usuarios puedan comprender la forma en la cual se encuentra organizada la información de la herramienta y lo que debe de colocarse en cada espacio de esta.

- Utilización intuitiva la herramienta

Alguien que conozca del proceso de cotización, sin haber recibido una capacitación previa, pueda entender la información que se requiere en cada espacio y el proceso que se debe de seguir al utilizar la herramienta.

- Orden lógico del proceso

Forma en la cual el instrumento es diseñado que permita servir de guía al usuario para que intuitivamente sea sencillo seguir la secuencia de pasos necesarios para llevar a cabo una cotización.

- Claridad del proceso

Uno de los criterios más complejos a validar es el diseño del proceso como tal, el cual debe de ser claro y coherente para una persona con criterio técnico sobre la actividad de costear y cotizar ordenes de trabajo.

- Adaptable al tipo de negocio

El instrumento desarrollado necesita ser adecuado para el tipo de negocio en cuestión, debe de contar con todos los criterios necesarios que se requieran para llevar a cabo el proceso. Además, debe resultar exitosa al realizar un proceso de este tipo.

- Flexible a cambios en datos

Al ser un negocio que se encuentra en constante cambio y es sujeto al aumento de demanda, costos variables en el tiempo entre otros factores; la herramienta debe de ser flexible en el tiempo para poder colocarle datos distintos y que siga siendo funcional.

- Orientada al usuario

Debe validarse que el instrumento reduzca la carga de trabajo de las personas encargadas del proceso de cotización, el objetivo del diseño no es solamente mejorar la precisión de los datos sino también hacer más sencillas las tareas de los usuarios.

- Concisa

La herramienta cuente estrictamente con la información y los datos necesarios para realizar el proceso de costeo y cotización de forma exitosa. Únicamente debe de ser incluido lo que agregue valor a las actividades que son parte del proceso.

- Eficaz

El instrumento logra cumplir satisfactoriamente con una mejor precisión que el método actual empleado para cotizar; es importante que arroje los resultados necesarios para poder llevar a cabo de forma exitosa el cálculo del tiempo involucrado debe de calcular correctamente el costo de la orden de compra y finalmente crear una cotización para el cliente.

- Eficiente

Este criterio permite evaluar que el resultado de la herramienta cumpla con el indicador de éxito establecido relacionado con la mejora en la estimación de tiempo, principalmente lograr que el cálculo del tiempo y el costo por proceso sea más preciso; sin embargo, también debe de llevarse a cabo en un tiempo menor que el anteriormente involucrado para realizar el mismo proceso.

Una vez descritos los criterios utilizados para la validación es importante recalcar que estos factores se envían a la contraparte en un listado con los espacios respectivos para que se califique cada atributo

de forma cualitativa, permitiendo describir si se cumple o no con cada uno de ellos y conociendo la percepción de la empresa con respecto al instrumento diseñado, lo anterior se puede observar detalladamente en el Apéndice 11.

Al recolectar la respuesta de la contraparte se logra evidenciar que la herramienta cumple satisfactoriamente con cada uno de los atributos validados; no obstante, también se tiene el comentario de retroalimentación acerca de la precisión en el cálculo del costo de materiales y herramientas, en lo cual la empresa tiene claridad de que no hay mayor detalle que permita deducir el monto exacto que se debe de gastar en cada orden de trabajo, por lo cual se está de acuerdo en utilizar el porcentaje o bien cotizar para cada orden de trabajo el material a requerir y agregarlo en el espacio correspondiente (M. Chanto, comunicación personal, 20 de febrero, 2023).

Con base en esto último se expresa la necesidad de un futuro contar con una amplia base de datos dentro de la herramienta que permita buscar los materiales y tener una referencia del precio aproximado sin tener que llamar al proveedor o realizar una cotización previa para verificar el dato.

Por otro lado, al consultar a los encargados del proceso la percepción del tiempo de ciclo antes de la implementación de la herramienta y después de esta han expresado que el tiempo de ciclo del proceso ha aumentado debido a que el instrumento requiere un mayor detalle; sin embargo, se sienten satisfechos con el tiempo involucrado debido a que les brinda una mayor precisión en los costos, por lo tanto se logra evidenciar el cumplimiento del indicador de éxito que busca la presencia de una herramienta confiable para la estimación de costo (C. Madrigal, comunicación personal, 6 de marzo, 2023).

Además, el costo asociado con el tiempo se reduce debido a que no se necesita de personal altamente calificado para realizar esta actividad, sino que por el contrario permite que varias personas puedan realizar la actividad que en un inicio solo dos personas en la organización pueden desempeñar, lo cual a su vez permite reducir el cuello de botella del proceso originado debido a la baja disponibilidad de los recurso humano que cuente con la capacidad de realizar cotizaciones bajo criterio experto.

Una vez descrito lo anterior, se concluye que la herramienta se encuentra alineada con cada uno de los indicadores de éxito establecidos en la propuesta del proyecto, para validar lo anterior se puede consultar el Apéndice 12; en el cual, la contraparte afirma mediante una carta su conformidad con el instrumento de costeo brindado y el manual de usuario respectivo, además establece el cumplimiento de los indicadores de éxito anteriormente mencionados.

4.4. Consideraciones finales del sistema de costeo multivariable

Seguidamente, se exponen las consideraciones finales del sistema de costeo multivariable, tanto la transición y actualización de la herramienta como el análisis costo/beneficio cualitativo del proyecto en general.

4.4.1. Transición y actualización

Con el objetivo de que el sistema de costeo perdure en el tiempo se propone una serie de buenas prácticas para asegurar el correcto uso de este nuevo procedimiento. Al iniciar con la transición, ya

sea que se deje de utilizar la metodología inicial y se comience a poner en práctica las pautas sugeridas o bien, que los dos procedimientos convivan de manera simultánea, es necesario realizar las modificaciones de manera progresiva, esto hasta que el sistema sea comprendido en su totalidad por los encargados de los procesos involucrados. Se mencionan las siguientes buenas prácticas:

- a. Se recomienda incrementar la especificidad en cuanto al desglose de los componentes que se engloban en una orden de compra más precisa será la cotización, por lo cual es apropiado que el número de ítems cotizados coincida con la cantidad de planos, entendiéndose que, aunque muchos de los componentes por lo general se unen para formar una sola pieza, estos suelen tener diferentes complejidades, materiales y/o procesos asociados.
Lo anterior se conoce como estimación ascendente, la cual “rompe el proyecto en múltiples ítems de trabajo y estima el monto de los recursos de tipo labor, equipo y materiales necesarios para completar cada uno de los ítems (Rodríguez Gutiérrez y Rojas Cubides, 2015). Los autores añaden que este tipo de estimación es comúnmente utilizada para calcular los costos en que se incurre al llevar a cabo actividades de manufactura de un producto.
Aunque podría darse el caso de que en ciertas órdenes el hecho de especificar al nivel de componentes resulte tedioso e inclusive lento debido a que algunos pedidos podrían tener asociados una gran cantidad de planos, existe la alternativa de cotizar una determinada orden de compra por subensambles, dejando en claro que en ese escenario se renuncia en cierta medida a la exactitud del costeo.
- b. En su gran mayoría, las órdenes que recibe la empresa son únicas, no sólo en cuanto a la multiplicidad de características que puede variar entre un pedido y otro, sino también considerando el número de piezas solicitadas en cada orden.
En PTS, las veces en que se manufacturan varias piezas por pedido son minoría, razón por la cual la herramienta está diseñada para procesar con mayor precisión las órdenes que requieren una o pocas piezas de un mismo componente. En los casos restantes se recomienda valorar un tiempo estimado y un costo por hora menor que el habitual, ya que el volumen de producción diluye estos coeficientes.
- c. Aunado a la información que ya se registra para cada orden de trabajo, se solicita incluir el tipo de material y complejidad de cada uno de los componentes. En el caso contrario contraría no es posible saber si en el futuro la definición de alguno de los niveles de material y/o complejidad requiere intervención.

