

Centro de Enseñanza Técnica y Superior

Con reconocimiento de validez oficial de estudios del Gobierno del Estado de Baja California según
Acuerdo de fecha 10 de octubre de 1983



Cotizador para nuevos centros de interruptores eléctricos personalizados por rasgos de diseño modular

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

Maestro en Ciencias de la Ingeniería

Presenta:

Tania Iveth Lizarraga Perez

Director:

Dr. Alejandro Guzman Ocegueda

Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS Universidad)

Tijuana, B.C. a 17 de marzo de 2020.

**COTIZADOR PARA NUEVOS CENTROS DE INTERRUPTORES ELECTRICOS
PERSONALIZADOS POR RASGOS DE DISEÑO MODULAR**

Tesis/Proyecto de aplicación que para obtener el grado de Maestro en Ciencias de
la Ingeniería

Presenta:

Tania Iveth Lizárraga Perez

y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Alejandro Guzman Ocegueda

Director de tesis

Dr. Ricardo Martinez Soto

Coordinador del Posgrado en Ingeniería

Tania Iveth Lizárraga Perez© 2020

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor

Resumen

El sistema de manufactura ETO (ingeniería a pedido) es caracterizado por su complejidad e incertidumbre en la manufactura de órdenes por la diferenciación dada en cada una de estas. La personalización de cada orden implica la existencia de un equipo de ingenieros encargados de diseñar el producto a manufacturar y un equipo de cotización encargado de realizar estimaciones certeras sobre el producto o proyecto a fabricarse. En Schneider Electric la cotización de órdenes para este sistema de manufactura se realiza a través de estadística histórica siendo poco certera en cuanto al costo de manufactura real causando importantes variaciones en la estimación del margen de contribución para la empresa. La presente tesis propone un nuevo método para realizar cotizaciones con el objetivo de realizar una aproximación más cercana al costo y margen real tras la fabricación del producto y así reducir el riesgo económico para la empresa dado por estimaciones erróneas impactando igualmente la entrada de órdenes hacia el centro de manufactura. El nuevo método de costeo introduce un modelo estándar modular basado en los rasgos de diseño para el producto 7910, centro de interruptores de cubierta metálica de 1200A, 5/15kV. A diferencia del método de cotización anterior este propone un análisis de los rasgos diferenciadores del producto con estimaciones de tiempo por rasgo y el uso de tasas de costos actualizadas. El modelo propuesto ha demostrado reducir las variaciones entre el margen real y el estimado para total de 38 órdenes manufacturadas en los periodos 2018-2019 cumpliendo con el objetivo de reducción en variaciones de un $\pm 3\%$ estipulado por el corporativo. Las pruebas estadísticas empleadas en las muestras de periodos pasados como chi cuadrada y desviación estándar permiten asumir la hipótesis alternativa de la presente tesis, el uso de un modelo de costeo estándar modular basado en rasgos de diseño agrupado reduce las variaciones entre el costo estimado y el costo efectivo de manufactura. La reducción del riesgo económico para la empresa tras la implementación de este nuevo modelo se reduce de una variación absoluta de \$345 mil dólares en un periodo de tres años a \$65 mil dólares.

Palabras clave: cotización, costeo modular, ingeniería a pedido, margen de manufactura.

Abstract

The ETO manufacturing system (engineer-to-order) is known for its complexity and uncertainty in the manufacturing of orders due to the differentiation given in each of the products made. The customization of each order implies the existence of a team of engineers in charge of designing the product to be manufactured and a quotation team in charge of making accurate estimates of the product or project to be manufactured. At Schneider Electric the order quotation for this manufacturing system is carried out through historical statistics being uncertain about the processing and real manufacturing cost causing significant variations in the estimate of margin contribution for the company. This thesis proposes a new method for quotation with the objective of making a closer approximation to the real landed cost and margin after fabricating the product and thus reducing the economic risk for the company given by erroneous margin estimations and impacting order entry rate towards the manufacturing center. The new costing method introduces a modular standard model based on the design features for the 7910 product, 1200A, 5/15kV metal clad switchgear. Unlike the previous quotation method, it proposes an analysis of the differentiating features of the product with time estimates by feature and the use of updated cost rates. The proposed model has been shown to reduce the variations between real and estimated margin for a total of 38 orders manufactured within 2018-2019, complying with the corporate objective of variances reduction of $\pm 3\%$. Through statistical tests used in the samples of past periods such as chi square and standard deviation it can be assumed the alternative hypothesis of this thesis, the use of a modular standard costing model based on grouped design features reduces the variations between the estimated cost and the effective manufacturing cost. After the implementation of this new model, the reduction of the economic risk for the company shrinks from an absolute variation of \$345 thousand dollars in a period of two years to \$65 thousand dollars.

Key words: quotation, modular costing, engineer-to-order, manufacturing margin.

Dedicatoria

En números estoy agradecida con Dios por las 20,217 millas áreas y más de 150 horas que representaron esta tesis. El inicio y culminación de esta etapa en mi vida fue impulsado por muchas personas que creyeron en mí, la empresa donde trabajo (Schneider Electric) la cual fue un sustento económico importante pero principalmente la inspiración para decidir ingresar a una maestría en ingeniería, muy diferente a mi carrera y contexto profesional. Dedico este proyecto a mi madre, la cual siempre me ha impulsado a perseguir mis sueños y me ha apoyado en mis metas y decisiones. Sobre todo, me ha enseñado a terminar lo que uno comienza y amar lo que haces cada día. No sería nada sin todas sus enseñanzas, oportunidades y las oportunidades que me ha brindado para seguir creciendo y desarrollándome.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a Mary Tostado, Ricardo Cardenas, Joe Kowalski, Pamela Bordes, Bridgette Friddle, Claudio Pagotto y Sebastien Chauge por confiar ciegamente en mí no solo como empleada, pero como persona. Por invertir en mi conocimiento y crecimiento personal y profesional, por aconsejarme y guiarme hacia caminos exitosos llenos de retos y por creer que una licenciada y ahora contralora financiera pudiera obtener un grado en ingeniería. Gracias a mi equipo de trabajo en este valioso e importante proyecto, Muhammad Ali, Alex Garcia, Tony P. y Mike Crawford. Gracias por su pasión y paciencia, porque a pesar de ser un equipo con diferentes responsabilidades pudimos llegar a acuerdos valiosos que seguirán contribuyendo al éxito financiero de la empresa.

Agradezco también a Gerardo Martinez por ser mi apoyo e inspiración en la vida, por estar orgulloso de mis logros y triunfos, pero también estar a mi lado en mis derrotas. Gracias Dany Mendez por aparecer en mi vida a estas alturas, escuchar mis quejas, imprimir mis trabajos e impulsarme a ver el lado bonito de la vida. Gracias a mi Phany y a mi hermano Hector, por siempre estar al pendiente de mi y apoyarme en cada etapa del proceso. Por último, pero no menos importante, gracias Dr. Martínez Soto y Dr. Guzmán Ocegueda por el apoyo durante este proceso. Sé que no fue fácil darme soporte remoto y tener que ajustar los programas y sesiones para que yo pudiera continuar esta maestría. Agradezco su confianza y conocimientos transferidos.

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Introducción	11
Capítulo 2. Antecedentes.....	13
2.1 Los sistemas de manufactura ‘Engineer-To-Order’	14
2.2 Cotización y costeo de productos personalizados	17
2.2.1 Características de un sistema de cotización y costeo eficiente	20
2.3 Modelos e innovaciones de costeo en la industria.....	22
2.3.1 Costeo basado en rasgos de diseño	22
2.3.2 Costeo basado en actividades (ABC)	24
2.3.3 Costeo de ciclo de vida del producto	28
2.4 Modelo de costeo actual utilizado en Schneider Electric Smyrna, PDCAT Multipliers.....	29
2.5 Proyecto de costeo para mejora del margen en ETO Schneider	35
2.6 Desviación entre el margen cotizado y actual en el centro de manufactura Schneider Electric, Smyrna T.N.	37
Capítulo 3. Definición del problema de investigación	43
3.1 Justificación	43
3.2 Pregunta de investigación.....	48
3.3 Hipótesis.....	48
3.4 Objetivos	49
Capítulo 4. Metodología	51
4.1 Metodología para definición del problema	51
4.2 Metodología para comprobación de hipótesis de investigación.....	54
Capítulo 5. Resultados	60

5.1 Selección de configuraciones modulares para el producto PDCAT 7910	60
5.2 Construcción del costo para las configuraciones modulares seleccionadas	65
5.2.1 Cálculo de costo de materiales (BOM)	69
5.2.2 Cálculo de tiempos de ingeniera, manufactura y calidad	70
5.3 Etapa 1: corrida piloto con órdenes pasadas embarcadas el año anterior (2018)	76
5.4 Etapa 2: corrida piloto con órdenes pasadas embarcadas el año anterior (2019)	80
5.5 Etapa 3: corrida piloto con órdenes futuras a embarcarse en el año (2020)	81
5.6 Aplicación de pruebas estadísticas para confirmar la hipótesis	86
5.6.1 Chi Cuadrada (X^2)	86
5.6.2 Prueba de desviación estándar de dos o más muestras	87
Capítulo 6. Discusión de resultados	91
6.1 Repetibilidad y efectividad del modelo en órdenes en periodos previos	92
6.2 Aplicación del modelo en tiempo real	97
6.3 Limitaciones y futuras aplicaciones del método propuesto	99
Capítulo 7. Conclusiones	102
Capítulo 8. Referencias	104
Capítulo 9. Anexos	107

Lista de Figuras

Figura 1. Forma y flujo de método de cotización actual aplicado a proyectos de medio voltaje en Schneider Electric.	30
Figura 2. Proyecto 15KV Switchgear Cleveland Ford enviado al cliente en abril del 2018, fecha de cotización 15/01/2018.	33
Figura 3. Aplicación de multiplicadores al valor en list dollars de la lista de materiales generada a través del selector y equipo de cotización (BOM cotizado).	35
Figura 4. Smyrna Hoshin 2019. Fuente: Schneider Electric Smyrna. (2019). Hoshin 2019.	36
Figura 5. Análisis de causa raíz de imprecisión en el costeo de proyectos en la etapa de licitación.	36
Figura 6. Producto: centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Schneider Electric. (2019). Masterclad MV Metal-Clad Switchgear.	43
Figura 7. Fuentes de información secundarias recopiladas del portal interno de Schneider Electric sobre el proceso de cotización actual. Fuente: Schneider Electric. (2019). SE Advantage 101-2: SEA Quotation Essentials.	52
Figura 8. Plano de ingeniería para la configuración típica 1A (1 interruptor, CPT & VT).	61
Figura 9. Plano de ingeniería para la configuración típica 1B (1 interruptor, VT).	61
Figura 10. Plano de ingeniería para la configuración típica 1C (2 interruptores).	62
Figura 11. Plano de ingeniería para la configuración típica 1D (1 interruptor tie, campanas de porcelana).	62
Figura 12. Plano de ingeniería para la configuración típica 1E (1 interruptor).	63
Figura 13. Plano de ingeniería para la configuración típica 1F (0 interruptores, sección en blanco).	63
Figura 14. Plano de ingeniería del cableado de la puerta principal con componentes electrónicos	64
Figura 15. Componentes del CSC en Schneider Electric.	63
Figura 16. Composición del Costo Estándar en Schneider Electric.	66

Figura 17. Aplicación de costo estándar a productos manufacturados.	67
Figura 18. Dispersión de horas de ingeniería por sección registradas en el sistema Kronos del 2017 al 2018 para el producto MCLD Indoor.	71
Figura 19. Figura 19. Análisis detallado de costo actual vs nuevo método propuesto basado en rasgos de diseño, orden enviada en periodo 2019	76
Figura 20. Primera orden enviada y cotizada del año 2020 para el producto 7910 centro de interruptores de cubierta metálica.....	83
Figura 21. Segunda orden enviada y cotizada del año 2020 para el producto 7910 centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Elaboración Propia.	84
Figura 22. Tercera orden enviada y cotizada del año 2020 para el producto 7910 centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Elaboración Propia.....	85
Figura 23. Prueba Chi Cuadrada órdenes del periodo 2018.....	86
Figura 24. Prueba Chi Cuadrada órdenes del periodo 2019.....	87
Figura 25. Prueba de desviación estándar para dos muestras del periodo 2018 al 2019.....	88
Figura 26. Diagrama de caja y bigote e histograma para prueba de desviación estándar de las dos variaciones.	89
Figura 27. Diagrama de serie de tiempo para variaciones del método inicial (uno) y método nuevo (dos).	90

Lista de Tablas

Tabla 1. Órdenes del periodo 2014-2017 del PDCAT 7914	34
Tabla 2. Tabla Pivote para 2018-2019 con sumatoria consolidada de datos por producto.....	38
Tabla 3. Tabla final consolidada con datos del impacto en margen 2018-2019 de los productos manufacturados en Smyrna.....	40
Tabla 4. Segmentos 2018-2019 del producto MCLD	40
Tabla 5. PDCAT 7910 y su impacto en volumen 2018-2019.....	41
Tabla 6. Línea base de discrepancias en costeo con modelo actual 2018-2019	46
Tabla 7. Detalle de discrepancias del subproducto 7910: centro de interruptores de cubierta metálica 1500A, 5/15 kV 2018-2019	47

Tabla 8. Matriz del producto 7910 con las configuraciones típicas y rasgos de diseño base	60
Tabla 9. Rasgos especializados manufacturados en el periodo 2018-2019 en el PDCAT 7910 ...	65
Tabla 10. Tasas de costos definidas en Smyrna 2018.....	68
Tabla 11. Tasas de costos definidas en la planta de Smyrna 2019.....	68
Tabla 12. Tasas de costos definidas en la planta de Smyrna 2020.....	69
Tabla 13. Costo de material por modulo o configuración	70
Tabla 14. Actividades del equipo de ingeniería de órdenes	70
Tabla 15. Horas de ingeniería por configuración modular	72
Tabla 16. Tiempo estándar de manufactura por configuración modular por estación de trabajo.....	73
Tabla 17. Tiempos de pruebas de calidad para configuraciones modulares preestablecidas	74
Tabla 18. Tiempos de manufactura y calidad consolidados con su respectivo costo	74
Tabla 19. Costo consolidado (2019) para las seis configuraciones modulares diseñadas	75
Tabla 20. Costo consolidado (2018) para las seis configuraciones modulares diseñadas	75
Tabla 21. Costo consolidado (2020) para las seis configuraciones modulares diseñadas	76
Tabla 22. Resultados de órdenes del 2018 cotizadas con el nuevo método modular basado en rasgos de diseño y su comparación vs el método previo PDCAT multipliers.....	77
Tabla 24. Resultados de órdenes del 2019 cotizadas con el nuevo método modular basado en rasgos de diseño y su comparación vs el método previo PDCAT multipliers.....	81
Tabla 25. Órdenes evaluadas con métodos de costeo y su variación en el margen estimado vs actual	93
Tabla 26. Variación total de órdenes retadas con ambos métodos de costeo del 2018, 2019 y 2020.	94
Tabla 27. Órdenes con variación mayor a +/-3% entre el margen cotizado con nuevo método y actual.....	96

Capítulo 1. Introducción

El costo de manufactura es uno de los elementos esenciales para la competitividad en la industria. El conocer y poder estimar los costos de un proceso de manera efectiva es la base del calculo para determinar un precio y margen adecuado de los productos y servicios a proporcionar. Además, el establecimiento efectivo de costos predeterminados puede fungir como línea base de comparación del desempeño y eficiencia del centro de manufactura.