Los valores de tiempo estimado con los que cuenta la herramienta a abril del 2023 (su primera versión) se obtienen mediante el análisis estadístico de los datos de las órdenes procesadas entre septiembre del 2021 y agosto del 2022; posteriormente, se realiza la validación en dos ocasiones, primero con la información de los pedidos manufacturados en ese mismo periodo y de manera complementaria se realiza el mismo procedimiento con los datos de noviembre del 2022. Por otra parte, los costos por hora se calculan considerando los estados contables del periodo bajo estudio.

Como bien es sabido, estos coeficientes no pueden permanecer estáticos; en el caso del costo por hora de cada proceso, su cálculo depende de la información contenida tanto en el estado de resultados como en el balance general, cuyos datos se documentan periódicamente todos los meses; por otro lado, el tiempo estimado proviene del promedio del tiempo real según el material, la complejidad y

el proceso, a lo cual se puede acceder luego de finalizada cada orden. Tomando en cuenta que estos valores deben ser actualizados se presentan las siguientes indicaciones:

Tabla 44

Actualización de los coeficientes que utiliza la herramienta

Coeficiente	Indicaciones
Costo por hora de cada proceso	<ul style="list-style-type: none"> a. Se recomienda actualizar el estado de resultados cada mes, con los datos completos del periodo mensual más reciente. En este caso es necesario cambiar los valores de la hoja llamada “Estado de Resultados” que se encuentra en la herramienta con los datos actualizados. El estado de resultados se utiliza para definir los costos indirectos que son prorrateados en la hoja respectiva. b. En cuanto a las hojas que hacen referencia a la capacidad instalada y al detalle del costo por hora/máquina, su actualización depende de si varía o no el número y el tipo de máquinas con las que cuenta la organización. c. Finalmente, el costo por hora/hombre debe ser modificado en función del salario de los colaboradores del departamento de producción.
Tiempos estimados	<ul style="list-style-type: none"> a. A partir de que la empresa empiece a registrar las órdenes con el respectivo desglose de los componentes por proceso, complejidad y material, la actualización de dichos tiempos se puede generar de manera muy rápida y precisa. Se aconseja renovar estos datos de forma trimestral para tener una cantidad considerable de órdenes en todos los niveles de los tres factores contemplados. b. Con el objetivo de facilitar estos cálculos, la hoja que se denomina “BD” y que se encuentra en la herramienta funciona como una plantilla para determinar la mediana según cada uno de los factores, de manera inmediata cuantifica el promedio y actualiza la tabla que sirve para estimar la duración en horas de una pieza con características específicas. Cabe destacar que se implementa esta plantilla ya que las tablas dinámicas no cuentan con la función de calcular la mediana de un conjunto de datos. c. Se destaca la importancia de señalar a su vez la cantidad de piezas asociadas con la manufactura de un determinado componente, ya que el tiempo real se debe dividir entre el número de piezas para fijar el tiempo real por pieza (una unidad). Para el periodo bajo estudio esta información no se mantiene en el registro histórico de órdenes.

4.4.2. Análisis costo/beneficio cualitativo

Un factor importante por considerar en cualquier proyecto o mejora de proceso es el análisis de costo beneficio sobre la propuesta en estudio para seleccionar si la inversión de recursos es viable en comparación con los aspectos positivos que se van a obtener.

Este análisis debe considerar desde la parte técnica de la gestión de proyectos y administración financiera hasta los ámbitos en temas más ligados a la ciencia social como es el comportamiento organizacional. Para el caso en estudio el análisis de costo beneficio se realiza de manera cualitativa considerando los recursos necesarios para su implementación y los beneficios que se obtienen al hacer uso de esta.

En la implementación de la herramienta es necesario invertir recursos que a final de cuentas se pueden considerar un costo para la organización, como es el caso del entrenamiento y capacitación de los colaboradores para entender y correr la herramienta, lo cual también engloba la curva de aprendizaje para realizar la cotización, implicando ambas situaciones en utilización de recurso de tiempo y personal.

Además, en el ámbito de comportamiento organizacional es posible que exista personal que muestre resistencia al cambio de forma activa y/o pasiva por modificaciones a las rutinas ya establecidas o inclusive por miedo a que puedan prescindir de ellos, por lo que también es necesario invertir tiempo o recursos para que puedan adaptarse al cambio, puedan identificar y comprender los beneficios del uso de la herramienta, donde exista comunicación para que puedan solventar las dudas que tengan sobre el cambio del proceso y así eliminar las barreras para que al final de cuentas exista apertura de todo el personal sobre la mejora del proceso propuesto.

Entre los beneficios de implementación de esta herramienta se puede considerar que se trata de una técnica más controlada y menos empírica, ya que esta es basada en datos históricos de los balances generales y estados financieros de un periodo en específico, lo cual permite que su salida de información sea estándar y específica para la realidad de la organización y por consiguiente que la gestión, las estrategias y la toma de decisiones sea más precisa sobre las características y necesidades propias de la empresa y de los procesos que se encuentran involucrados.

Tomando en consideración esto, también cuenta con la ventaja de que la información financiera ya existe dentro de la organización, es un reporte calculado de forma periódica, lo cual no implica en una mayor utilización de recursos para su cálculo. Solo es necesario tomar la información del reporte y colocarla en la hoja de la herramienta que alimenta la información para actualizarla en el momento que la organización lo considere pertinente según sus necesidades como también se puede realizar de forma anual.

A nivel de proceso por su parte tecnológica, la herramienta permite que la actividad de cotización sea más eficiente, es decir, que se tenga la capacidad de cumplir el objetivo con la optimización de recursos y de forma estándar. Lo anterior se logra porque el proceso de cotizaciones puede ser realizado por personal menos calificado con mano de obra más barata que el personal experto, generando optimización de los costos salariales. Además, la herramienta permite mover el cuello de

botella, ya que es posible asignar más personas al proceso de cotización, lo cual en la organización no es posible al no contar con personal con la experiencia necesaria para realizar el proceso.

Así, el recurso de personal especializado en ventas puede ser utilizado para dar soporte y seguimiento a los clientes, lo cual permite llegar a conocer la necesidad del mercado y entender la perspectiva del cliente sobre el servicio brindado para realizar las mejoras pertinentes. Esto, además, permite aumentar la fidelidad del cliente al este sentirse escuchado, observar mejoras e inclusive esto impulsa a que los clientes recomienden los servicios obtenidos resultando en mayores contratos e incremento de ventas, puesto que la atención al cliente y un mejor servicio crean ventaja competitiva sobre el sector más aún sobre el sector de ventas.

De los mayores beneficios con los que cuenta la herramienta es que es posible describirla como flexible y adaptativa, porque cuenta con la opción de incluir información que sea pertinente para la cotización, como puede ser el ajuste de precios por el mercado, descuentos a ciertos clientes, curva de aprendizaje de colaboradores, variaciones en precio de materiales y servicios, entre otros aspectos; de forma que se busque la reducción de costos y de pérdidas y el aumento de clientes y utilidades, lo cual es lo que busca toda organización de manufactura y servicios.

Por último, no se puede dejar de lado que la herramienta no tiene una restricción de software, ya que se desarrolla en un sistema con el que cuenta y conoce la empresa, como lo es Microsoft Excel, por lo que no es necesaria la inversión en un programa informático para utilizarla. De igual manera, si fuera el caso que la organización necesite utilizar software libre, la herramienta se puede adaptar a esta necesidad y ser reformada para ser utilizada en LibreOffice Calc.

4.5. Conclusiones de la validación

Ha sido posible demostrar que, a diferencia de lo que manifiesta en un inicio la organización, el uso del criterio experto como mecanismo para determinar el tiempo estimado de una orden de trabajo resulta impreciso, al menos para este tipo de industria. La cantidad de características posibles dificulta definir la duración de manera empírica; así mismo, en gran cantidad de pedidos, diferentes componentes son ensamblados para crear una sola pieza, por lo que se tiende a estimar el tiempo considerando únicamente el producto final, a pesar de que este se produjo por partes, donde cada una cuenta con sus propias particularidades.

Considerando lo anterior y los resultados del apartado respectivo, se puede afirmar que entre mejor se hayan determinado los generadores del costo, la exactitud de su estimación posterior incrementa. En el sistema de costeo propuesto, cada componente hace referencia a un subtotal en el precio final de la orden, lo cual proviene de una cotización individual y no en conjunto, debido a los pormenores ya mencionados de esta última.

Así bien, aunque el método propuesto no debe ser utilizado para todos los pedidos, pues algunos de ellos van a tener un tiempo real mayor al máximo de la matriz, se especifican los niveles de los factores o las combinaciones entre estos que posiblemente vayan a superar el tiempo estimado por la herramienta.

De igual manera, se aclara que con la primera versión de la matriz se debe tener cuidado con los pedidos en los que se requiere manufacturar muchos componentes iguales, pues el volumen de producción disminuye el tiempo por pieza en comparación con fabricar una o pocas piezas. Tomando en cuenta las órdenes que el método es capaz de estimar según el rango de valores de la matriz se alcanzan, tanto para los registros utilizados en el diagnóstico como para los nuevos datos de prueba, porcentajes superiores al 70%, siendo esto una mejora para un proceso que se lleva por completo con carácter subjetivo.

Por otro lado, en esta fase se establecen las indicaciones para llevar a cabo la transición hacia el nuevo sistema de costeo, destacando no sólo las diferencias entre ambos métodos, sino también explicando los cambios que se deben realizar para procurar el funcionamiento de este mecanismo en el presente y futuro.

Considerando el proceso de validación de atributos se concluye que la herramienta cuenta con oportunidades de mejora a largo plazo, como lo es la base de datos de materiales y herramientas; sin embargo, es claro que el actual proceso de registro de gastos impide conocer el monto exacto de materiales y herramientas que se le asigna a cada orden de trabajo, por lo cual resulta imposible realizar la aproximación de otra forma distinta al porcentaje determinado mediante el cociente de la cantidad de gastos por herramientas entre las ventas totales.

Dado lo anterior, se deduce que tanto el procedimiento de registro de gastos por orden de trabajo como el control de inventario que realiza PTS al inicio de este proyecto no es tan preciso como para determinar el costo exacto por orden de trabajo. Cabe destacar que lo anterior ocurre debido a que se cargan facturas completas de compra de material a la orden de trabajo, cuando en realidad es evidente que existen sobrantes que pueden ser parte de una nueva orden sin tener trazabilidad de esta acción.

El análisis costo/beneficio de la implementación de la herramienta muestra que, aunque se deban invertir recursos en su puesta en marcha, son más los beneficios para contrarrestar la necesidad con la que cuenta la organización de estandarizar y automatizar la forma en que se realiza el proceso de cotización. Al reducir la toma de decisiones de manera empírica en el proceso de cotización, como se ha realizado en los últimos años, es posible utilizar los recursos de personal y de tiempo de manera más eficiente, donde exista la facilidad de alinear los criterios y las decisiones de los departamentos de ventas y de producción para el proceso de cotización incentivando su uso por basarse en datos históricos y no en la percepción de cada uno de los administrativos.

Conclusiones

Posterior a la interpretación y discusión de los resultados obtenidos tras el desarrollo de esta investigación en sus etapas de diagnóstico, diseño y validación se presentan las conclusiones derivadas a partir de los objetivos planteados del proyecto.

Se logra el diseño de un sistema de costeo multivariable para la empresa metalmecánica PTS considerando los costos de operación de la organización como el tiempo por proceso, material y complejidad del pedido. Lo anterior por medio del cálculo con datos históricos de la duración real de las órdenes de trabajo y las distintas implicaciones según las características del pedido a criterio experto.

Además, tomando en cuenta los informes financieros con los que cuenta la organización es posible calcular el costo que implica para la organización cada hora de trabajo. De forma estándar la organización utiliza \$30 por hora cotizada, pero bajo el estudio realizado el valor real supera en más de \$12 al estándar utilizado, por lo que la organización se encuentra perdiendo capital al cobrar menos de lo que realmente le cuesta el pedido.

Así mismo, se calcula una aproximación de la duración real de las órdenes de trabajo por medio del uso de datos históricos reales de la duración de los pedidos de la organización, se identifica así que estos valores son de utilidad siempre que los procesos cuenten con una duración de una a doce horas de ejecución.

La creación de la herramienta de costeo multivariable basada en datos históricos permite obtener una mejora en la dispersión de los datos de la estimación del tiempo cotizado contando con una cercanía en términos de densidad al tiempo real, indicando que la herramienta es más precisa en comparación con las estimaciones de la organización.

El proyecto se considera exitoso en su cumplimiento al satisfacer los indicadores de éxito propuestos para el objetivo general del mismo, como es la mejora en la estimación del tiempo con los resultados visualizados en los gráficos de violín donde se muestra disminución en la variación de los datos y aumento de densidades cercanas al cero para las diferencias de los tiempos estimado y real, la presencia de una herramienta confiable para la estimación de costos, donde se consideran las distintas partidas de costos y gastos de la organización y la simplicidad de uso de la herramienta de costeo donde su interfaz y su flujo es amigable con el usuario y se incluye un manual de usuario para que exista la institucionalización del conocimiento.

Recomendaciones

Entre los datos utilizados para desarrollar la herramienta existen valores alejados de la realidad, como es el caso de los materiales; sin embargo, esta variación en la información se debe a que la organización no especifica de buena manera la forma en que se desglosan sus cuentas, por lo que es indispensable mejorar las fuentes de información para que cada vez el resultado de los costos y precios de las cotizaciones sea más acorde a la realidad.

En este aspecto también es importante considerar el precio que es propuesto por el mercado o por la competencia, ya que para llegar a esos niveles de costo por hora es necesaria la reducción de gastos. En el análisis realizado se identifica que la cuenta sobre la cual deben realizarse mejoras para encontrar esta reducción es sobre los gastos administrativos, por lo que es necesario el mapeo de actividades y tareas de cada uno de los miembros de la administración para la toma de decisiones de reducción de gastos y mejor acomodo de recursos, ya que si se libera el tiempo del personal de ventas este puede ser utilizado para la venta de productos y el seguimiento sobre los clientes.

Se recuerda la importancia de renovar, según sea el caso, los valores con los que se calcula el costo por hora de cada proceso, así como la duración real de las órdenes utilizada para definir el tiempo estimado con base en el proceso, complejidad y material del elemento a fabricar. De lo contrario, la exactitud de la herramienta va a disminuir con el pasar de los meses a causa de las diferencias entre los datos del periodo en que se lleva a cabo el diseño la herramienta y sus homólogos, pero de algún otro periodo en el futuro.