El costo es un factor fundamental en el sistema de manufactura de ingeniería a pedido, este es empleado para cotizar productos y proyectos no estandarizados y juega un papel importante en la tasa ganadora de órdenes en el mercado ante la competencia. La presente tesis analiza el método de costeo actual empleado en la empresa Schneider Electric, en su planta ubicada en Smyrna Tennessee especialista en la producción de equipo de medio voltaje. En la presente investigación se propone un nuevo método de costeo y cotización de órdenes para el producto centro de interruptores eléctricos de cubierta metálica de 1200A, 5/15kV. Este nuevo método, a diferencia del anterior, basado en estadística histórica para estimación del costo, se basa en principios de ingeniería para realizar un análisis modular del producto identificando rasgos diseño y configuraciones determinantes del costo.

La construcción de este nuevo método de costeo implica la elaboración de dibujos de ingeniería aplicada, mecánica y eléctrica para las nuevas configuraciones modulares, la toma de tiempos de manufactura, ingeniería y calidad, siendo estos los determinantes del costo por configuración y, la construcción de tasas anualizadas comprendiendo los gastos directos e indirectos asignables a la fabricación del producto. A través de la construcción de un nuevo método de costeo basado en rasgos de diseño identificados se planea comprobar la efectividad de este al comparar la estimación del costo contra el costo efectivo de manufactura a través de la prueba chi cuadrada y desviación estándar.

El análisis estadístico de órdenes manufacturadas en periodos anteriores, así como simulaciones en tiempo real permitirá definir si el nuevo método construido permite una mejor aproximación al costo y margen actual tras la manufactura y procesamiento del producto en cuestión en la planta productiva. La efectividad del método propuesto se propone como una

solución ante la baja tasa de asertividad en la estimación de costo, precio y margen actual de la empresa Schneider Electric, la cual ha puesto en riesgo la utilidad de la empresa y la entrada de órdenes de producción hacia el centro de manufactura.

Capítulo 2. Antecedentes

Schneider Electric (SE) es una compañía multinacional de origen francés considerada como un especialista global en gestión energética y automatización. La empresa es líder en soluciones integradas para hogares, edificios, centros de datos, infraestructura e industrias. En el año fiscal 2019 la empresa registró un crecimiento orgánico del 4.2% y alcanzó € 27.2 mil millones en ingresos con un margen bruto de la empresa es del 16%. Schneider Electric cuenta con presencia global en más de 100 países con enfoque en administración de energía de media tensión, baja tensión y energía segura, y en sistemas de automatización (Schneider Electric, 2018).

El mercado de Norte América representa el 28% de los ingresos globales de la empresa y la cadena de suministro global de Schneider Norte América cuenta con un portafolio variado de productos enfocados a los segmentos de energía digital, productos eléctricos, automatización industrial, hogar y distribución, energía segura y sistemas de energía, con 36 centros de manufactura en la región y siete centros de distribución operando en México, Estados Unidos y Canadá. Los centros de manufactura están segmentados en clústers dependiendo del sistema de manufactura ejecutado, el tipo de producto fabricado y los sistemas de administración, ingeniería y diseño empleados.

La región de Norte América está compuesta por cuatro clústers de manufactura: el clúster estándar donde predominan los productos dirigidos al segmento de hogar y distribución y el sistema de manufactura predominante en estas plantas es la fabricación por pedido y por orden (MTS/MTO, por sus siglas en inglés haciendo referencia a Make-to-Stock y Make-to-Order); el clúster de productos configurados a pedido (CTO, por sus siglas en inglés de Configured-to-Order) manufacturando productos mayormente para la industria de automatización; el clúster de productos electrónicos, enfocado principalmente en la energía digital dedicado a la manufactura de productos con circuitos electrónicos y accesorios para otros equipos fabricados por la empresa y por último; el clúster de ingeniería a pedido (ETO, por sus siglas en inglés de Engineer-To-Order) con enfoque en el mercado de media y baja tensión, a través de la fabricación de productos eléctricos personalizados a los requerimientos del cliente.

La planta de Schneider Electric en Smyrna, Tennessee es un ejemplo de la manufactura ETO, esta manufactura de equipos de medio voltaje para grandes empresas gubernamentales y privadas. La empresa fabrica equipos de conmutación a nivel macro encapsulados en marcos de metal combinando interruptores de desconexión eléctrica, fusibles y disyuntores utilizados para controlar, proteger y aislar equipos eléctricos. Sus aplicaciones están orientadas hacia segmentos de mercado como centros de datos, empresas de petróleo, centros educativos, hospitales, grandes oficinas e industrias con el objetivo de desenergizar servidores y equipos en caso de fallas eléctricas previniendo de accidentes y daños al funcionamiento.

A diferencia de otras plantas de Schneider en el mundo, donde los productos son manufacturados a volumen, este tipo de equipos requieren especificaciones del cliente para ser diseñados y compatibles con instalaciones y equipos del usuario final. Por lo mismo, cada orden es analizada minuciosamente y en la etapa de producción existe un equipo de ingeniería dedicado a diseñar y dibujar de manera digital los planos a fabricarse en el área de producción. Sin embargo, el proceso inicia al recibir el requerimiento del cliente y un equipo especializado cotiza o realiza una estimación del producto a fabricar. Dado el sistema de manufactura empleado en la planta productiva de Smyrna, ingeniería a pedido, es pertinente realizar una descripción detallada de este sistema presentado a continuación.

2.1 Los sistemas de manufactura ‘Engineer-To-Order’

Uno de los retos enfrentados por las industrias y organizaciones hasta diciembre de 2019 es el contar con la capacidad de suplir la demanda personalizada de los clientes. En la actualidad, las demandas de los clientes son a menudo impredecibles. La variedad en productos resulta ser una necesidad para responder a los diferentes requisitos del mercado y de los clientes y a los problemas tecnológicos desafiantes. El nuevo concepto de aplicación de la personalización masiva ha sido introducido en las industrias (Hanafy y ElMaraghy, 2014).

La alta personalización en productos ha proporcionado relevancia a las industrias conocidas como ingeniería a pedido (ETO, por sus siglas en inglés de Engineer-To-Order) y manufactura a pedido (MTO, Make-To-Order). Centrando el enfoque de esta investigación en los

sistemas de manufactura de ingeniería a pedido, en este, las actividades definitivas para la entrega del producto final (diseño, ingeniería, manufactura y ensamble) son ejecutados tras recibir la orden del cliente. Por lo mismo cada producto manufacturado es altamente personalizado y la cadena de valor difiere para cada variación del mismo producto (Dulchi et al., 2014).

Los productos ETO son sistemas complejos "únicos en su tipo" e involucran productos altamente variables diseñados para satisfacer las especificaciones del cliente. El esquema ETO es utilizado como un medio óptimo para competir en la industria moderna, sin embargo, implica el diseño de nuevos productos, componentes o piezas para satisfacer las cambiantes y personalizadas necesidades del cliente (Cicconi, Castorani, Germani, et al., 2019).

Dulchi et al. (2014) identifica la cadena de valor de estos sistemas de manufactura de la siguiente manera:

- A) Fase de nuevo desarrollo de producto: este proceso refiere a la introducción de nuevas soluciones tecnológicas encargadas de sincronizar las necesidades y requerimientos del cliente. Esta fase es crítica para las empresas ETO.
- B) Fase de ventas: una orden de cliente potencial usualmente inicia con la invitación de licitación. Durante esta etapa de licitación usualmente todos los documentos validos de la oferta son generados, incluyendo el mapeo de los requerimientos del cliente, la definición de características comerciales, precios de cotización y tiempos de entrega. La tasa ganadora de licitación es baja en este tipo de sistema de manufactura por lo tanto el costeo rápido y eficiente es requerido durante esta fase de la cadena de valor.
- C) Fase de ingeniería a pedido: durante esta fase las listas de materiales (BOMs) configurables de enfoque adaptativo y generativo son generadas para ajustar el producto a cumplir los requerimientos de cliente sin requerir una modificación sustancial a la estructura del producto. La productividad durante esta fase sucede siempre y cuando las actividades de ingeniería puedan ser automatizadas.

- D) Fase de compras: el departamento de procuración de materiales recibe las especificaciones componentes y subsistemas del equipo de diseño y es responsable, a través de proveedores, de suministrar los componentes y subensambles del producto.
- E) Fase de producción y logística: la competitividad del sistema de manufactura depende de la sincronización de la ingeniería, manufactura y el proceso de compras. La mayoría de las decisiones tomadas durante las etapas anteriores de diseño y materiales afectara el proceso río abajo.

Un gran número de autores coinciden sobre la importancia de la fase de ventas e ingeniería, siendo esta la etapa crucial y más retadora en el proceso para este sistema de manufactura. La razón de esto radica en la aceptación de órdenes basada en información incompleta y poco certera sobre las especificaciones de la orden y el estatus del sistema de producción. La incertidumbre usualmente sobresale en la etapa de negociación dada la existencia de órdenes inciertas respecto al contenido de trabajo y actividades, rutas y materiales y herramientas requeridas. Inclusive la capacidad de recursos para solventar una orden puede ser incierta. A pesar de estas condiciones las decisiones sobre aceptar o declinar una orden deben realizarse, las fechas de entrega deben ser establecidas y las órdenes deben ser programadas en el sistema de producción de la manera más eficiente posible (Wullink, Hans & Harten, 2004).

Las industrias ETO deben saber lidiar con los factores de incertidumbre mencionados anteriormente desde el momento de recibir una orden del cliente, los productos a fabricar varían en cada ocasión, funcionalidad base de dichos productos puede ser la misma y pueden existir ciertas especificaciones similares, sin embargo, existe en cada proceso de fabricación alguna característica o rasgo de diseño generadora de una desviación significativa en el proceso. El objetivo de las organizaciones siempre va a ser aceptar el mayor número de órdenes a pesar de la incertidumbre y riesgo acarreado, es primordial entonces poder estimar con precisión de manera anticipada el costo de un producto o proyecto a fabricar para poder establecer un precio de venta redituable hacia el cliente y mitigar el riesgo de pérdida financiera. La pregunta por resolver es ¿cómo de definir una cotización realista ante tantos factores de incertidumbre?, esto se aborda a continuación.

2.2 Cotización y costeo de productos personalizados

El costo es considerado como uno de los factores más influyentes al proveer un bien o servicio. El costeo y la cotización son procesos facilitadores para las empresas para estimar los costos de un producto en el futuro. El cálculo de costos realistas debe proporcionar un supuesto financiero confiable. En la industria de fabricación discreta, la cual está enfocada en completar pedidos específicos de productos altamente diferenciados, el costeo de los productos es una tarea muy relevante. Los productos industriales manufacturados consisten en numerosas partes producidas internamente, en una planta diferente de la empresa o compradas a los proveedores. Los productos deben ensamblarse a menudo de acuerdo con procedimientos complejos; además, los mercados evolucionan diariamente, nuevas fuentes de adquisición emergen y el proceso de fabricación evoluciona, todos estos factores influyen en los costos de un producto. Cuando los márgenes de ganancia son bajos o riesgosos, los cálculos de costos deben ser exactos; pequeñas desviaciones de los costos reales futuros calculados por pieza suman rápidamente y pueden significar fácilmente pérdidas financieras para el negocio (Dulchi et. al, 2014). El costeo completo y preciso del producto proporciona información crucial para la capacidad de respuesta de la gerencia para mantener el flujo de una cadena de suministro.

Los modelos distinguidos para el costeo de productos son, el costo directo (DC) y el costo fijo de absorción (FAC). Los costos directos son materiales, mano de obra y otros costos de producción asignables directamente a un producto. En el costo directo, el costo de la capacidad incremental, el costo de instalaciones de producción, así como los costos generales de mantenimiento de la capacidad de la planta son costos fijos y excluidos del costo del producto. Los costos fijos son deducidos directamente de los ingresos de la planta. Sin embargo, con el modelo fijo de absorción, no solo son incluidos los costos variables como costos del producto, sino también la parte proporcional del costo fijo es asignado a cada unidad. Por parte proporcional indica la asignación del costo fijo en función del número de unidades de producción (Fichman y Kemerer, 2002).

Los sistemas de costo tradicionales están mayormente orientados a sistemas de producción masivos en donde existe poca o nula diferenciación de los productos y sus costos

directos e indirectos. Estos sistemas son válidos para largas corridas de producción y productos estándar; sin embargo, el ambiente de manufactura del año 2019 es altamente personalizado. Además, estos sistemas de costeo tradicional no son útiles para tomar decisiones rápidas para cambios rápidos en el proceso o controles a implementar (Ramadam, Al-Maimani & Bernd, 2017).

El ambiente de manufactura ETO es basado en la interacción con el cliente y la configuración del producto. Los requerimientos del cliente son constantemente traducidos en especificaciones técnicas y rasgos de producción. Estos rasgos y especificaciones son valuados para obtener un costo estimado. Durante el proceso de estimación de costos de estos productos adaptados a los requerimientos del cliente los centros de manufactura ETO a menudo sufren desviaciones de margen significativas. Estas desviaciones de margen usualmente ocurren por estimaciones de costo deficientes.

Según Guftafsson (2012), el proceso de cotización inicia cuando una empresa hace una oferta a su cliente y compite para ganar el pedido. Este puede dividirse en dos etapas, el proceso de captura, incluyendo actividades dadas durante la solicitud de cotización (RFQ) e incluye la identificación de la oportunidad y; la segunda etapa, es el diseño de la cotización, cuando la empresa recibe el requerimiento del cliente para cotizar hasta la colocación de la orden. Ambas etapas de este proceso son muy importantes, el costo calculado en la cotización debe satisfacer al cliente para obtener el pedido, pero, por otro lado, garantizar el beneficio del producto para la empresa (Elgh, 2010).

La etapa de cotización en la ingeniería a pedido (ETO) puede ser retardadora, debido al desconocimiento del producto o proyecto a elaborarse, los siguientes errores comunes pueden generarse: el plazo de entrega para devolver la cotización al cliente es muy largo y poco efectivo, el nivel de precisión sobre la estimación del costo del material y el tiempo de proceso es bajo, esto ocasiona a un bajo nivel de precisión en la estimación general del costo. Por otro lado, la información a consultar por parte de la organización para cotizar el proyecto de manera efectiva no está sincronizada o centralizada, esto puede ocasionar conflictos en otros procesos como la planificación del material y la planificación del proceso por falta de documentación o estructura. Dada la escasez de reglas, conocimiento formalizado y documentos, las tareas son elaboradas de

manera manual dando resultados no repetibles y no existe colaboración entre múltiples equipos (Elgh, 2010). Todos estos errores inducen al fracaso de la cotización en la industria ETO.

Caprace y Rigo (2012) refieren los siguientes métodos usualmente empleados para estimar el costo en ambientes de manufactura ETO en las siguientes clasificaciones:

- a) Método de arriba hacia abajo (top-down): el cual usa relaciones empíricas entre parámetros de productos y costos para estimar el costo. El costo es precedido de un nivel alto de especificaciones en lugar de diseños detallados, usualmente técnicas de regresión estadística de una base de datos histórica son empleadas. Este enfoque determina el costo en base a parámetros como tipo y tamaño, peso del caparazón, coeficiente del bloque, área y complejidad. Este solamente es aplicable si el diseño a producirse es similar a los anteriores, únicamente refleja prácticas pasadas y experiencia. Las reducciones de costos derivadas de nuevas tecnologías de producción y nuevos métodos no se verán reflejados. Para este método la tecnología es empleada para generar un acercamiento modular orientado al producto dividiendo los elementos del producto en estructuras de desglose de trabajo. Este método es fácil de usar y no requiere tanto nivel de detalle.
- b) Método de abajo hacia arriba (bottom-up): el enfoque principal es un modelo relacional entre el diseño, la construcción y los problemas en el proceso para generar consciencia del costo en la toma de decisiones y generar productos más asequibles. La evaluación de análisis del costo es realizada a través de la ingeniería y el proyecto es seccionado en productos de menor tamaño. Todos los costos de proceso (maquinación, rastreo, revestimiento y ensamble) de cada uno de los productos son estimados. Después las capas son totalizadas para obtener el costo agregado. El enfoque de abajo hacia arriba rompe el proyecto en elementos de trabajo y genera un costo con mejores y más detalladas estimaciones a través del análisis de ingeniería. Los beneficios de esta técnica es la consideración del contenido real del producto proveyendo una estimación realista. Sin embargo, requiere más esfuerzo e información detallada.

2.2.1 Características de un sistema de cotización y costeo eficiente

Los autores citados anteriormente enfatizan al costeo como una tarea complicada y exhaustiva a realizarse, sobre todo cuando existen productos diferenciados. La competitividad de una organización no solo depende de realizar un costeo estimado exacto sino también de su capacidad de generar cotizaciones rápidas para ganar el proyecto durante el proceso de licitación. “La meta debe ser siempre reducir el tiempo de espera en el proceso de cotización y asegurar un alto nivel de fiabilidad en las estimaciones” (Patel & Jaumard, 2017).

La introducción de la tecnología y sistemas de información ha permitido hacer del método de cotización un proceso más ameno permitiendo reducir el tiempo y consolidar la entrada de muchas variables requeridas como lo son precios, descripción, especificaciones, información del cliente, etc. Existen algunos softwares en el mercado bastante útiles para apoyar el proceso de digitalización y eficiencia del proceso como lo son, QuoteWerks enfocado en la automatización del proceso de creación de la cotización sirviendo como puente de un Sistema de Gestión de la relación con el cliente (CRM, por sus siglas en inglés) y el sistema de contabilidad de la empresa. QuoteWerks puede ligarse a diversas fuentes de información como bases de datos externas o inclusive hojas de cálculo ligando información de manera rápida de acuerdo con ciertos parámetros. Otro software de cotización es Quotient, el cual es un software muy intuitivo permitiendo al equipo crear, enviar y administrar cotizaciones. El proceso de cotización es en línea donde el cliente puede aceptar o declinar la orden. El software provee visualización de la información cotizada para entender mejor el desempeño del negocio. Por otro lado, el software Workflow Maz permite personalizar la cotización de acuerdo con el cliente y proporciona control sobre los precios utilizando un porcentaje de margen diferente. Por último, Apptus es un software con diversos rasgos para cumplir con los requerimientos del cliente tales como configuración dinámica de cotización de precios, gestión de contratos y gestión de ingresos. Recomienda empaquetamiento de precios y configuraciones basado en factores como región, organización de ventas y datos históricos (Patel & Jaumard, 2017).

Adicional al uso de softwares y sistemas de cotización, otros autores proponen el uso de tecnología en tiempo real para realizar el costeo de productos. Ramadam, Al-Maimani & Bernd

(2017) proponen la necesidad de construir un sistema en tiempo real capaz de identificar el flujo/estatus y costos de los diferentes productos a través del proceso. El modelo propone el apoyo de tecnología RFID, esta permite la recolección rápida de datos con identificación precisa de los objetos a través de identificaciones únicas. Al usar esta tecnología existe una migración del concepto de costos tradicional a lo denominado como "mapeo dinámico del flujo de valor" (DVSM por sus siglas en inglés haciendo referencia a Dynamic Value Stream Mapping), el cual es un sistema informático basado en lean en tiempo real integrando conceptos de VSM con RFID. El modelo propone el desarrollo de un sistema de seguimiento de costos de producción en tiempo real (RT-MCT) capaz de analizar los costos incurridos con respecto a los recursos empleados y el material consumido en cada etapa del proceso detectado por el sistema RFID.

Lück y Leyh (2017) explican, en otra investigación respecto al empleo de tecnología y nuevos sistemas de rastreo, no es lo único fundamental en el proceso sino también es importante reconocer el carácter colaborativo empresarial de la actividad de costeo del producto. El costo del producto implica actividades de colaboración. La gerencia de ventas organiza la comunicación con los clientes con respecto a nuevos productos, y tan pronto una cotización es necesaria, el departamento de costos de productos es contactado. La ingeniería del producto comienza a diseñar el producto y emitir comentarios. Si es necesario comprar piezas para el producto, entonces el departamento de adquisiciones debe negociar los precios y la fabricación debe validar las especificaciones con respecto a la producción, todo esto debe ocurrir antes de emitir la cotización de costos al cliente. La colaboración es esencial. Debido a la gran cantidad de datos, el manejo de la información también es esencial. Las hojas de cálculo creadas en programas como Microsoft Excel a menudo son usadas. Como resultado, es probable la aparición de ciertos problemas, como la administración manual de datos de costos, la inconsistencia y la falta de documentación, así como un grado sombrío de integración.

La investigación propone entonces promover la colaboración electrónica la cual es definida como la colaboración dentro y entre organizaciones basada en la tecnología de la información y comunicación y describe las prácticas de comunicación, coordinación y colaboración entre personas en contextos distribuidos. La implementación de tales herramientas puede mejorar la comunicación, permitir la colaboración y proporcionar más flexibilidad, todo

esto puede beneficiar la productividad laboral de la empresa. El costo del producto y la colaboración están altamente vinculados. Un estudio realizado arrojó los siguientes resultados, el 87% de la carga de trabajo general durante el proceso de costeo del producto consiste en comunicación e intercambio de información, para lo cual los métodos tradicionales son utilizados principalmente (reuniones en persona y llamadas telefónicas), las hojas de cálculo siguen siendo un método común de estimación, por lo tanto, el soporte de nuevas tecnologías de la información es crucial para mejorar la situación actual. La monitorización de costos del producto debe proporcionar a los expertos una visión general clara del proceso de costeo. Un objetivo del apoyo de colaboración es mantener informados a los participantes sobre el estado del proceso y poder proveer una respuesta de manera rápida hacia el cliente y con un margen de error mínimo (Lück y Leyh, 2017).

2.3 Modelos e innovaciones de costeo en la industria

Una vez reconocida la complejidad del costeo y cotización en la industria de ingeniería a pedido, el proceso comúnmente establecido, los actores principalmente involucrados y las prácticas, tecnologías y recomendaciones de diversos autores para hacer de este una etapa de la cadena de valor exitosa, es importante reconocer los modelos y técnicas de costeo actualmente empleadas en la industria. A pesar de la alta diferenciación de los productos, existe en la literatura ciertos modelos empleados con éxito en diversos tipos de industria las cuales han permitido realizar aproximaciones más realistas sobre el costeo de productos y minimizar riesgos financieros.

2.3.1 Costeo basado en rasgos de diseño

Caprace y Rigo (2012) establecen como el método más certero para estimar el costo de un producto aquel basado en el enfoque analítico provisto por el costeo en base a rasgos de diseño. Este modelo lo aplican en la industria de embarcaciones. Este método es basado en el análisis de una serie de características elementales llamados rasgos. Los productos son descritos como el número de rasgos asociados con el mismo como lo pueden ser agujeros, contorno interior, contorno exterior, longitud de soldadura, posición de la soldadura, recortes y biseles.

Cada rasgo de diseño tiene implicaciones de costo durante la vida del producto, a mayor número de rasgos existe mayor tiempo de manufactura, planeación y mantenimiento.

El incremento en el uso de tecnología CAD/CAM y modelos 3D han influenciado en gran medida el uso de este modelo para costear. El principio de esta es fundamentado en seccionar el trabajo de la producción en tareas elementales y depende de un análisis detallado de ingeniería. El analista de costos debe detallar la información del diseño y configuración para extraer los componentes del sistema y la información contable de todos los materiales, equipo y labor. Dado el nivel de detalle de este método el costo suele ser muy certero, pero consume tiempo y requiere un conocimiento detallado del producto a diseñar y el proceso de construcción. Uno de los prerrequisitos para implementar este modelo es contar con información detallada de los materiales y el costo de labor de producción. Esto significa la necesidad de definir la estructura, los sistemas y el equipo necesario para hacerlo funcionar.

Las ventajas de este modelo radican en la existencia de una vinculación clara entre las selecciones de diseño y las implicaciones en términos de costo incrementando la capacidad para optimizaciones de diseño. De igual manera es un método de costeo fácil de usar porque simplifica la recolección de datos. La naturaleza transversal de los tipos de principales rasgos de diseño permite aplicar este modelo aun cuando no existan otros estudios hechos al respecto o no exista información disponible, es decir, el modelo permite empezar de cero y generar una estructura útil para el costeo. Por último, un mismo rasgo puede aparecer en diferentes partes y diferentes productos, al construir la información básica del costeo de una serie de rasgos, la misma puede ser usada para comparaciones y extrapolarla a otros productos. Sin embargo, es importante considerar restricciones en la versatilidad del modelo para capturar cambios en costos en el futuro derivados de: cambios en la tecnología (nuevos procesos de producción, materiales y diseño), cambios económicos, sociales y políticos (impacto en la fuerza laboral o condiciones macroeconómicas), cambios en las tasas laborales, cambios en costos de material, regulaciones, inflación y en específico para la industria de barcos retrasos en los astilleros (Caprace y Rigo, 2012).

Al aplicar este modelo de costeo en embarcaciones es necesario recopilar suficiente información de sistemas de ERP y CAM y automatizar la información de costos usualmente ubicada en una hoja de cálculo o impreso. También es importante considerar los diferentes tipos de embarcaciones, estos conducen a diferentes tipos de costos. El futuro es, a través de un software moderno de modelado de productos para buques, identificar las partes y uniones de manera automatizada e incluir el costo con el desglose completo. La herramienta propuesta con este modelo para embarcaciones cuenta con las siguientes capacidades y beneficios: evalúa el costo de producción de la estructura de acero del barco, evalúa el costo por producto y por proceso, provee múltiples vistas del costo por producto o por proceso, reduce declaraciones y procesos manuales, identifica los elementos elementales del costo y provee información significativa para mejorar en el proceso de producción. A pesar de la complejidad en la aplicación de este modelo y el consumo inicial de tiempo para su desarrollo, una vez estructura y al recopilar toda la información puede ser utilizada para un sinnúmero de estimaciones de costos y para encontrar mejoras u oportunidades de reducción en costos en base a componentes, actividades y procesos.

2.3.2 Costeo basado en actividades (ABC)

El modelo ABC considera el costo total de un producto como igual a la cuna de las materias primas más la suma del costo de todas las actividades de valor agregado para producirlo. Cada producto requiere una serie de actividades, como diseño, ingeniería, compras, producción y control de calidad. Cada actividad consume recursos de diferentes categorías, los generadores de costos a menudo son medidas de las actividades realizadas, como el número de unidades producidas, las horas de trabajo, las horas de tiempo del equipo y el número de pedidos recibidos. En los sistemas tradicionales de contabilidad de costos, los materiales directos y la mano de obra son los únicos costos rastreables directamente al producto. Al utilizar el sistema ABC, todos los costos vinculados con cada actividad son asociados directamente al producto, de esta manera las actividades son clasificadas como actividades de valor agregado y actividades sin valor agregado. La implementación de ABC tiene los siguientes pasos:

1. Identificar actividades (ingeniería, mecanizado, inspección, etc.)

2. Determinación de los costos de la actividad.
3. Determinar los factores de costo (horas de mecanizado, el número de configuraciones y las horas de ingeniería, etc.).
4. Recopilación de datos de actividad.
5. Calcular el costo del producto

Tuncel, et. al. (2005), presentan un ejemplo aplicando este método de costo en una empresa de sanitarios ubicada en Turquía. El proceso de producción de los fabricantes de sanitarios comienza con el departamento de preparación a granel, cuando el lote está listo, es enviado a dos departamentos diferentes, departamentos de fundición a presión y clásicos. En el departamento de acristalamiento, la masa en forma es acristalada. En el horno de túnel, los productos son calentados a más de 1200 grados centígrados. Finalmente, el departamento de empaquetado, los productos son empaquetados y etiquetados. Al aplicar el método ABC los siguientes grupos de costos son identificados:

- Trabajo directo: todos los trabajadores en la producción.
- Agua caliente de electricidad con GLP: son un elemento de costeo importante en el departamento de fundición.
- Embalaje: el costo es observado en la etapa final de la empresa llamada embalaje final.
- Gastos generales: también es un conjunto de costos comunes para todas las etapas de la empresa. Incluye depreciación, alquileres, mano de obra indirecta, materiales y costos varios.