Por otra parte, se recomienda a la empresa abrir un proyecto nuevo que consista en construir una base de datos con los precios históricos de los materiales más frecuentes, de esta forma resulta más sencillo para la persona encargada buscar en la base de datos el precio aproximado de los distintos materiales según las especificaciones de los planos sin tener que realizar una cotización formal a los distintos proveedores y esperar este tiempo de respuesta que podría entorpecer el proceso. También puede incluirse en la base de datos los precios históricos según el proveedor, lo cual reduce el tiempo de cotizar nuevamente con todos los suplidores.

En cuanto a las modificaciones más próximas cabe recalcar el registro de otras características para cada orden (número de piezas, complejidad y material y tiempo real por pieza), así como la cotización segregada de los componentes solicitados por un cliente, ya sea que estos se unan o no posteriormente. En caso de haber muchos planos en una misma orden se recuerda la posibilidad de realizar la cotización por subensambles, sin olvidar que este repercute en la exactitud del costeo.

En un futuro se podría mejorar el sistema de costeo al automatizar el proceso de actualización de los coeficientes, incorporando la herramienta al sistema ERP Zoho, el cual es el que utiliza la compañía. Con esta implementación sería posible mejorar la estimación del costeo, ya que los valores que se tendrían para efectuar los cálculos corresponderían a los del último periodo vigente.

Si bien para la primera versión de la herramienta se presenta una guía de transición y actualización que detalla la periodicidad con la que deben actualizarse estos valores, los lapsos considerados van de un mes a tres meses, debido a razones de practicidad, pues es necesario descargar y depurar la

información cada vez que se debe realizar una modificación. Esto implica que al inicio de un periodo la validez de los coeficientes es mayor que al final de este, por lo que al reducir la frecuencia de actualización esta circunstancia mejora.

Referencias bibliográficas

- Bauce, G. J.; Córdova, M. A. y Ávila, A. V. (2018). *Operacionalización de variables*. Revista del Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel”, 49(2), 43-49. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096354/operacionalizacion-de-variables.pdf>
- Betancourt, D. F. (2016, 11 de agosto). *El muestreo estratificado o estratificación: ¿Qué es y cómo se hace?* Ingenio Empresa. www.ingenioempresa.com/muestreo-estratificado
- Blocher, E. J.; Stout, D. E.; Cokins, G. y Chen, K. H. (2008). *Administración de costos* (4ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Carballo Barcos, M. y Guelmes Valdés, E. L. (2016). *Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación* [Trabajo de investigación]. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021
- Celestino Loarte, E. N. (2020). *Propuesta de mejora en el sistema de costeo de producción de una empresa metalmecánica basado en la aplicación de herramientas y técnicas de ingeniería industrial que permita medir y controlar los costos de producción* [Tesis de maestría]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17387>
- Código de Trabajo de Costa Rica. Art. 68. 27 de agosto de 1943 (Costa Rica).
- Giraldo Narváez, C. y Solarte Calderón, D. (2010). *Rediseño de una herramienta para el costeo integral de operaciones en las empresas metalmecánicas de nivel micro y pequeñas* [Tesis de bachillerato]. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/67094/1/redise%C3%B1o_herramienta_costeo.pdf
- Gómez Barrantes, M. (2016). *Elementos de estadística descriptiva*. EUNED.
- Grupo Collado. (s. f.). *Grupo Collado: Acero tan fuerte como su gente*. Recuperado el 10 de abril, 2023, de <https://www.collado.com.mx/>
- Horngren, C. T.; Datar, S. M.; Rajan, M. V. y Gómez Mont Araiza, J. (2012). *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial* (14ª ed.). Pearson Educación.
- Jiménez Rodríguez, N. y Toala García, J. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de costeo por órdenes de trabajo para mejorar la productividad de la constructora COPROBRA S. A.* [Tesis de bachillerato]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7348/1/UPS-GT000724.pdf>
- Katz, J. (1986). *Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana: el caso de la industria metalmecánica*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- López Polanía, J. M. y Quiñónez Castillo, R. (2012). *Herramienta de presupuesto de proyectos en una pyme del sector metalmecánico de la ciudad de Cali* [Tesis de bachillerato].

https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68066/1/lopez_herramienta_presupuestos_2012.pdf

- Mariscal Quellón, J. (2022). *Implementación de minería de datos para optimizar la productividad del sistema de facturación electrónica en la empresa SEEN CORPORATION SELVA SAC, San Martín 2021* [Trabajo de investigación]. <http://repositorio.ulasamericas.edu.pe/handle/upa/1991>
- Mejía Cañas, C. A. (2013). *El concepto de la capacidad instalada*. Planning Consultores Gerenciales.
- Peña Sánchez de Rivera, D. (2013). *Análisis de Datos Multivariantes*. McGraw-Hill Interamericana.
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. (2017). *Caracterización de la industria metalmecánica en Costa Rica. Estadísticas de Comercio Exterior* [Archivo PDF]. <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Caracterizacion%20de%20la%20industria%20metalmecanica%20costarricense.pdf>
- Ríos Gaitán, M. (2019). *Diseño de un sistema de costos para la empresa ARAGRO E. A. T. del sector metalmecánico* [Trabajo de investigación]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11335/T08695.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Rivas, L.; Pérez, M.; Mendoza, L. y Grimán, A. (2010). *Criterios para la selección de herramientas de ingeniería de software en PYMES*. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 25(1), 40-65. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000100009
- Rodríguez Gutiérrez, H. G. y Rojas Cubides, P. A. (2015). *Técnicas de estimación de costos para proyectos: Revisión bibliográfica de 2005 a 2015* [Trabajo de investigación]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2874/1/Rodr>
- Rodríguez Medina, G.; Chávez Sánchez, J.; Rodríguez Castro, B. y Chirinos González, A. (2007). *Gestión de costos de producción en el sector metalmecánico de la región zuliana*. Revista de Ciencias Sociales, 13(3), 455-467. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182007000300007
- Tremblay, R. L. (2023, 26 de abril). *Gráficos de caja y de violín*. Visualización de Datos 2023. https://raymondltremblay.github.io/Visualizacion_Datos/G8_geom_boxplot_geom_violin.html#Diagrama_de_caja_con_geom_boxplot
- Urueña Mejía, J. C.; Julio López, J. y Sarmiento González, G. (2018). *Diagnóstico financiero de la empresa SODIMAC Colombia S. A. 2012–2017* [Trabajo de investigación]. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/empresa-sodimac-colombia.html>.
- Valdivia Álvarez, J. (2011). *Optimización del procedimiento de trabajo para reducción de la necesidad de mantenimiento en tornos CNC*. [Tesis de bachillerato]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1277>

- Villasís Keever, M. Á.; Márquez González, H.; Zurita Cruz, J. N.; Miranda Novales, M. G. y Escamilla Núñez, A. (2018). *El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones*. Revista Alergia México, 65(4), 414-421. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902018000400414
- Zavaleta Pinillos, M. J. (2018). *Costos de producción por órdenes específicas y su incidencia en la rentabilidad de la microempresa metalmecánica E. I. R. L. en Trujillo periodo 2015* [Tesis de bachillerato]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13267>

Glosario

Tiempo cotizado: Cantidad de horas y/o minutos que el personal de ventas designa en la cotización mediante criterio experto; por lo general es mayor que el tiempo estimado.

Tiempo estimado: Cantidad de horas y/o minutos que el jefe de producción planifica que debería durar un componente en determinado proceso. Es conveniente que este sea menor que el tiempo cotizado para prevenir cualquier eventualidad; sin embargo, debido a diferencias entre el personal de ventas y el de producción puede llegar a ser igual o incluso mayor que el tiempo cotizado.