Los cálculos ABC son registrados a través de hojas de cálculo de costos del proceso. En primer lugar, las hojas de tiempo son preparadas para saber cuánto tiempo de labor es utilizado para realizar las actividades relevantes. El costo de la renta es cargado de acuerdo con el espacio requerido para cada actividad y, de manera similar, la energía, la depreciación y otros costos de conversión son asignados en el consumo de los recursos de las actividades.

El método ABC puede vincular con éxito los costos del producto al conocimiento de producción. Con la ayuda de los estudios ABC las siguientes preguntas son respondidas ¿cómo se

produce un producto?, ¿cuánto tiempo toma realizar una actividad? y, finalmente, ¿cuánto dinero es absorbido al realizar esta tarea?

El modelo también puede ser aplicado en una empresa de servicios como lo es el desarrollo de software, Fichman y Kemerer (2002), explican la condición de las empresas de desarrollo de software. Un proyecto comienza con requisitos o necesidades de análisis, luego avanza linealmente a través de etapas de diseño, codificación, documentación de prueba, capacitación e implementación. El enfoque personalizado del software es muy costoso, cada proyecto desarrolla un producto personalizado. Por otro lado, una innovación en el proceso es el desarrollo de software basado en componentes, el cual es un conjunto prometedor de tecnologías diseñadas para mover la creación de software de su enfoque actual y artesanal a un estilo más moderno y centrado en la reutilización. Este nuevo enfoque equivale a un proceso de manufactura para el desarrollo de software. Esto mejora la capacidad de entrega, al mismo tiempo resulta en ahorros de costos y un mayor nivel de calidad y permite la reutilización de componentes probados.

El desarrollo de componentes reutilizables en la industria de plantea problemas críticos para el costeo de proyectos. En el entorno actual de uso único, el costo de un software es simplemente el costo de las horas de trabajo directo dedicadas a su desarrollo. Con el uso mutuo, la relación directa es quebrantada porque una organización debe dedicar recursos considerables para actividades reutilizables pudiendo de ser realizadas por las mismas personas involucradas en el proyecto u otros equipos en su nombre. Para obtener orientación sobre cómo gestionar los problemas relacionados con los costos y la administración de costos Fichman y Kemerer (2002), realizaron una búsqueda sobre el enfoque de "costos basados en actividades" o ABC. Este enfoque originalmente fue diseñado como una forma de mejorar la asignación de costos generales en entornos de fabricación para desarrollar costos de producto más precisos. Con este, los costos indirectos y generales son asignados a los productos en función del grado de consumo de los mismos en la producción y las actividades repetitivas en la empresa, en lugar de basarse en un solo factor, como el número de horas de trabajo directo asociado con el producto.

ABC proporciona un método sistemático para mapear los costos de recursos a actividades y de actividades a productos. Para la aplicación correcta del método ABC son necesarias las siguientes condiciones: (1) los costos indirectos y generales deben ser significativos y deben ser mal explicados por los medios tradicionales; (2) deben existir objetos para los cuales la gerencia desea conocer los costos reales y; (3) deben existir actividades repetitivas como base para mapear los costos indirectos y generales a los objetos de costo.

Calvi, Halawa, et. al. (2019) proponen otro ejemplo en el cual realizan la integración del sistema ABC con simulación de eventos discretos para mejorar el proceso de refabricación de productos electrónicos de consumo. A través de la construcción de un modelo de simulación representativo de un proceso real de refabricación para dispositivos electrónicos. Simio fue empleado para el modelo de simulación, el proceso de recopilación y análisis de datos fue realizado mediante la observación del proceso objetivo y la recopilación de información de estudios de tiempo, propietarios de procesos y documentación oficial para producir un modelo detallado del comportamiento del proceso. Las herramientas específicas utilizadas en Simio para proporcionar una lógica detallada del modelo de simulación fueron Procesos Simio, Biblioteca estándar y Tablas. Al usar el Procesos Simio, el recurso es asignado a una actividad, cuando un dispositivo llega a una determinada estación, el proceso es activado. Con Simio, la asignación del costo ocurre al utilizar un recurso o una estación de acuerdo con la duración de las actividades, es decir, el uso y los costos inactivos. El costo de inactividad toma en cuenta el pago recibido por los trabajadores mientras esperan el inicio de su próxima actividad. El cálculo de costos es definido de la siguiente manera.

$$\text{Costo directo de material } Mc = Q \times Uc \quad (1)$$

Donde, Q representa la cantidad de material y Uc representa el costo unitario del material.

Fuente: Calvi, K., Halawa, F., Economou, M. et al. Int J Adv Manuf Technol (2019) 103: 127.

<https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00170-019-03429-3>

$$\text{Costo directo laboral } Lc = t \times s \quad (2)$$

Donde s representa el costo laboral, el tiempo para procesar el dispositivo y el salario de los recursos, respectivamente.

Fuente: Calvi, K., Halawa, F., Economou, M. et al. Int J Adv Manuf Technol (2019) 103: 127.
<https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00170-019-03429-3>

El cálculo del costo para el producto i en la estación j es tiempo de medida (t), el recurso asignado para procesar el dispositivo en i en la estación j , el costo en función del tiempo (t) requerido y el salario (s), el costo en función de la cantidad del material consumido y el costo del material. El costo al dispositivo i (TC) es asignado sumando el costo incurrido en cada estación por el dispositivo i y promediando el costo de todos los dispositivos salientes del sistema.

2.3.3 Costeo de ciclo de vida del producto

Cicconi, Germani, Mandolini y Marconi (2014) presentan un modelo y herramienta de software para la evaluación del costo del ciclo de vida de los motores electrónicos (con enfoque a los costos de fabricación y uso), aún durante las primeras fases de diseño.

El cálculo del costo del ciclo de vida permite a los diseñadores desarrollar motores eléctricos para aplicaciones específicas, gracias a la posibilidad de evaluar el costo de uso durante la fase de uso. La posibilidad de estimar los costos de producción durante las primeras fases del proceso de diseño permite a los diseñadores rechazar inmediatamente las soluciones inviables evitando costosas modificaciones en las fases sucesivas del proceso de desarrollo del producto.

El desarrollo de un nuevo método analítico de estimación de costos, aplicado al cálculo de costos de motores eléctricos, comienza definiendo un proceso de fabricación estándar. Una descripción detallada de un motor eléctrico, en términos de su diseño y proceso de fabricación. Además, la integración de herramientas de software para el soporte de la fase de diseño ha sido reconocido como esencial para lograr un producto de alta calidad en poco tiempo en el mercado. La descripción general de la literatura destaca la falta de una plataforma de herramientas integradas para apoyar la fase de diseño de motores eléctricos.

Conocer los costos de fabricación es esencial para los fabricantes de motores, esto les ayuda a calcular el precio de venta. La evaluación del costo del ciclo de vida radica en la configuración técnica del motor. Los datos de entrada refieren a la identificación de la familia de

productos. La fase inicial es útil para definir los componentes esperados del producto y los procedimientos de ensamblaje relacionados. El método propuesto proporciona un conocimiento, basado en tablas y flujo de trabajo esquemático, como un depósito de parámetros para seleccionar y clasificar productos y para atribuir el costo de características. Luego, cada configuración resultante individualiza una lista de materiales específica y un flujo de procesos de ensamblaje.

El modelo es basado en el análisis de un modelo 3D virtual, el cual contiene atributos e información sobre el tipo de motor, parámetros geométricos y materiales. Considerando un ensamblaje 3D, cada componente incluye datos y parámetros útiles para el cálculo de costos. El costo de fabricación está básicamente relacionado con los parámetros geométricos, como el diámetro y la longitud del eje, la longitud de los cables para bobinados y bobinas, y el tamaño de las láminas laminadas. Por lo tanto, para evaluar el costo y el tiempo de producción, es necesario considerar también los datos de material atribuidos a cada modelo de pieza 3D. Todos los parámetros anteriores son los datos de entrada para definir: materias primas, tiempos de proceso de fabricación y horas de trabajo requeridas para calcular el costo de las características del motor eléctrico en la fase de fabricación y operación. Si bien tanto el análisis de la estructura del producto como las operaciones de producción son útiles para el costo de fabricación, la herramienta de simulación electromagnética, basada en el Análisis de método de elementos finitos (FEA), es necesaria para evaluar el consumo de energía del motor y la eficiencia para usar la evaluación del costo de la fase. La evaluación del costo del ciclo de vida necesita una evaluación confiable del consumo para calcular el costo correcto durante la fase de operación del motor. Otro aspecto para la evaluación de la fase operativa es la actualización del costo energético futuro, utilizando una tasa de descuento dependiente de la inflación económica.

2.4 Modelo de costeo actual utilizado en Schneider Electric Smyrna, PDCAT Multipliers

A pesar de los métodos anteriores existentes enunciados anteriormente para realizar aproximaciones certeras del costo, Schneider Electric cuenta con un enfoque basado en estadística histórica para realizar estimaciones de costo, precio de venta y margen de

contribución para los productos de medio voltaje fabricados en la planta productiva. El modelo actual de estimación para la cotización es denominado *PDCAT Multipliers* y el detalle y flujo del mismo puede apreciarse en la figura 1.



Figura 1. Forma y flujo de método de cotización actual aplicado a proyectos de medio voltaje en Schneider Electric.

Fuente: Maxson, H. (2019). ETO Costing Accuracy. Confidential Property of Schneider Electric

El proceso actual requiere varios pasos automáticos y manuales con los cuales la estimación del costo del proyecto, precio neto y margen de contribución son generados. El modelo inicia con dos actores fundamentales en el proceso: el cliente y el especialista de cotización. El cliente ingresa su solicitud a través de un sitio web en el cual existe un selector de productos, de esta manera el mismo cliente va seleccionando las características técnicas de alto nivel preferidas en el producto de medio voltaje requerido. El selector de producto cuenta con los componentes principales costeados en la unidad de medida conocida como precio de lista. Sin embargo, este concepto no hace referencia a la definición documental del término, Schneider Electric le ha dado su propia definición y asignación utilizando el precio de lista como una unidad de medida empleada (principalmente en sistemas de manufactura no estándares) para determinar el valor de un producto en base a su complejidad. Entre más complejo sea el producto, el precio de lista es mayor. El precio de lista presenta una equivalencia a horas estándar en las plantas de manufactura a volumen (make-to-stock), sin embargo, es representado en valor monetario.

Una vez completado el primer paso de selección de características técnicas, el equipo de cotización realiza la revisión de estas características (conocidas como “one line specs”) y genera a través del sistema una lista de materiales de alto nivel vinculando las características y funcionalidades seleccionadas por el cliente. Este mismo es sometido a través de sistema denominado ORDER EDITOR – ACE TREE donde son localizados los componentes estándares para generar una lista de materiales detallada. Aquellos componentes no detectados por el ACE TREE por no ser rasgos estándares, pero seleccionado por el cliente, son conocidos como etiquetas y estos mismos con comunicados a un equipo especializado encargado de su revisión y estimación del costo. Usualmente es necesario contactar a varios proveedores para obtener el mismo.

Los componentes estándar generado por el ACE TREE cuenta con un valor en precio de lista, este está vinculado con la familia de producto correspondiente, esta familia de producto es conocida como PDCAT. El cálculo del costo es realizado a través de la aplicación de un multiplicador a la suma de los precios de lista de todos los componentes estándares más los no estándares (etiquetas) para convertirlo a dólares reales.

El multiplicador es calculado por el equipo de mercadotecnia en base a estadísticas de los últimos cuatro años de productos de la misma familia (PDCAT) comparando el precio de lista contra el costo real, definido bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Multiplicador de costo (CM)} = \frac{\text{CP últimos 4 años para producto } x, \text{PDCAT } y}{\text{PLP últimos 4 años para producto } x, \text{PDCAT } y} \quad (3)$$

Donde CP= costo promedio y PLP= precio de lista promedio

Fuente: Bordes, P. (comunicación personal, 13 de marzo de 2019)

El cálculo de precio es realizado mediante un acercamiento similar, a través de la correlación estadística histórica entre el precio y los list dollars.

$$\text{Multiplicador de precio (PM)} = \frac{\text{PNP últimos 4 años para producto } x, \text{PDCAT } y}{\text{PLP últimos 4 años para producto } x, \text{PDCAT } y} \quad (4)$$

Donde PNP= precio neto promedio y PLP= precio de lista promedio

Fuente: Bordes, P. (comunicación personal, 13 de marzo de 2019)

La fórmula IV, además de contener estadística histórica, añade otros factores de correlación como la región y zona geográfica (factores macroeconómicos) para determinar el precio de venta hacia el cliente. Esto radica fuera del alcance de la planta y es determinado por el equipo de mercadotecnia. Al contar con los multipliers por familia, definidos al inicio del año las siguientes fórmulas son aplicadas para capturar el costo y precio del producto a cotizar.

$$\text{Costo cotizado} = \left[\left(\sum PL (\text{componentes estándar}) + EPL (\text{componentes no estándar}) \right) \times CM \right] \quad (5)$$

Donde PL = precio de lista, EPL = precio de lista de etiquetas y CM = multiplicador de costo

Fuente: Bordes, P. (comunicación personal, 13 de marzo de 2019)

$$\text{Precio cotizado} = \left[\left(\sum PL (\text{componentes estándar}) + EPL (\text{componentes no estándar}) \right) \times PM \right] \quad (6)$$

Donde PL = precio de lista, EPL = precio de lista de etiquetas y PM = multiplicador de precio

Fuente: Bordes, P. (comunicación personal, 13 de marzo de 2019)

El costo cotizado es la estimación del valor monetario en la cual va a incurrir el proceso de producción para manufacturar el producto o proyecto. El precio neto es el valor de mercado al cual es ofertado dicho producto para el cliente. En base a estos dos componentes definidos por el multiplicador promedio de cuatro años de genera un margen de contribución (gross margin) estimado. En Schneider Electric estos porcentajes de margen de contribución son categorizados y existe un umbral de aprobación a seguir antes de hacer la propuesta oficial al cliente.

A continuación, un ejemplo es presentando de la aplicación de dicho modelo aplicado en el PDCAT 7914 del producto MCLD, centro de interruptores de cubierta metálica de 15KV en el año 2018. En este ejemplo de un proyecto cotizado a Ford con el número de orden 39310262-010 el valor de precio de lista definido por Schneider es de \$1,928,854 (proveniente de la lista de materiales generada a través del selector y del equipo de cotización). El precio neto cotizado de \$372 mil dólares y el costo cotizado de \$239 dólares, el margen de contribución cotizado es del 36%. Tras la ejecución del proyecto una desviación del margen de -7% es observada, con un

impacto en dólares de -\$19 mil dólares. Este proyecto fue cotizado a través del modelo PDCAT multipliers.