Tiempo real: Cantidad de horas y/o minutos que tarda una pieza en alguno de los procesos con los que cuenta la compañía; en el mejor de los casos debería coincidir con el tiempo estimado.

Tiempo takt: Tiempo que se debe tardar en tramitar una cotización (desde que ingresa la solicitud hasta que es enviada al cliente esperando su aprobación) para poder cumplir con la demanda.

Abreviaturas y acrónimos

ANOVA: Análisis de varianza.

CNC: Control numérico por computadora.

ERP: Enterprise Resource Planning.

PROCOMER: Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica.

PTS: Precision Tech Services.

Anexos

Anexo 1

Ejemplo de una cotización elaborada por PTS

#	Artículo & Descripción	Cant.	Tarifa	Cantidad
PL-PVC-04-0014-ME-BIG GEAR				
1	PL-PVC-04-0014-ME-BIG GEAR Material : 4140	3.00	0.00	0.00
Ítem 9				
2	Materiales	7.4606	30.00	223.82
3	H. Torno	6.00	30.00	180.00
4	H. Fresado	2.00	30.00	60.00
5	H. Fresado CNC	19.00	30.00	570.00
Subtotal				1,033.82
IVA 13% (13%)				134.40
Total				\$1,168.22

Apéndices

Los datos mostrados a continuación se obtienen a partir del sistema ERP Zoho de la empresa Precision Tech Services.

Apéndice 1

Tiempo cotizado, planificado y real

Enero 2021 hasta diciembre 2021		
Órdenes fuera de lo planificado	224	31%
Órdenes fuera de lo cotizado	202	28%
Total	714	100%
Enero 2022 hasta abril 2022		
Órdenes fuera de lo planificado	88	47%
Órdenes fuera de lo cotizado	67	35%
Total	189	100%

Apéndice 1

Continuación - Tiempo cotizado, planificado y real

Enero 2021 hasta abril 2022		
Órdenes fuera de lo planificado	312	35%
Órdenes fuera de lo cotizado	269	30%
Total	903	100%

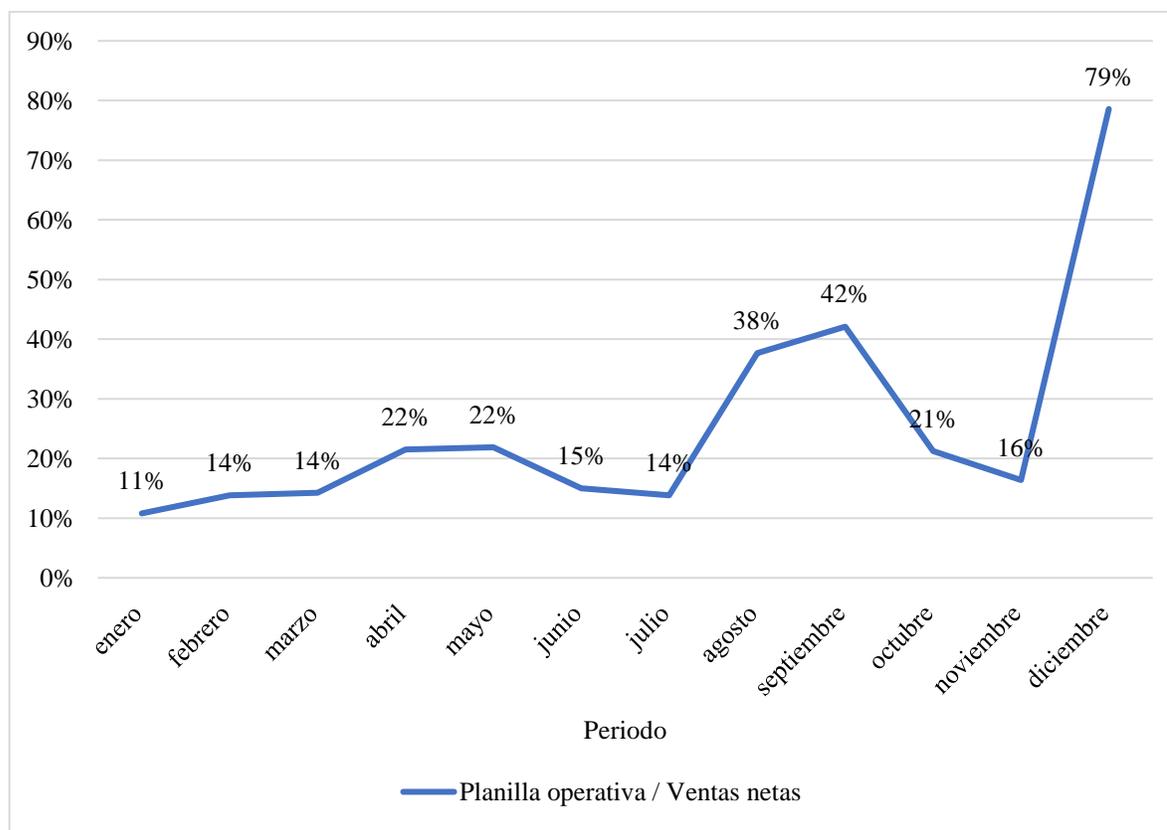
Apéndice 2

Composición del costo de los productos vendidos para el año 2021

Desglose	Porcentaje
Costo por servicios profesionales de producción	0%
Costo por planilla productiva	64%
Costo por materia prima y herramientas	33%
Costos logísticos	3%
Total	100%

Apéndice 3

Relación entre la planilla productiva y las ventas netas para el 2021



Apéndice 4

Tiempo improductivo por mes debido a tareas no asignadas

Mes	Tiempo improductivo debido a tareas no asignadas (horas)
Mayo 2021	54.83
Junio 2021	38.17
Julio 2021	18.17
Agosto 2021	107.00
Septiembre 2021	100.67
Octubre 2021	87.67
Noviembre 2021	107.33
Diciembre 2021	38.75
Enero 2022	95.07
Febrero 2022	97.98
Marzo 2022	186.70
Abril 2022	88.88

Apéndice 5

Tiempo de entrega de las órdenes en el año 2021

Entregas	Órdenes
Tarde	149
A tiempo	342
Órdenes que se entregaron tarde	30.35%

Apéndice 6

Horas extra por mes

Mes	Horas extra invertidas
Junio 2021	21.50
Julio 2021	155.50
Agosto 2021	53.50
Septiembre 2021	19.00
Octubre 2021	15.50
Noviembre 2021	45.00
Diciembre 2021	5.00
Enero 2022	121.50
Febrero 2022	138.50
Marzo 2022	80.00
Abril 2022	20.50

Apéndice 7

Utilización de la maquinaria

Equipo	Promedio	Desviación estándar	Mediana	Máximo	Mínimo
Fresadora 1	44.34%	6%	45.45%	53.40%	29.80%
Fresadora 2	39.65%	8%	39.95%	53.70%	26.20%
Torno	39.09%	12%	40.85%	61.30%	12.60%
Fresadora CNC	38.44%	29%	37.65%	90.20%	0.00%
Fresadora 6	35.96%	10%	36.65%	52.50%	20.50%
Soldadura	33.95%	11%	36.40%	48.10%	10.80%
Fresadora 5	33.79%	10%	34.55%	50.20%	14.00%
Fresadora 4	33.00%	11%	34.45%	54.40%	13.30%
Fresadora 3	32.96%	10%	34.80%	49.00%	14.70%
Fresadora CNC 2	32.15%	31%	36.10%	85.10%	0.00%
Acrílico	14.08%	12%	13.90%	41.00%	0.00%
Fresadora 7	14.70%	16%	7.90%	41.00%	0.00%
Fresadora CNC 3	12.48%	24%	0.00%	69.70%	0.00%
Rectificadora	9.16%	13%	1.45%	39.30%	0.00%
Torno 2	3.94%	6%	0.25%	18.40%	0.00%
Fresadora 8	3.82%	8%	1.40%	34.10%	0.00%
Mill Power	2.35%	4%	0.00%	12.90%	0.00%
Torno 3	2.29%	4%	0.80%	13.60%	0.00%
Cortadora	1.07%	2%	0.00%	6.10%	0.00%
Guillotina	0.48%	2%	0.00%	6.10%	0.00%
Taladro	0.16%	0%	0.00%	1.80%	0.00%
Dobladora	0.02%	0%	0.00%	0.30%	0.00%
Sierra	0.00%	0%	0.00%	0.00%	0.00%

Apéndice 8

Tiempo improductivo por mes debido a reprocesos

Mes	Tiempo improductivo debido a reprocesos (horas)
Junio 2021	27.75
Julio 2021	170.00
Agosto 2021	94.17
Septiembre 2021	83.42
Octubre 2021	30.08
Noviembre 2021	47.58
Diciembre 2021	90.75
Enero 2022	22.37
Febrero 2022	0.00

Apéndice 8

Continuación - Tiempo improductivo por mes debido a reprocesos

Mes	Tiempo improductivo debido a reprocesos (horas)
Marzo 2022	0.00
Abril 2022	93.42

Apéndice 9

Formulario e interpretación de los indicadores financieros en estudio

Indicador	Fórmula	Interpretación
Liquidez		
Capital de trabajo neto	Activo corriente – Pasivo corriente	Peso del capital de trabajo neto sobre el total de activo corriente.
Razón corriente	Activo corriente / Pasivo corriente	Capacidad de atender deudas a corto plazo con recursos corrientes.
Rentabilidad		
Retorno sobre los activos	UODI / Activo total promedio	Caja operativa del periodo del uso de inversión total en activos.
Rentabilidad sobre el patrimonio	Utilidad neta / Patrimonio	Rendimiento obtenido antes de impuestos sobre la inversión de propietarios.
Endeudamiento		
Nivel de endeudamiento	Pasivo total / Activo total	El grado de apalancamiento de acreedores en los activos de la empresa.
Impacto de la carga financiera	Gastos financieros / Ventas	Porcentaje de ventas dedicadas a cubrir carga financiera.
Cobertura de intereses	Utilidad operativa / Gastos financieros	Capacidad de generar utilidades operativas y cubrir intereses.
Endeudamiento a corto plazo	Pasivo corriente / Pasivo total	Porcentaje total de deudas que deben ser canceladas a corto plazo.

Apéndice 10

Manual de usuario desarrollado para la utilización de la herramienta de costeo y cotización

La herramienta desarrollada para la empresa Precision Tech Services tiene como objetivo llevar a cabo un proceso de costeo más preciso y, por ende, una cotización fundamentada en los distintos rubros que componen el costo de cada orden de trabajo en específico.

Para utilizar la herramienta se deben de seguir los pasos descritos a continuación:

1. La herramienta se encuentra en un archivo de Excel llamado “Herramienta de Costeo.xlsm”, no se debe de cambiar el nombre de este archivo debido a que podría afectar la ejecución de algunos macros.
2. Abrir Herramienta de Costeo.xlsm e ir a la pestaña “Cotizador”.

The screenshot shows the 'Cotizador' tool interface. The 'Datos Generales de la Cotización' section has an 'Ítem' field. The 'Proceso de Maquinado' section has a 'Cantidad de piezas' field and a table with columns: Proceso, Complejidad, Tipo de Material, Tiempo Sugerido, and Tiempo a Cotizar. The table lists processes from #1 to #6. To the right, there are buttons for 'Añadir Otro Ítem' (with a calculator icon) and 'Calcular Tiempo' (with a calculator icon). Below the table, there are checkboxes for 'Requiere programación CNC?' and 'Requiere diseño de planos?'. At the bottom, there is a 'Servicio Externo' section and a navigation bar with tabs: 'Costos Indirectos', 'Costo Ponderado', 'BD', 'Cotizador', 'Desglose', 'Cotización', and a plus sign.

3. Se debe de tener a la mano el o los planos que se desean cotizar, en primera instancia se debe determinar cuántos ítems requiere la cotización.
4. Cada uno de los ítems deben cotizarse de forma separada y ser agregados individualmente, para calcular el costo de cada uno de los ítems se deben llenar los espacios de la pestaña “Cotizador”.
5. En primer caso, se debe seleccionar el botón de “Añadir Otro Ítem”, posteriormente se debe colocar un nombre o código único para el ítem y la cantidad de piezas que se requiere fabricar de dicho ítem.

This screenshot shows the 'Cotizador' tool interface with the 'Datos Generales de la Cotización' section. The 'Ítem' field is filled with 'TLT203040' and the 'Cantidad de piezas' field is filled with '2'. The 'Proceso de Maquinado' section is visible but empty. The 'Añadir Otro Ítem' and 'Calcular Tiempo' buttons are present on the right.

6. Posteriormente, se deben agregar los procesos de maquinado que conlleva el ítem en cuestión, las opciones se encuentran como una lista desplegable y se puede seleccionar entre los procesos: acrílico, fresado convencional, fresado CNC, rectificado, soldadura y torno.

This screenshot shows the 'Cotizador' tool interface with the 'Proceso de Maquinado' section. The 'Cantidad de piezas' field is filled with '2'. The 'Proceso' dropdown menu is open, showing options: Acrílico, Fresado, Fresado CNC, Rectificado, Soldadura, and Torno. The table below has columns for 'Proceso', 'Complejidad', 'Tipo de Material', 'Tiempo Sugerido', and 'Tiempo a Cotizar'. The 'Calcular Tiempo' button is visible on the right.

Datos Generales de la Cotización						
Item	TLT203040					
Proceso de Maquinado						
Cantidad de piezas	2					
	Proceso	Complejidad	Tipo de Material	Tiempo Sugerido	Tiempo a Cotizar	
Proceso de maquinado #1	Fresado	2	2	4.08		
Proceso de maquinado #2	Fresado CNC	1	3	4.18		
Proceso de maquinado #3	Rectificado	1	1	4.61		
Proceso de maquinado #4						
Proceso de maquinado #5						
Proceso de maquinado #6						

7. Se debe seleccionar para cada proceso su respectiva complejidad y el tipo de material, para ambos rubros se debe elegir una opción del 1 al 5 según las siguientes características. La complejidad se debe de seleccionar según las observaciones que mejor apliquen en cada caso:

Valoración	Puntaje	Observaciones
Baja	1	Tolerancias bilaterales grandes (mayores a 0.05 pulgadas), funcionabilidad no crítica, formas simples, pocos o ningún agujero, máquinas convencionales.
Media baja	2	Tolerancias bilaterales grandes (entre 0.05 y 0.005 pulgadas), funcionabilidad de acople o ensamble, formas semicomplejas, varios agujeros y roscas de diferente medida, máquinas convencionales.
Media	3	Tolerancias bilaterales críticas (entre 0.005 y 0.0005 pulgadas), formas complejas que implican múltiples montajes, varios agujeros de ajuste preciso, máquinas CNC.
Media alta	4	Tolerancias bilaterales críticas (menores a 0.0005 pulgadas), figuras complejas, piezas muy grandes o pequeñas, máquinas CNC.
Alta	5	Piezas de alta precisión (industria aeroespacial o algunos dispositivos médicos) que además de compartir las características del nivel anterior requieren máquinas con características particulares como máquinas CNC especiales.