**Project Name: 15 KV SWITCHGEAR-
CLEVELAND-FORD**

Interiores 7 secciones, embarcada en Enero 2018

Producto	MCLD
Line Code	7914
No. de orden	39310262-010
List Dollars Actuales	1,928,854
Precio cotizado	372,257
Costo cotizado	239,679
Margen cotizado	132,578
Margen cotizado (%)	36%
Precio real	389,630
Costo real	275,926
Material	156,604
Labor	60,341
Gastos variables	19,912
Gastos fijos	35,500
Otros gastos afiliados	634
	2,935
Margen real	113,704
Margen real (%)	29%

Figura 2. Proyecto 15KV Switchgear Cleveland Ford enviado al cliente en abril del 2018, fecha de cotización 15/01/2018. Fuente: elaboración propia.

El modelo establecido por mercadotecnia indica el paso a seguir como el cálculo del multiplicador basado en el promedio de la correlación histórica entre precio de lista y el costo real y precio de lista y precio neto de los últimos cuatro años para la misma familia de productos (en este caso, PDCAT 7914). Esto es mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Órdenes del periodo 2014-2017 del PDCAT 7914

Line Code 7914, órdenes de los últimos 4 años (2014-2017)

No. de Orden	Año	Act_List	Act_COGS	Act_Net
32274645	2014	981,218	147,684	208,185
33451176	2015	2,004,110	248,931	558,296
33487982	2017	3,403,654	261,462	751,406
34453204	2014	1,730,132	216,638	355,573
34532388	2016	2,195,919	382,448	497,392
34761752	2014	1,688,320	399,499	532,665
35379918	2015	2,199,355	259,855	335,608
35898582	2016	3,595,372	498,721	676,749
35952599	2015	2,305,374	342,788	458,308
36236854	2015	1,209,944	133,828	148,575
36312744	2016	1,984,812	215,239	496,240
36682023	2016	1,182,986	148,608	236,597
37151495	2016	1,315,505	140,561	305,271
37562419	2016	302,178	34,642	34,642
37940662	2016	297,058	36,923	36,923
38036823	2017	7,028,990	848,867	848,867
38097418	2017	10,226,516	1,431,637	1,909,349
38145008	2016	1,602,066	248,135	330,846
38668965	2017	3,152,419	239,026	605,264
38743409	2017	2,499,216	187,194	516,076
39266041	2017	297,058	28,628	28,628
39310262	2017	2,021,476	162,243	400,370
Promedio		2,419,258	300,616	466,901

Multiplicador de costo	$\frac{2,419,258}{300,616}$	12.43%
Multiplicador de precio	$\frac{2,419,258}{466,901}$	19.30%

Fuente: elaboración propia.

El resultado de las diversas columnas muestra el promedio histórico en precio de lista, costo actual y precio de venta actual. Para el cálculo del multiplicador la división entre el promedio del precio de lista y el promedio de costo es realizado, de igual manera el precio de lista y precio de venta son divididos. El multiplicador para costo asignado en el año 2018 de acuerdo con este modelo es 12.43% y para el precio de venta es 19.30%. Para la aplicación de estos multiplicadores a la cotización y definir precio de venta, costo estimado y margen cotizado las siguientes operaciones son realizadas, mostradas en la figura 3. Este es el último para obtener

el precio de venta a presentarse al cliente y, el costo estimado y margen de contribución sirven de manera interna para tomar decisiones acerca de la ejecución del proyecto y su rentabilidad.

Valor BOM en Precio de Lista	1,928,854
× <i>multiplicador de costo</i>	12.43%
Costo cotizado	239,678.70
Valor BOM en Precio de Lista	1,928,854
× <i>multiplicador de precio</i>	19.30%
Precio Neto sugerido	372,256.52

Figura 3. Aplicación de multiplicadores al valor en list dollars de la lista de materiales generada a través del selector y equipo de cotización (BOM cotizado). Fuente: elaboración propia.

2.5 Proyecto de costeo para mejora del margen en ETO Schneider

Las características del modelo actual de cotización mencionado anteriormente manifiestan cierto impacto en el margen. Este es un problema reconocido por la región de Norteamérica y la planta de Smyrna desde inicio del año 2019. De hecho, es uno de los puntos resaltados como parte del Hoshin del presente año presentado en la figura 4. Hoshin Kanri es un método japonés empleado para garantizar el cumplimiento de los objetivos estratégicos de una empresa, la definición de este pretende eliminar el desperdicio proveniente de una dirección inconsistente y una comunicación deficiente. Hoshin está en la cima del negocio y las actividades diarias de Schneider Electric y tiene las siguientes prioridades: seguridad, calidad y nivel de servicio, costo de aterrizaje, capital empleado (Schneider Electric, 2019). En el segundo pilar el proyecto de mejora en el margen es mostrado como prioridad, “Mejora del proceso de margen en ETO a través del soporte del proyecto de costeo”.

	Put Customer First	Deliver outstanding Performance	Step up our People & Culture	Transform through Digitization
Vision	Customers choose us for superior offer quality and end to end experience, reliable delivery and flexibility.	Be a sustainable productivity engine while optimizing cash.	Safe, Engaged, Fast moving and Innovative team for a more sustainable future	End to End Digital Supply Chain providing full, real time visibility.
	Guarantee superior Offer Quality . <ul style="list-style-type: none"> - SIM Supplier Performance, deploy Tiger Teams - Improve Manufacturing & supplier robustness - SIM I2P performance until it's in our culture - Deploy Global FAT Revolutionize end to end Customer Experience built on customer insights (especially for VIP, OEMs, Web giants). <ul style="list-style-type: none"> - Yellow Alert enabled by Symmetry - VIP Analytics Promote Customer Process Capabilities <ul style="list-style-type: none"> - SIM daily BOL review - Hyper focus on Logistics quality improvements - Fast and effective Customer communications - Develop Outsources for Peaks - Flex Cap Ramps 	<ul style="list-style-type: none"> • Drive world-class Planning and slash inventory focusing on massively deploying VMI-Consignments, adopting advanced digital tools of inventory management. - Execute Planning org transformation - Implement Global planning tools & processes - Delivery inventory/cash goals • Sustainable Productivity by accelerating SBO and Electronic Hub, simplifying End to End Supply Chain (MFG, DC, Transport), SPS Reloaded and smashing QVE records with the new model. - Implement SIM DVC process - Rebalance acceleration - SBO acceleration (Customer First) ETO : Wiring BP – SEE Elect, Asco, Harm. - Deliver QVE - Rationalize Paint Color - QR Code Project (repl O&M) • Manage tariff and border impacts. - SIM Cluster / Team accountability/ETO support - Develop border closure playbook • Step Up ETO Supply Chain Management with best gross margin. - ETO Margin process improvement through ETO Costing Project - Support ETO to CTO & Dilu Acts 	<ul style="list-style-type: none"> • Drive a Proactive Safety Culture. <ul style="list-style-type: none"> - S.A.F.E. First and EHS Assessments • Sustainable Supply Chain. <ul style="list-style-type: none"> - Energy efficiency - Renewables - Zero waste - Deliver SH&E Goals • Outdistance the competition with best competencies and talents. <ul style="list-style-type: none"> - New Hire and Retention program - Digital competency readiness - Planning competency improvement - SC Performance competency improvement - Quality competencies & CI Culture & Tools - Deploy Learning Corners • Walk the talk with new People Vision: <ul style="list-style-type: none"> - Recognize & Reward demonstration of Core Values and Leadership expectations - Accelerate key talent, take risks, empower & export talent to rest of the globe - Execute NAM HUB strategy - Be Quick Adopters of New Vision 	<ul style="list-style-type: none"> • Accelerate Productivity & Quality. <ul style="list-style-type: none"> - Expand SE Supplier Portal step 1 & 2 - Deploy 15 Smart Factories & Smart DC w/ embedded Cyber Security Framework - ETO : Paperless(BB) & No FL in Production • Boost advanced Data Analytics with disciplined Master Data Governance & Data Hub infrastructure. • Create seamless customer experience across full digital journey with focus on ACE configurators. • ETO : Symmetry, Glass Factory, Yellow/Red Alert, LDS, DISS • Deploy and optimize software solutions to drive maximum value for our customers (Kinaxis Rapid Response). • Support Connexure initiative to deliver modern ERP that consolidates/eliminates obsolete ERP platforms & enables new capabilities.
Annual Improvement Plan				

Figura 4. Smyrna Hoshin 2019. Fuente: Schneider Electric Smyrna. (2019). Hoshin 2019. Confidential Property of Schneider Electric

El reconocimiento de la necesidad de un proyecto como prioridad en la empresa para el año 2019 ha dado pauta a un análisis de causa raíz del modelo actual. Esto ha sido realizado a través de la metodología de 5 Por qué's resumido en la figura 5.

A3 - Aumentar la precisión del costeo en proyectos

Análisis de causa raíz: 5 Por qué's

1) ¿Por qué tenemos un costo impreciso para la cotización?

- La metodología de cotización actual no captura una lista de materiales precisa según las especificaciones del cliente

2) ¿Por qué?

- Estamos utilizando el costo histórico promedio (multiplicadores PDCAT *)
- El especialista en cotización no selecciona las características correctas en el selector

3) ¿Por qué?

- Para acelerar el proceso de cotización (8 horas)
- Falta de visibilidad del costo disponible (estructura + ingeniería + costo de fabricación) a nivel de planta

4) ¿Por qué?

- Para poder aumentar el número de órdenes cotizadas y convertidas (enfoque en cantidad y no calidad)
- Falta de colaboración: recursos involucrados en el proceso de cotización y licitación se encuentran fuera de la planta
- No existe ninguna herramienta/fuente de información proveniente del centro de manufactura que provea dirección sobre el costo real a la oficina frontal (equipo de cotización)
- Existe falta de visibilidad y acción cuando existen cambios en órdenes de funciones, rasgos y/o características (originados por el cliente) y se omite capturar el costo e impacto de los mismos en el margen

5) Why?

- No existe un proceso formal de retroalimentación entre el centro de manufactura y el equipo de cotización

*PDCAT multipliers: basado en codigos de linea, correlaciona ciertos rasgos seleccionados en el selector de productos (amperaje, tipo de producto). Omite capturar la complejidad eléctrica.

²Actualmente se cuenta con Order Editor para estimar el costo de la lista de materiales (BOM) pero este no contiene estimaciones de manufactura o ingeniería.

Confidential Property of Schneider Electric | Page 6

Figura 5. Análisis de causa raíz de imprecisión en el costeo de proyectos en la etapa de licitación Fuente: elaboración propia

2.6 Desviación entre el margen cotizado y actual en el centro de manufactura Schneider Electric, Smyrna T.N.

El problema identificado anteriormente en el Hoshin es considerado como una de las prioridades del centro de manufactura, por lo tanto, medir el impacto del mismo es necesario y ha dado pauta a la presente investigación y proyecto. Para realizar la medición del impacto las órdenes del 2018 y 2019 han sido descargadas de la base de datos de ventas de la empresa. Esta misma contiene el histórico de las órdenes producidas y vendidas en 2018 de los diferentes productos manufacturados en la planta de Smyrna. Esta información está contenida en el servidor de Norteamérica conocido como BRCC, (por sus siglas en inglés, Business Reporting Competency Center) Centro de Competencia de Informes Comerciales, un equipo regional encargado de consolidar datos provenientes de diferentes softwares sobre ventas, pedidos, clientes, centros de costos, información financiera, etc. A través de un código de consulta en SQL la información del año actual e histórica fue recuperada de la base de datos *brcc.dbo.shipments*.

Una vez obtenida la información la elaboración de tablas pivotes en hojas de cálculo de Excel ha sido generada para entender el impacto total de la erosión en margen de la planta de manufactura de Smyrna en sus diferentes productos. La información fue organizada año y por producto y consolidado en la sumatoria anual de:

- **Orig_Net**: precio neto estimado originalmente, corresponde al total de la estimación de las ventas netas del producto en el periodo determinado.
- **Orig_Marg**: margen estimado cotizado originalmente, corresponde a la suma total de la estimación del margen de contribución de los diferentes productos en el periodo determinado.

$$\text{Costo estimado cotizado} = \text{Orig}_{Net} - \text{Orig}_{Marg} \quad (7)$$

Donde Orig_{Net} =precio neto estimado y Orig_{Marg} =margen estimado cotizado

Fuente: elaboración propia

- **Act_Net**: precio neto actual, corresponde al total de las ventas netas del producto en el periodo determinado.

- Actual MC: margen de contribución actual, corresponde a la suma total del margen de contribución actual de los diferentes productos en el periodo determinado.

Tabla 2. Tabla Pivote para 2018-2019 con sumatoria consolidada de datos por producto

Row Labels	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	Actual MC
2018	93,202,626	37,664,238	102,824,371	38,324,371
DRY	4,364,603	1,771,196	4,482,067	2,297,372
MCCM	3,721,311	1,423,752	5,219,053	1,695,235
MCLD	50,547,448	18,641,461	54,367,048	18,159,175
MENC	34,569,264	15,827,828	38,756,203	16,172,588
2019	72,530,013	31,813,044	83,912,376	37,543,336
DRY	1,356,847	583,027	1,614,882	779,065
MCCM	4,058,092	1,495,482	4,738,618	1,627,894
MCLD	42,081,466	17,386,530	47,902,443	19,575,722
MENC	25,033,607	12,348,004	29,656,433	15,560,654

Fuente: elaboración propia

El segundo paso basado en esta información es calcular el margen de contribución estimado para cada caso en % dadas las siguientes ecuaciones.

$$MC \text{ Cotizado} = \frac{Orig_{Marg}}{Orig_{Net}} \quad (8)$$

Donde $Orig_{Marg}$ =margen estimado cotizado y $Orig_{Net}$ =precio neto estimado.

Fuente: elaboración propia

$$MC \text{ Estándar} = \frac{Actual_{MC}}{Actual_{Net}} \quad (9)$$

Donde $Actual_{MC}$ =margen de contribución actual y $Actual_{Net}$ =precio neto actual.

Fuente: elaboración propia

$$MC \text{ Actual} = MC \text{ Estándar} \% - CEFIV \% \quad (10)$$

Donde MC Estándar=margen de contribución estándar y CEFIV= Costo excluido de la valuación de inventario (por sus siglas en inglés, Cost Excluded from Inventory Valuation), capturado a nivel consolidado en el estado de resultados anual de la entidad.

$$CEFIV \% = \frac{(Flete\ de\ salida + Scrap + Reservas\ de\ inventario)}{Total\ Ventas\ Netas}$$

Donde Flete de salida = gastos anuales de fletes de la planta hacia otra entidad, Scrap = gasto anual de mermas derivadas del proceso producción y Reservas de inventario= incluyen los excesos y obsolescencia calculada y ajustes generados por conteos cíclicos

CEFIV 2018= 6.0%

CEFIV 2019=2.4%

Fuente: Schneider Electric, 2019.

El tercer paso en base a las fórmulas enunciadas anteriormente es añadir dichas columnas en el análisis y por último calcular el impacto en el margen de contribución en USD y el porcentaje de volumen representado por cada uno de los productos en base a las ventas netas. Esto es apreciable en la tabla 3.

$$Impacto\ MC = (MC\ Cotizado - MC\ Actual) \times Act_{Net} \quad (11)$$

Donde MC Cotizado=margen estimado cotizado, MC Actual=margen de contribución actual y Act_{Net} =precio neto actual.

Fuente: elaboración propia

$$Volume \% = \frac{Act_{Netporproducto}}{Act_{NetAnual}} \quad (12)$$

Donde $Act_{Netporproducto}$ =precio neto actual por producto y $Act_{Netanual}$ =Precio neto total actual para año analizado

Fuente: Schneider Electric, 2019.

Tabla 3. Tabla final consolidada con datos del impacto en margen 2018-2019 de los productos manufacturados en Smyrna

Row Labels	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	Actual MC	MC Cotizado	MC Est.	MC Actual	Impacto MC	% Volumen
2018	93,202,626	37,664,238	102,824,371	38,324,371	40%	37%	31%	(9,397,585)	100%
DRY	4,364,603	1,771,196	4,482,067	2,297,372	41%	51%	45%	209,584	4%
MCCM	3,721,311	1,423,752	5,219,053	1,695,235	38%	32%	26%	(614,688)	5%
MCLD	50,547,448	18,641,461	54,367,048	18,159,175	37%	33%	27%	(5,152,944)	53%
MENC	34,569,264	15,827,828	38,756,203	16,172,588	46%	42%	36%	(3,897,637)	38%
2019	72,530,013	31,813,044	83,912,376	37,543,336	44%	45%	41%	(2,618,724)	100%
DRY	1,356,847	583,027	1,614,882	779,065	43%	48%	44%	20,567	2%
MCCM	4,058,092	1,495,482	4,738,618	1,627,894	37%	34%	30%	(307,920)	6%
MCLD	42,081,466	17,386,530	47,902,443	19,575,722	41%	41%	37%	(2,131,921)	57%
MENC	25,033,607	12,348,004	29,656,433	15,560,654	49%	52%	48%	(253,849)	35%

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior resume el impacto en el margen para la planta de Smyrna, es de \$9.397 millones para el 2018 y \$2.618 millones para el 2019. De la misma manera, el producto con una mayor erosión en el margen es el MCLD o centro de interruptores de cubierta metálica, en español. Este mismo producto es el cual tiene un mayor volumen representando en ventas, dando dirección al alcance de la presente investigación con enfoque principalmente en este producto. Sin embargo, de este mismo producto existen 6 variaciones de alto nivel en los cuales el producto es segmentado, las cuales son: 27KV, 63KA, Indoor (interiores), OEM, Outdoor (exteriores), Walk-in.

De igual manera, de estos mismos segmentos existen alrededor de 58 PDCATs o categorías de productos en los cuales clasificar el conmutador a manufacturarse dependiendo el amperaje y kilo voltaje (*Ver anexo I*). Haciendo un análisis de los segmentos existentes en el 2018 y 2019, el segmento con el mayor volumen de ventas es Indoor (conmutadores hechos para construcciones en el interior). Por lo tanto, este segmento puede ser considerado como prioridad de análisis de investigación.

Tabla 4. Segmentos 2018-2019 del producto MCLD

Row Labels	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	Actual GM	% Volumen	Row Labels	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	Actual GM	% Volumen
2018	50,542,435	18,638,145	54,362,035	18,156,278	100%	2019	42,074,466	17,380,706	47,895,443	19,568,722	100%
MCLD	50,542,435	18,638,145	54,362,035	18,156,278	100%	MCLD	42,074,466	17,380,706	47,895,443	19,568,722	100%
27KV	5,560,064	2,075,876	5,589,397	1,684,862	10%	27KV	9,622,854	4,138,562	12,087,540	4,832,315	25%
63KA	382,000	145,902	413,114	155,997	1%	63KA	910,970	394,108	915,995	415,946	2%
Indoor	33,331,323	12,511,177	35,832,953	13,408,170	66%	Indoor	18,584,905	6,633,917	20,836,223	7,429,006	44%
OEM	4,522,295	1,526,975	4,973,395	1,374,733	9%	OEM	2,213,288	819,715	2,544,541	715,208	5%
Outdoor	4,272,929	1,661,673	4,490,719	1,208,429	8%	Outdoor	9,115,157	4,693,493	9,484,490	5,374,305	20%
Walk In	2,473,824	716,541	3,062,457	324,087	6%	Walk In	1,627,293	700,911	2,026,653	801,943	4%

Fuente: elaboración propia

La selección del subsegmento, PDCAT o categoría de producto, es ubicado utilizando la misma lógica basada en el porcentaje de volumen representativo en ventas para la planta productiva, esto es un indicador de la manufactura consistente y frecuente de este producto. Sin embargo, el volumen no es un indicador suficiente, es pertinente una evaluación por parte del equipo de ingeniería de aplicación y mecánica atendiendo a aquellas características y configuraciones representativas de la demanda típica del cliente en este producto. El equipo de ingeniería decidió como enfoque más apropiado en el PDCAT 7910 con las siguientes características: VR M\C 15KV 500MVA, 1200A, INDOOR. En la tabla 5 la relevancia de este subproducto es mostrada respecto al volumen del 2018 y 2019.

Tabla 5. PDCAT 7910 y su impacto en volumen 2018-2019

Row Labels	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	Actual GM	% Volumen
2018	33,331,323	12,511,177	35,832,953	13,408,170	
MCLD	33,331,323	12,511,177	35,832,953	13,408,170	
Indoor	33,331,323	12,511,177	35,832,953	13,408,170	100%
7901	8,025,290	2,920,373	9,047,992	3,121,365	25%
7902	207,581	65,709	560,357	163,653	2%
7903	174,650	76,988	174,650	22,989	0%
7904	117,270	61,706	117,270	59,004	0%
7905	880,572	194,289	869,791	205,947	2%
7906	386,989	50,536	386,989	112,124	1%
7907	40,447	12,262	40,447	18,808	0%
7908	64,328	21,793	64,328	22,825	0%
7910	5,621,996	1,610,765	6,082,318	1,843,260	17%
7911	12,184,319	5,455,093	11,975,663	5,538,956	33%
7912	667,233	260,333	672,809	253,887	2%
7913	1,988,837	648,597	2,423,927	977,785	7%
7914	1,659,388	706,558	1,737,992	514,273	5%
7915	685,865	168,676	690,632	183,435	2%
7916	91,742	25,378	408,288	92,547	1%
7918	534,816	232,122	579,500	277,310	2%

Row Labels	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	Actual GM	% Volumen
2019	18,584,905	6,633,917	20,836,223	7,429,006	
MCLD	18,584,905	6,633,917	20,836,223	7,429,006	
Indoor	18,584,905	6,633,917	20,836,223	7,429,006	100%
7901	2,299,483	787,015	3,997,843	1,536,344	19%
7902	1,235,721	444,314	1,306,385	516,267	6%
7903	-	-	262,812	83,088	1%
7904	611,447	153,494	623,073	120,752	3%
7905	617,937	169,848	611,151	169,068	3%
7906	555,424	112,632	566,455	61,655	3%
7907	-	-	13,684	(23,195)	0%
7910	3,036,065	968,957	3,025,795	1,183,432	15%
7911	5,479,047	2,513,198	5,565,786	2,411,034	27%
7913	1,595,323	494,361	1,587,572	256,667	8%
7914	454,525	61,293	454,525	152,732	2%
7915	1,455,274	504,891	1,491,441	508,455	7%
7916	1,094,031	367,390	1,174,074	386,042	6%
7917	150,627	56,525	155,627	66,665	1%

Fuente: elaboración propia.

La información derivada de las tablas anteriores dio pauta al análisis de un impacto individual del PDCAT 7910 para ambos años como justificación de la investigación y proyecto.

Capítulo 3. Definición del problema de investigación

3.1 Justificación

El proceso actual, enunciado anteriormente, para la cotización de proyectos de manufactura de equipos de medio voltaje empleado en Schneider Electric es el mismo utilizado en específico para el producto estrella fabricado el centro de manufactura ubicado en Smyrna Tennessee, denominado centro de interruptores de cubierta metálica mostrado en la figura 6. Masterclad MV Metal-Clad Switchgear (en inglés), centro de distribución con aislamiento de aire con interruptores eléctricos de vacío para una distribución y control de energía de alta y compleja potencia. El centro de interruptores Masterclad ofrece una solución personalizable para aplicaciones exigentes de media tensión. La construcción robusta es combinada con interruptores de vacío de 3 ciclos de bajo mantenimiento. Las características de seguridad incluyen enclavamientos mecánicos, compartimentación, persianas automáticas y bus aislado.



Figura 6. Producto: centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Schneider Electric. (2019). Masterclad MV Metal-Clad Switchgear. Recuperado de <https://www.se.com/us/en/product-range-presentation/7396-masterclad-mv-metal-clad-switchgear/>

El modelo actual de cotización empleada cuenta con diversas ventajas, permite la cotización rápida hacia el cliente (en un promedio menor a ocho horas de respuesta a partir de

haber recibido la requisición) y de la misma manera admite la entrada a una mayor cantidad de órdenes durante el proceso de licitación. Sin embargo, la misma carece de versatilidad para cotizar proyectos con características muy específicas vinculadas al nivel de personalización exigido por el cliente para el producto a manufacturarse.

A pesar de la existencia de una respuesta rápida hacia el cliente bajo la política corporativa “Customer First” de Schneider Electric, en el año 2019 solo el 41.7% de las órdenes recibidas en el proceso de licitación han sido convertidas en una orden hacia el centro de manufactura. Existen diversas causas impactando este porcentaje de conversión, algunas pertinentes de mencionar son tiempo de entrega muy largo, falta de seguimiento, cliente no estratégico, cambio de licitador, entre otras. Sin embargo, en el año 2019, el 46% de este porcentaje es afectado por una cotización poco competitiva, esto representa 154 órdenes.

El uso del modelo PDCAT Multipliers, basa el cálculo del costo y precio estimado del proyecto en un promedio estadístico de los último cuatro años de modelos o proyectos similares. El uso de información histórica estadística genera cierta imprecisión y riesgo al omitir la captura de la complejidad y rasgos de diseño actuales del proyecto a cotizar. De igual manera, no refleja las circunstancias de manufactura actual en la planta productiva al fabricarse dicho producto y, por último, la utilización de promedios genera poca o nula sensibilidad a la existencia de proyectos atípicos a cotizar.

Una desventaja adicional del cotizador actual hace referencia a la omisión de otros factores claves. Al usarse información histórica queda fuera del costeo actual factores claves ocurriendo en el contexto presente incurridos por la unidad de negocios, como lo son inflación, tarifas aduanales, costos de transportación y otros impuestos. Estos, y otros valores evolucionan con las condiciones macroeconómicas existentes y no siempre son capturados al cotizar un proyecto, a razón de solo emplear los datos históricos.

El proceso actual de cotización es efectuado de manera externa, no involucra a la planta de producción en la cual es manufacturado el producto. Este modelo también es propenso al error humano ligado a la falta de experiencia, conocimiento y/o entrenamiento. Los especialistas de cotización, encargados de traducir las especificaciones del cliente en una lista de materiales

de alto nivel pueden generar errores respecto a compatibilidad y funcionalidad de características seleccionadas y componentes a incluir para costear el producto a manufacturarse. Una vez generado la lista de materiales de alto nivel a través del selector o configurador, el método estadístico histórico es aplicado. De seleccionarse erróneamente los rasgos de diseño adecuados, el multiplicador aplicado será erróneo y esto generará una desviación del costo estimado del producto contra el actual, usualmente esto no será cobrado al cliente a través de la corrección del precio de venta. Estos errores usualmente son detectados una vez iniciado el proceso de ingeniería en la planta productiva.

Durante el proceso de producción en el centro de manufactura, existen innumerables barreras relacionadas con la fabricación del producto conocidas por la planta productiva contando con datos reales. Existen algunas condiciones pronosticables y estimables en la cotización, sin embargo, como no existe una consulta, comunicación y colaboración con la planta productiva durante la estimación del costo y antes de presentar la propuesta al cliente, estos rasgos son omitidos y pueden generar una desviación significativa.

Es pertinente mencionar, por último, la posible existencia de errores vinculados con los sistemas de información utilizados en el proceso de cotización, como lo son el selector o configurador (Product Selector, ACE TREE y Order Editor). Al existir una falta de actualización en dichos sistemas respecto a las características funcionales a seleccionar, la lista de materiales y su estructura y el precio de lista asignado a cada componente o característica puede generar una desviación en las estimaciones del costo.

Las condiciones enunciadas anteriormente basadas en el modelo de cotización actual han ocasionado una significativa diferencia referente al costo estimado cotizado y al costo actual efectivo tras la ejecución del proyecto. La diferencia ha sido considerable en los últimos años y fluctúa entre los dos vértices, es decir el impacto negativo o desfavorable demuestra una subestimación sobre el costo del producto generando márgenes negativos para la empresa o, por otro lado, al realizarse una sobrestimación del costo del producto el margen es favorable, sin embargo significa la sobrevaloración del proyecto y esto puede tener implicaciones sobre la

competitividad de la empresa en el mercado y la convertibilidad de cotizaciones en órdenes de manufactura.

Las cifras del año 2018 reflejan un impacto neto de la aplicación de dicho modelo en el margen de \$9.397 millones de dólares estadounidenses, siendo el principal ofensor, con un impacto anual de \$5.152 millones de USD, el denominado centro de circuitos de interruptores de cubierta metálica para interiores, el cual representa el 66% del volumen total de la planta. De igual manera el subproducto PDCAT 7910 con las siguientes características: 1500 amperes, 5/15 kilovoltios, el cual será en enfoque principal de esta investigación, presenta un impacto neto desfavorable de (\$252.0) mil dólares estadounidenses. De un total de 32 órdenes cotizadas en el 2018 para dicho modelo, cuatro de estas no cuentan con un valor inicial en el costo estimado (\$0 USD), 21 cotizaciones quedaron cortas en la estimación del costo actual impacto desfavorablemente (\$393.3) mil dólares estadounidenses y únicamente siete excedieron el costo estimado con un valor de \$141.2 mil dólares estadounidenses.