El tipo de material se debe de elegir según las siguientes especificaciones:

Material	Descripción
1	Material suave y/o de bajo costo, por su funcionalidad se podría utilizar alguno genérico con un costo similar. Fácil de maquinar (nylon, Delrin, POM, Ertalyte o aluminio).
2	Material suave y/o de costo medio (teflón o Delrin), con cierta dificultad al maquinar debido a alguna característica especial
3	Material con espesor delgado (igual o menor a 0.25 pulgadas) o material semiduro (aluminio, hierro, cobre o bronce), lo cual aumenta la posibilidad de producir scrap.
4	Material que posee una dureza mayor a 25 HRC, en los que se requiere de herramientas especiales (acero inoxidable o acero alto en carbono serie 300 o 400).

Continuación

Material	Descripción
5	Material con alto contenido de níquel, aceros especiales o endurecidos, así como Monel o Inconel.

8. Una vez se tengan los procesos involucrados con su respectiva complejidad y el tipo de material se debe oprimir el botón “Calcular Tiempo”.

Datos Generales de la Cotización

Item

Proceso de Maquinado

Cantidad de piezas

	Proceso	Complejidad	Tipo de Material	Tiempo Sugerido	Tiempo a Cotizar
Proceso de maquinado #1	Fresado	2	2	4.08	
Proceso de maquinado #2	Fresado CNC	1	3	4.18	
Proceso de maquinado #3	Rectificado	1	1	4.61	
Proceso de maquinado #4					
Proceso de maquinado #5					
Proceso de maquinado #6					



9. El tiempo calculado por la herramienta aparecerá en la columna “Tiempo Sugerido”.
10. Se debe considerar el resultado brindado por la herramienta, si este está alineado con el criterio experto del encargado de cotizar se puede copiar y pegar el mismo resultado en la columna “Tiempo a Cotizar”, de forma contraria puede colocar el tiempo que considera pertinente; esta columna siempre debe estar completa debido a que estas cifras son las utilizadas para el cálculo de la cotización final.

Datos Generales de la Cotización

Item

Proceso de Maquinado

Cantidad de piezas

	Proceso	Complejidad	Tipo de Material	Tiempo Sugerido	Tiempo a Cotizar
Proceso de maquinado #1	Fresado	2	2	4.08	4.08
Proceso de maquinado #2	Fresado CNC	1	3	4.18	4.18
Proceso de maquinado #3	Rectificado	1	1	4.61	4.61
Proceso de maquinado #4					
Proceso de maquinado #5					
Proceso de maquinado #6					



11. Una vez que se tiene el resultado correcto se avanza a la parte posterior de la página en la que se deben ingresar los procesos adicionales.
12. Si el ítem requiere programación CNC se debe seleccionar la casilla, de igual forma si involucra diseño de planos.

Procesos Adicionales

¿Requiere programación CNC?

¿Requiere diseño de planos?

13. Seguidamente, se debe colocar la cantidad de horas de programación CNC que involucra si es el caso.

Procesos Adicionales	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere programación CNC?	
Horas de programación CNC	<input type="text" value="3"/>
<input type="checkbox"/> ¿Requiere diseño de planos?	

14. Así mismo, se debe completar la sección relacionada a servicio externo, si el ítem no lo requiere simplemente se deja la casilla en blanco y no se habilitarán las preguntas relacionadas, si el ítem sí contempla algún proceso externo debe colocar el monto cotizado por dicho servicio si se conoce, de forma contraria puede utilizar un porcentaje del costo total de la orden que será asignado a procesos externos. El porcentaje se puede modificar según el criterio experto del encargado de cotizar.

Servicio Externo	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conlleva servicio externo?	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conoce el costo del servicio externo?	<input type="text" value="206%"/> Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a servicio externo
Digite el monto de servicio externo cotizado	<input type="text" value="\$ 150.00"/>

15. Se debe realizar el mismo análisis para el costo de materiales y herramientas, en este caso si se conoce el costo se debe colocar, de otra manera se coloca por defecto el porcentaje del costo total de los procesos asociados según datos históricos (17.32%).

Materiales/Herramientas/Accesorios	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conoce el costo de materiales y/o herramientas?	<input type="text" value="17%"/> Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a materiales y herramientas
Digite el monto de materiales y/o herramientas	<input type="text" value="\$ -"/>

16. Una vez completa la página se debe dar clic al botón agregar ítem, lo cual genera el costeo en la pestaña “Desglose”.

Procesos Adicionales	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere programación CNC?	
Horas de programación CNC	<input type="text" value="1"/>
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere diseño de planos?	

Servicio Externo	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conlleva servicio externo?	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Conoce el costo del servicio externo?	<input type="text" value="206%"/> Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a servicio externo
Digite el monto de servicio externo cotizado	<input type="text" value="\$ 150.00"/>

Materiales/Herramientas/Accesorios	
<input type="checkbox"/> ¿Conoce el costo de materiales y/o herramientas?	<input type="text" value="17%"/> Si no conoce el monto coloque un porcentaje del costo destinado a materiales y herramientas

Proceso de maquinado #1	Fresado	2	2			4.08	4.08
Proceso de maquinado #2	Fresado CNC	1	3			4.18	4.18
Proceso de maquinado #3	Rectificado	1	1			4.61	4.61
Proceso de maquinado #4							
Proceso de maquinado #5							
Proceso de maquinado #6							

Procesos Adicionales	
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere programación CNC?	
Horas de programación CNC	1
<input checked="" type="checkbox"/> ¿Requiere diseño de planos?	
Servicio Externo	

Microsoft Excel

Item Agregado al Desglose

Aceptar

17. Se recomienda consultar primeramente la pestaña “Desglose” para verificar que el costo del ítem es coherente.

Cliente	
Código de Cliente	
Código de Trato	
Número de Cotización	

Costo Total	\$ 652.65
Utilidad	20%
Descuento	5%
Sub Total	\$ 744.02
Impuesto	13%
Total	\$ 840.75

Crear Cotización



Ítem	Proceso	Cantidad de Horas	Costo por Hora	Costo Total
TLT203040	Fresado	4.08	\$ 25.35	\$ 103.42
TLT203040	Fresado CNC	4.18	\$ 50.87	\$ 212.87
TLT203040	Rectificado	4.61	\$ 19.04	\$ 87.79
TLT203040	Programación CNC	1.00	\$ 8.00	\$ 8.00
TLT203040	Diseño	3.00	\$ 6.86	\$ 20.58
TLT203040	Servicio Externo	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
TLT203040	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 69.99	\$ 69.99

18. Si desea agregar otro ítem debe de presionar el botón “Añadir Otro Ítem”, completar la información respectiva, agregar el ítem con el botón inferior, consultar el desglose y así sucesivamente.