Las cifras de lo transcurrido del año 2019 son similares respecto a la existencia de una desviación significativa en el margen. Con datos hasta septiembre de 2019 se ha observado una desviación en el margen de \$2.618 millones de dólares estadounidenses en la planta productiva de Smyrna Tennessee. De los cuales \$2.131 corresponden al producto centro de circuitos de interruptores de cubierta metálica. Los datos correspondientes al subproducto PDCAT 7910 representan un impacto neto favorable de \$140.8 mil dólares estadounidenses. Durante el año 19 órdenes de este subproducto han sido cotizadas de las cuales nueve han sufrido una desviación desfavorable respecto al costo actual impactando en (\$48.99) mil dólares estadounidenses y 10 órdenes han excedido el costo estimado en la cotización impactando favorablemente en el margen por \$189.8 mil dólares estadounidenses. La tabla 6 a continuación, resume la información enunciada anteriormente.

Tabla 6. Línea base de discrepancias en costeo con modelo actual 2018-2019

	2018					2019				
	Costo Neto	MC Cotizado	MC Est.	MC Actual	Impacto MC	Costo Neto	MC Cotizado	MC Est.	MC Actual	Impacto MC
Smyrna	\$102,824.4	40%	37%	31%	\$ (9,397.6)	\$ 83,912.4	44%	45%	41%	\$ (2,618.7)
MCLD	\$ 54,367.0	37%	33%	27%	\$ (5,152.9)	\$ 47,902.4	41%	41%	37%	\$ (2,131.9)
7910	\$ 6,082.3	29%	30%	18%	\$ (252.6)	\$ 3,025.8	32%	39%	27%	\$ 92.4

Cifras en KUSD. Fuente: elaboración propia

MC hace referencia al margen de contribución, en la tabla está capturado en porcentaje y valor monetario el margen de contribución cotizado inicialmente, margen de contribución a costo estándar y margen de contribución actual o real. La diferencia entre el margen de contribución actual y cotizado multiplicado por el costo neto proporciona el impacto en el margen de contribución mostrado en ambos años. En la tabla 7 el desglose del subproducto 7910 calculado de la misma manera es presentado.

Tabla 7. Detalle de discrepancias del subproducto 7910: centro de interruptores de cubierta metálica 1500A, 5/15 kV 2018-2019

2018	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	MC Actual	Ordenes	Secciones	No costeadas	Desfav	Fav
MCLD	\$ 50,547,448	\$ 18,641,461	\$ 54,367,048	\$ 18,159,175	331	1571			
7910	\$ 5,621,996	\$ 1,610,765	\$ 6,082,318	\$ 1,843,260	30	161	4	21	5
	29%	30%	24%	\$ (252,025.16)	9%	10%		\$ (393,348.15)	\$ 141,322.99

No. de Orden	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	MC Actual	Órdenes	Secciones	MC Cotizado	MC Est.	MC Actual*	Impacto MC
7910	\$ 5,621,996	\$ 1,610,765	\$ 6,082,318	\$ 1,843,260	30	161	29%	30%	18%	\$ (252,613)
34491195-005	\$ 40,717	\$ 15,018	\$ 40,717	\$ 7,611	1	1	37%	19%	13%	\$ (9,850)
37367016-163	\$ 121,856	\$ 44,339	\$ 122,618	\$ 27,609	1	6	36%	23%	17%	\$ (24,365)
37388032-302	\$ 24,871	\$ 7,746	\$ 30,370	\$ 6,934	1	1	31%	23%	17%	\$ (4,346)
37388032-303	\$ 24,638	\$ 7,673	\$ 35,334	\$ 13,400	1	1	31%	38%	32%	\$ 276
38893334-001	\$ 168,289	\$ 32,828	\$ 174,443	\$ (5,427)	1	8	20%	-3%	-9%	\$ (49,921)
39048901-001	\$ 869,424	\$ 191,370	\$ 883,790	\$ 295,904	1	14	22%	33%	27%	\$ 48,344
39068715-034	\$ -	\$ -	\$ 102,167	\$ 31,325	1	3		31%	25%	
39068715-035	\$ -	\$ -	\$ 100,381	\$ 35,112	1	3		35%	29%	
39081610-334	\$ 162,869	\$ 46,287	\$ 155,029	\$ 51,288	1	5	28%	33%	27%	\$ (2,073)
39094257-001	\$ 189,977	\$ 53,887	\$ 230,174	\$ 75,530	1	5	28%	33%	27%	\$ (3,570)
39094257-002	\$ 162,749	\$ 46,164	\$ 179,423	\$ 78,750	1	4	28%	44%	38%	\$ 17,091
39094257-003	\$ 399,409	\$ 113,293	\$ 395,025	\$ 166,395	1	9	28%	42%	36%	\$ 30,644
39094257-004	\$ 447,712	\$ 126,994	\$ 443,229	\$ 198,180	1	10	28%	45%	39%	\$ 45,864
39186761-015	\$ -	\$ -	\$ 148,465	\$ 48,931	1	3		33%	27%	
39258217-001	\$ 46,070	\$ 12,490	\$ 46,070	\$ 2,316	1	2	27%	5%	-1%	\$ (12,938)
39577887-004	\$ 157,519	\$ 48,632	\$ 158,521	\$ 1,082	1	4	31%	1%	-5%	\$ (57,370)
39577887-005	\$ 157,284	\$ 48,559	\$ 158,289	\$ 20,965	1	4	31%	13%	7%	\$ (37,403)
39736960-001	\$ 209,067	\$ 72,205	\$ 241,067	\$ 21,110	1	8	35%	9%	3%	\$ (76,611)
40112763-001	\$ 98,383	\$ 14,607	\$ 98,383	\$ 36,460	1	5	15%	37%	31%	\$ 15,950
40112763-002	\$ 74,604	\$ 11,077	\$ 74,604	\$ 14,965	1	5	15%	20%	14%	\$ (588)
40243896-002	\$ 38,226	\$ 3,075	\$ 38,226	\$ (4,399)	1	2	8%	-12%	-18%	\$ (9,767)
40263634-001	\$ 189,707	\$ 28,167	\$ 192,307	\$ 71,866	1	9	15%	37%	31%	\$ 31,774
40335353-001	\$ 516,230	\$ 199,198	\$ 511,492	\$ 171,542	1	11	39%	34%	28%	\$ (56,518)
40335353-002	\$ 500,639	\$ 193,182	\$ 501,249	\$ 186,019	1	11	39%	37%	31%	\$ (37,474)
40871745-001	\$ 154,300	\$ 50,475	\$ 154,273	\$ 52,765	1	4	33%	34%	28%	\$ (6,958)
41071326-001	\$ 674,444	\$ 214,230	\$ 644,390	\$ 207,286	1	14	32%	32%	26%	\$ (36,061)
					1				-6%	
41439395-001	\$ 81,900	\$ 14,793	\$ 81,900	\$ 12,489	1	3	18%	15%	9%	\$ (7,218)
41439649-001	\$ 55,555	\$ 7,237	\$ 55,110	\$ 4,889	1	3	13%	9%	3%	\$ (5,597)
41439649-002	\$ 55,555	\$ 7,237	\$ 55,110	\$ 6,558	1	3	13%	12%	6%	\$ (3,928)

2019	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	MC Actual	Órdenes	Secciones	No costeadas	Desfav	Fav
MCLD	\$ 42,081,466	\$ 17,386,530	\$ 47,902,443	\$ 19,575,722	239	1162			
7910	\$ 3,036,065	\$ 968,957	\$ 3,025,795	\$ 1,183,432	19	79	0	9	10
	32%	39%	35%	\$ 140,814.85	8%	7%		\$ (48,998.04)	\$ 189,812.90

No. de Orden	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	MC Actual	Órdenes	Secciones	MC Cotizado	MC Est.	MC Actual	Desviación	Impacto	MC
7910	\$ 3,036,065	\$ 968,957	\$ 3,025,795	\$ 1,183,432	19	79	32%	39%	37%	5%	\$ 140,815	
38344073-002	\$ 354,480	\$ 135,017	\$ 382,350	\$ 154,187	1	7	38%	40%	38%	0%	\$ (622)	
39422130-002	\$ 117,484	\$ 42,294	\$ 124,037	\$ 44,447	1	3	36%	36%	33%	-3%	\$ (3,183)	
39577867-004	\$ 215,850	\$ 69,447	\$ 226,012	\$ 65,574	1	5	32%	29%	27%	-6%	\$ (12,567)	
39577867-005	\$ 215,611	\$ 69,370	\$ 225,576	\$ 65,009	1	5	32%	29%	26%	-6%	\$ (12,982)	
39994652-001	\$ 174,622	\$ 15,961	\$ 173,273	\$ 43,027	1	12	9%	25%	22%	13%	\$ 23,031	
39994652-002	\$ 172,788	\$ 15,793	\$ 163,188	\$ 45,825	1	7	9%	28%	26%	17%	\$ 26,993	
40171514-012	\$ 67,488	\$ 36,154	\$ 59,504	\$ 32,513	1	1	54%	55%	52%	-1%	\$ (793)	
40344451-154	\$ 341,902	\$ 121,320	\$ 308,375	\$ 139,571	1	6	35%	45%	43%	7%	\$ 22,746	
40344451-156	\$ 329,528	\$ 116,929	\$ 295,119	\$ 145,426	1	6	35%	49%	47%	11%	\$ 33,624	
40371883-001	\$ 93,212	\$ 8,013	\$ 93,212	\$ 18,622	1	4	9%	20%	18%	9%	\$ 8,372	
41670091-001	\$ 53,000	\$ 34,816	\$ 53,000	\$ 24,941	1	1	66%	47%	45%	-21%	\$ (11,147)	
41694680-002	\$ 42,884	\$ 16,249	\$ 31,200	\$ 8,523	1	1	38%	27%	25%	-13%	\$ (4,048)	
41694680-004	\$ 42,884	\$ 16,249	\$ 31,200	\$ 10,380	1	1	38%	33%	31%	-7%	\$ (2,191)	
41789556-002	\$ 119,574	\$ 51,603	\$ 138,316	\$ 67,331	1	3	43%	49%	46%	3%	\$ 4,321	
41789908-001	\$ 117,063	\$ 51,508	\$ 135,933	\$ 61,606	1	3	44%	45%	43%	-1%	\$ (1,467)	
41829889-002	\$ 153,671	\$ 70,054	\$ 154,794	\$ 88,210	1	3	46%	57%	55%	9%	\$ 13,928	
41886100-001	\$ 77,089	\$ 6,627	\$ 77,089	\$ 18,238	1	3	9%	24%	21%	13%	\$ 9,761	
41892119-001	\$ 175,355	\$ 76,803	\$ 182,035	\$ 113,341	1	2	44%	62%	60%	16%	\$ 29,244	
42071395-001	\$ 171,580	\$ 14,750	\$ 171,580	\$ 36,660	1	6	9%	21%	19%	10%	\$ 17,793	

Cifras en USD. Fuente: elaboración propia.

3.2 Pregunta de investigación

Los datos mencionados anteriormente permiten la identificación de la existencia de cierta imprecisión en el modelo de cotización actual, por lo tanto, la siguiente pregunta de investigación es planteada:

¿Qué modelo de cotización de órdenes de manufactura de centro de interruptores de cubierta metálica reducen las diferencias entre el costo estimado y el costo efectivo de manufactura?

3.3 Hipótesis

El problema de investigación enunciado anteriormente denota una omisión importante dado el modelo actual de cotización basado en estadística histórica y denominado “PDCAT multipliers”, este no captura los rasgos específicos de diseño del producto que pueden definir su costo real al momento de manufacturarse y, por lo tanto, genera una estimación errónea de margen y precio comunicado al cliente y al negocio impactando negativamente en la rentabilidad de la organización. El modelo actual, a través de la imprecisión del costo y precio presentado al cliente, afecta el número de órdenes convertidas en proyectos hacia el centro de manufactura, afectando de esta manera la cobertura de mercado y obtención de ganancias en la empresa. Aunado a esto, la falta de actualización en sistemas de información y poca o nula vinculación y

comunicación entre el equipo de cotización y la planta productiva incrementa la probabilidad de generar desviaciones de costo estimado contra actual en el producto.

Los supuestos anteriores indican la necesidad de indagar en otros modelos de cotización para lograr una mejor aproximación respecto al costo tras la fabricación del producto en el centro de manufactura y de esta manera proteger el margen de utilidad de Schneider Electric. Este nuevo modelo debe poseer información actualizada y fidedigna sobre el producto a producirse, reflejando las condiciones actuales del entorno. Por lo mismo, las siguientes hipótesis han sido generadas:

H₀: El uso de un modelo de costeo estándar modular basado en rasgos de diseño agrupado no reduce las variaciones entre el costo estimado y el costo efectivo de manufactura.

H_a: El uso de un modelo de costeo estándar modular basado en rasgos de diseño agrupado reduce las variaciones entre el costo estimado y el costo efectivo de manufactura.

3.4 Objetivos

El objetivo general de la presente investigación es el siguiente:

- I. Reducir las variaciones entre el margen cotizado y el margen actual al $\pm 3\%$ del producto denominado "centro de circuitos de interruptores de cubierta metálica para interiores" de 1200A 5/15KV.