Cliente	
Código de Cliente	
Código de Trato	
Número de Cotización	

Costo Total	\$ 1 361.40
Utilidad	20%
Descuento	5%
Sub Total	\$ 1 552.00
Impuesto	13%
Total	\$ 1 753.76

Crear Cotización



Ítem	Proceso	Cantidad de Horas	Costo por Hora	Costo Total
TLT203040	Fresado	4.08	\$ 25.35	\$ 103.42
TLT203040	Fresado CNC	4.18	\$ 50.87	\$ 212.87
TLT203040	Rectificado	4.61	\$ 19.04	\$ 87.79
TLT203040	Programación CNC	1.00	\$ 8.00	\$ 8.00
TLT203040	Diseño	3.00	\$ 6.86	\$ 20.58
TLT203040	Servicio Externo	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
TLT203040	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 69.99	\$ 69.99
TLT205006	Torno	6.45	\$ 37.89	\$ 244.48
TLT205006	Fresado CNC	4.35	\$ 50.87	\$ 221.38
TLT205006	Soldadura	5.65	\$ 22.07	\$ 124.62
TLT205006	Programación CNC	2.00	\$ 8.00	\$ 16.01
TLT205006	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 102.27	\$ 102.27

19. Cuando finalice de agregar los ítems al desglose, se debe completar la información del encabezado de esta misma pestaña. Se debe de agregar el nombre del cliente, el código de cliente (corresponde a elegir entre cliente tipo A, B o C dependiendo de la segregación de la empresa), también se debe colocar el código de trato y el número de cotización.

Cliente	Cliente 1
Código de Cliente	A
Código de Trato	T-5780-1
Número de Cotización	C-5780-1

Costo Total	\$ 1 361.40
Utilidad	20%
Descuento	5%
Sub Total	\$ 1 552.00
Impuesto	13%
Total	\$ 1 753.76



Ítem	Proceso	Cantidad de Horas	Costo por Hora	Costo Total
TLT203040	Fresado	4.08	\$ 25.35	\$ 103.42
TLT203040	Fresado CNC	4.18	\$ 50.87	\$ 212.87
TLT203040	Rectificado	4.61	\$ 19.04	\$ 87.79
TLT203040	Programación CNC	1.00	\$ 8.00	\$ 8.00
TLT203040	Diseño	3.00	\$ 6.86	\$ 20.58
TLT203040	Servicio Externo	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
TLT203040	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 69.99	\$ 69.99
TLT205006	Torno	6.45	\$ 37.89	\$ 244.48
TLT205006	Fresado CNC	4.35	\$ 50.87	\$ 221.38
TLT205006	Soldadura	5.65	\$ 22.07	\$ 124.62
TLT205006	Programación CNC	2.00	\$ 8.00	\$ 16.01

20. Por otro lado, se debe agregar la utilidad, el descuento según el código de cliente y el impuesto que aplica.

Cliente	Cliente 1
Código de Cliente	A
Código de Trato	T-5780-1
Número de Cotización	C-5780-1

Costo Total	\$ 1 361.40
Utilidad	25%
Descuento	10%
Sub Total	\$ 1 531.58
Impuesto	0%
Total	\$ 1 531.58



Ítem	Proceso	Cantidad de Horas	Costo por Hora	Costo Total
TLT203040	Fresado	4.08	\$ 25.35	\$ 103.42
TLT203040	Fresado CNC	4.18	\$ 50.87	\$ 212.87
TLT203040	Rectificado	4.61	\$ 19.04	\$ 87.79
TLT203040	Programación CNC	1.00	\$ 8.00	\$ 8.00
TLT203040	Diseño	3.00	\$ 6.86	\$ 20.58
TLT203040	Servicio Externo	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
TLT203040	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 69.99	\$ 69.99
TLT205006	Torno	6.45	\$ 37.89	\$ 244.48
TLT205006	Fresado CNC	4.35	\$ 50.87	\$ 221.38
TLT205006	Soldadura	5.65	\$ 22.07	\$ 124.62
TLT205006	Programación CNC	2.00	\$ 8.00	\$ 16.01
TLT205006	Materiales y Herramientas	1.00	\$ 102.27	\$ 102.27

21. Al tener el desglose completo se debe presionar el botón “Crear Cotización” y dirigirse a la hoja respectiva.

Ítem	Cantidad de Unidades	Costo Unitario	Costo Total
TLT203040	2.00	\$ 326.33	\$ 652.65
TLT205006	2.00	\$ 354.38	\$ 708.75



Costo Total	\$ 1 361.40
Utilidad	25.00%
Descuento	10.00%
Subtotal	\$ 1 531.58
Impuesto	0.00%
Total	\$ 1 531.58



22. Cuando ya se ha terminado la cotización se debe presionar el botón “Limpiar Datos”.

Apéndice 11

Lista de validación de atributos enviada a la contraparte para evaluar el cumplimiento del indicador de éxito relacionado con la facilidad de uso

Atributo	Descripción	
Facilidad de aprender	Aprender a utilizar la herramienta es un proceso sencillo, no es complicado entender su funcionamiento ni la forma de ejecutar el proceso	Sí cumple
Facilidad de usar	Una vez comprendido el proceso de utilización de la herramienta resulta sencillo su uso	Sí cumple
Comprensión de la información	La organización y/o estructura de la herramienta permite comprender y completar la información necesaria	Sí cumple
Utilización intuitiva	El usuario de forma intuitiva reconoce el proceso que debe seguir al utilizar la herramienta	Sí cumple
Orden lógico del proceso	La herramienta guía al usuario de forma intuitiva a seguir la secuencia de pasos necesarios para llevar a cabo el proceso	Sí cumple
Claridad del proceso	La forma en la que se diseña el proceso resulta claro para el usuario	Sí cumple
Adaptable al tipo de negocio	La herramienta se adapta a lo requerido para llevar a cabo el proceso de cotización de forma exitosa	Sí cumple
Flexible a cambios en datos	La herramienta podría perdurar en el tiempo y se puede adaptar a nuevos escenarios del negocio	Sí cumple
Orientada al usuario	La forma en la que la herramienta funciona va enfocada en hacer las tareas del usuario más sencillas	Sí cumple
Concisa	La información que requiere la herramienta es concisa y contiene lo estrictamente necesario para ejecutar el proceso	Sí cumple
Eficaz	La herramienta permite llevar a cabo el proceso de forma exitosa	Sí cumple
Eficiente	La herramienta permite llevar a cabo el proceso con menos recursos (tiempo)	Sí cumple

Tiempo para una orden en el proceso de cotización con el método actual

Esto es un proceso variable pero en la medida de tiempo no es viable la comparación dado que el criterio experto es muy rápido pero poco preciso y muy variable.

Tiempo para una orden en el proceso de cotización con la herramienta propuesta

Apéndice 12

Carta de aprobación de la herramienta por parte de la contraparte

15 de abril del 2023

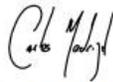
Carrera de Ingeniería Industrial
Sede Interuniversitaria de Alajuela
Universidad de Costa Rica

A quién interese:

Por este medio hago constar que los estudiantes Eckson Abraham Brenes Morera carné B81277, Ericka Herrera Solís carné B73795, y Sasha Andrea Siles Núñez, carné B36673; han realizado satisfactoriamente el respectivo proceso de diagnóstico, diseño y validación del proyecto de graduación. Para dicho fin, se entrega a la empresa Precision Tech Services la herramienta de costeo y cotización en conjunto con su respectivo manual de usuario.

Asimismo, hago constar que la empresa se encuentra satisfecha con la herramienta, la cual cuenta con los atributos necesarios para validar los siguientes indicadores de éxito del proyecto: Mejora en la estimación del tiempo, presencia de una herramienta confiable para la estimación de tiempos y simplicidad de uso en la herramienta de costeo.

Atentamente,



CARLOS
ALBERTO
MADRIGAL
VALVERDE
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por CARLOS ALBERTO
MADRIGAL VALVERDE
(FIRMA)
Fecha: 2023.05.12
08:38:43 -06'00'

Ing. Carlos Alberto Madrigal Valverde

1-1436-0600

Gerente de Operaciones

Precision Tech Services