La injerencia de la planta productiva en el precio neto de venta es nula, por lo mismo el enfoque principal será en la estimación del costo. Esto implica realizar una estimación más precisa del costo efectivo de manufactura comparado al modelo de cotización vigente "PDCAT multipliers". A través de un modelo de costeo efectivo, con una mayor aproximación comparado al actual, las expectativas son proteger el margen de contribución de la empresa en la etapa inicial de cotización y afianzar aquellos proyectos rentables para el negocio

Los objetivos específicos de la investigación son los siguientes:

- II. Desarrollar un esquema de costeo modular basado en rasgos de diseño como modelo de para el producto denominado “centro de circuitos de interruptores de cubierta metálica para interiores” de 1200A 5/15KV.
- III. Definir las configuraciones modulares y sus componentes clave del producto representativos de la demanda del cliente “típica”.
- IV. Calcular el costo de material asociado con los componentes clave de las configuraciones definidas anteriormente.
- V. Calcular el costo de labor mediante la asignación de tiempos por centro de actividad, esto implica la definición de tiempos de manufactura asociadas con estas configuraciones.
- VI. Asignar otros gastos indirectos definidos por la toma de tiempos de manufactura asociados con fabricar estas configuraciones.
- VII. Comparar la efectividad este nuevo modelo de costeo modular basado en rasgos de diseño contra el costo efectivo de manufactura.
- VIII. Proporcionar al equipo de cotización visibilidad del costo proveniente del centro de manufactura para la licitación de órdenes futuras y definición de un margen de contribución con una tasa ganadora para Schneider Electric.
- IX. Establecer en el centro de manufactura mediciones de desempeño relacionadas con la estimación del costo de futuras órdenes. Es decir, al establecer configuraciones modulares estándar y tiempos de manufactura para el producto 7910, el costo estimado servirá como directriz de desempeño del equipo de producción en órdenes futuras, por lo tanto, el costo efectivo debe ser igual o con poca variación, cualquier desviación considerable sería un indicador de impactos atípicos en el proceso que deben ser investigados.

Capítulo 4. Metodología

El presente estudio de investigación es de carácter documental, implica la recolección de datos no solo para describir el problema y entenderlo, la intención del mismo también radica en profundizar en la explicación e impacto de las variables involucradas y dar una solución. Esta solución será realizada en base la recolección de datos cuantitativos en base a la población estudiada, todo esto es descrito a continuación.

4.1 Metodología para definición del problema

La medición de antecedentes y problema identificado anteriormente fue realizada, en primer lugar, a través de una investigación documental referente al modelo de cotización actual. Fue necesario realizar una investigación basada en fuentes primarias para conocer a grandes rasgos dicho modelo de costeo, eso fue basado en entrevistas y comunicaciones informales con la contralora de la planta de Smyrna, la contralora del clúster de ETO, la vicepresidenta asignada al ETO Costing Project, gerente de la planta de Smyrna, gerente de mejora continua y de procesos y gerentes y supervisores de ingeniería de órdenes. Recabando información de estas fuentes fue distinguido el carácter histórico y estadístico este modelo aplicado en Schneider Smyrna desde 1973, cuando iniciaron las operaciones.

Las fuentes primarias para el conocimiento y estudio del modelo actual fueron reforzadas a través de una investigación en fuentes secundarias basadas en el portal interno de la empresa y el portal de aprendizaje interno donde existen diversos cursos y fuentes de información sobre el proceso de cotización y las diversas herramientas empleadas en Schneider Electric Norteamérica. La figura 7 muestra ciertos ejemplos recabados de dichos portales internos como soporte del proyecto. Este mismo proceso ha sido detallado anteriormente en los antecedentes.

Process Map



32

Overall Process

How does it all fit together?

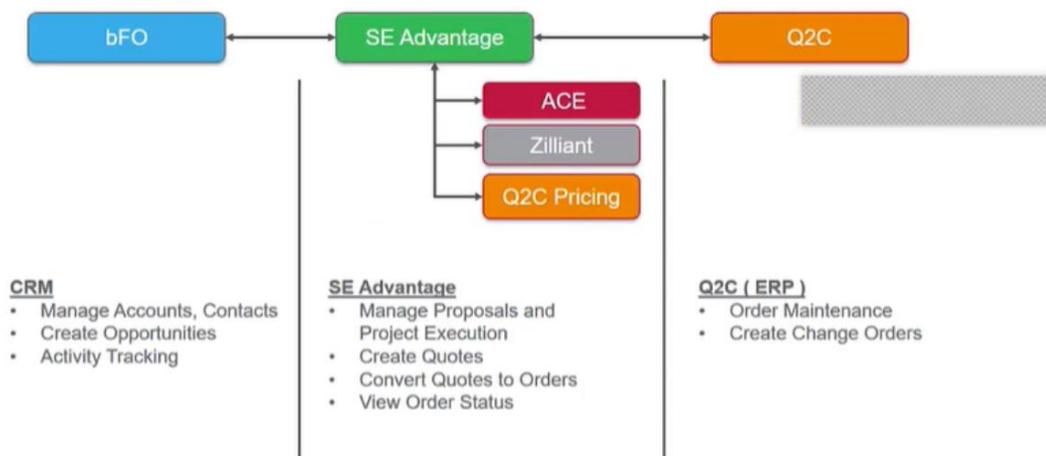


Figura 7. Fuentes de información secundarias recopiladas del portal interno de Schneider Electric sobre el proceso de cotización actual. Fuente: Schneider Electric. (2019).

Los antecedentes mencionados anteriormente respecto a cifras capturando el impacto del producto centro de interruptores de cubierta metálica y especificaciones del PDCAT 7910 requirió una investigación documental extrayendo información de diversas bases de datos y servidores de Schneider Electric Norteamérica. Además para la medición del impacto, diversas formulas matemáticas y contables fueron aplicadas, con esta información la existencia de una

desviación en el margen por la estimación de costos y precio neto fue confirmada, inclusive para el subproducto a estudiar en cuestión, de igual manera la una desviación en el margen observada no solo fue encontrada desfavorable, también existe una desviación favorable esto, en ocasiones, puede denotar una sobrestimación sobre el costo y precio de venta estimado, esto también puede ser considerado un problema, puede hacer menos competitivo a la compañía frente a otros competidores en el momento de la licitación.

La definición de antecedentes, además estar enfocada en datos internos de la empresa, implicó también información documental en fuentes electrónicas actualizadas y revistas científicas. Los artículos mayormente revisados fueron encontrados usando palabras clave como *costeo modular, métodos de cotización para productos personalizados, ingeniería a pedido, costeo basado en actividades y cotización de proyectos de ingeniería*. Mediante la lectura y resumen de los artículos de investigación revisados e el problema de la imprecisión en el costeo fue reconocido como algo común en la industria y, en específico, en los sistemas de manufactura de ingeniería a pedido. Esta más acentuado cuando existe manufactura de productos personalizados con especificaciones de cliente al momento de entrar la orden. A pesar de esto, existen algunas propuestas y modelos aplicados por otras organizaciones y por otros autores apoyando en la resolución del problema y pregunta de investigación. Gracias a estos artículos la existencia de otros modelos fue reconocida:

- Costeo basado en rasgos de diseño
- Costeo basado en actividades
- Sistema automatizado de evaluación de cotizaciones
- Costeo de ciclo de vida del producto
- Modelo de ensamble modular
- Método secuencial de optimización objetivos múltiples

La comparación de ventajas y desventajas de dichos modelos y métodos fue necesaria para el planteamiento de la hipótesis, además la consulta con líderes de Schneider fue necesaria para seleccionar el problema de la imprecisión en la captura en el costeo respecto a las especificaciones del cliente. El método que provee mayor información dada las condiciones del

producto fue el primer modelo basado en rasgos de diseño. Este modelo muestra ser la solución apropiada para el centro de manufactura no solo para disminuir la desviación en el margen sino para conocer y establecer las configuraciones más demandadas de los productos fabricados, conocer tiempos de manufactura y los indicadores integradores del costo del producto. A partir de este conocimiento el centro de manufactura pretende moverse de un sistema de manufactura de ingeniería a pedido sumamente personalizado a un sistema de manufactura configurado o lo más estandarizado posible, de esta manera, sin lugar a duda las mejoras en eficiencia de proceso y automatización pueden implementarse más fácilmente. Debido a estas condiciones, el costeo modular basado en rasgos de diseño, el cual engloba en cierta medida también el costeo por actividades resultó ser el modelo existente en la industria actual más apto y funcionó como apoyo para el planteamiento de la hipótesis.

4.2 Metodología para comprobación de hipótesis de investigación

La aplicación efectiva de este modelo de costeo en el producto seleccionado implica una investigación de campo. Es necesario realizar un análisis minucioso del producto y de los rasgos de diseño agrupados por módulos. Esto fue realizado mediante el estudio de las órdenes manufacturadas en el periodo previo (2018) y actual (2019) para conocer cuáles son los rasgos repetitivos base del costeo. Con el apoyo del equipo de ingeniería de órdenes fueron definidas alrededor de seis configuraciones típicas del producto PDCAT 7910: centro de interruptores de cubierta metálica de VR M\C 15KV 500MVA, 1200A, INDOOR. Estas configuraciones deben representar la demanda típica del cliente y al entrar una orden las secciones contenidas en el producto deben ser una combinación de estas configuraciones para proceder con el costeo.

Los rasgos base o estándar serán el fundamento del costeo modular, sin embargo, también es necesario reconocer aquellos rasgos atípicos o especializados seleccionados por el cliente para su producto. Estos mismos son los denominados “etiquetas”, estos pueden representar del 2% al 30% del porcentaje del costo total del producto por lo tanto es importante incluirlos como explicación de las estimaciones. La revisión de estos rasgos atípicos debe corresponder al mismo periodo de tiempo seleccionado anteriormente.

Una vez concluida la definición de rasgos para el costeo modular, la investigación documental referente a la estructura de costos utilizada por Schneider Electric Smyrna es necesario para asignar un valor monetario a cada rasgo de diseño. Contando con la estructura de costos, el proceso seguido para la resolución de la hipótesis planteada fue el siguiente:

1. En base a las configuraciones creadas con distintos componentes calcular el costo de material proveniente de la lista de materiales.
 - a. Para evitar el cálculo manual de esto, es decir la generación de una lista de materiales manual (en hoja de cálculo) y la búsqueda del costo por número de parte en el ERP de Schneider, esto es necesario el uso de un sistema de información y un medio de analítica visual. Para esto fue necesario el uso del software conocido como Order Editor, un software empleado para modelar atributos de orden como los datos de orden, comportamientos, reglas, propiedades y permisos. A través de este software una lista de materiales costeadas puede ser generada, el sistema lo hace a través de un enlace directo al sistema ERP de la empresa para extraer el costo estándar o el último precio pagado a proveedor establecido.
 - i. Ingeniero de aplicación, ingeniero mecánico y eléctrico deben introducir los atributos de la orden al software para generar una lista de materiales.
 - ii. Finanzas debe extraer dicha lista de materiales y seleccionar el costeo para incluir todos los componentes de la lista con el costo asignado.
2. En base a las configuraciones creadas tomar tiempos de ingeniería de aplicación, mecánica y eléctrica. Los ingenieros de orden, pueden ser mecánicos, eléctricos o de aplicación forman parte del costo del producto, ellos son los primeros en revisar las órdenes y generar los modelos y planos previo al inicio del ensamblaje en producción. Por lo tanto, es indispensable la toma de tiempos de cada una de las actividades realizadas por el ingeniero.
 - a. La información puede ser recopilada través de un software donde los ingenieros registran el tiempo de sus actividades denominado Kronos.

3. En base a las configuraciones generadas calcular tiempos de manufactura dividido por estaciones de trabajo.
 - a. Para realizar este fue necesario un estudio de análisis de tiempos predeterminados. Los tiempos predeterminados, son una reunión de tiempos estándares válidos asignados a movimientos fundamentales y grupos de movimientos que no pueden ser evaluados de forma precisa con los procedimientos ordinarios para estudio de tiempos con cronómetro. Éstos son el resultado de estudiar una gran muestra de operaciones diversificadas con un dispositivo de medición de tiempo, como una cámara de cine o de video grabación capaz de medir lapsos muy pequeños de tiempo (Wygant 2003). Entre los más comunes están: MTM (Methods Time Measurement), MOST Maynard Operation Sequence Technique, WORK FACTOR entre otros. El objetivo es aplicar MTM (Methods Time Measurement) para obtener los tiempos de manufactura asociados con la fabricación de cada una de las configuraciones. Esto fue generado por estación de trabajo o centro de actividad las cuales pueden ser:
 - Línea mecánica:
 - Floors
 - Bell Assembly
 - Framing 1
 - Framing 2
 - Framing 3
 - Trucks
 - Bussing
 - Breakers
 - Línea eléctrica
 - Door Set up
 - CWB Set Up
 - RW Wiring
 - Door Wiring

- CWB Wiring
 - Cranebay
4. En base a las configuraciones determinadas calcular tiempos de calidad basados en rasgos eléctricos. En esta etapa también puede ser útil el cálculo de tiempos predeterminados a partir de la metodología MTM, sin embargo, el análisis estará más enfocado en identificar aquellos rasgos de diseño eléctricos representativos determinantes para los tiempos de prueba en los equipos. El proceso de calidad es necesario en cada uno de los equipos manufacturados por parte de la línea de ensamble, es un procedimiento obligatorio.
 5. Una vez contando con todos los tiempos de ingeniería, manufactura y calidad enunciados anteriormente el tiempo fue convertido en valor monetario a través de la aplicación de la estructura de costos de la empresa.
 6. Adicional a esto, es importante aplicar un % general comprendiendo el CEFIV (aquellos costos excluidos en el costeo estándar: transportación de salida, scrap e inventarios) para contar con una aproximación más realista hacia el costo final efectivo del producto.
 - a. Este % conocido como “catch-all” fue definido mediante el estado de resultados de la empresa en el año en cuestión realizando la sumatoria de estos costos excluidos sobre las ventas totales.

Una vez aplicado todo este proceso para obtener el costo de las diferentes configuraciones creadas la comprobación de la hipótesis será realizada a través de una investigación de campo en tres etapas:

1. Etapa 1: corrida piloto con órdenes pasadas embarcadas el año anterior (2018). Para esto una muestra la población fue seleccionada (n) es decir, 19 de las 26 órdenes embarcadas en este periodo. La selección de esta muestra estuvo basada en la disponibilidad de dibujos disponibles de órdenes enviadas en un periodo anterior, no fue posible recuperar los registros de la población total. Esta muestra de órdenes fue costada con el modelo PDCAT multipliers con una desviación en el margen neto desfavorable de -\$130.8 mil dólares estadounidenses. El nuevo modelo de costeo modular basado en rasgos de diseño será aplicado a la muestra y la variación, dadas las fórmulas enunciadas anteriormente, será calculada.

2018	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	MC Actual	Órdenes	Secciones	No costeadas	Desfav	Fav
MCLD	\$ 50,547,448	\$ 18,641,461	\$ 54,367,048	\$ 18,159,175	331	1571			
7910	\$ 5,621,996	\$ 1,610,765	\$ 6,082,318	\$ 1,843,260	30	161	4	21	5
	29%	30%	24%	\$ (252,025.16)	9%	10%		\$ (393,348.15)	\$ 141,322.99
Muestra	\$ 3,060,773	\$ 831,828	\$ 3,094,348	\$ 709,612	19	89	0	14	5
				\$ (130,806.30)				\$ (240,630.84)	\$ 109,824.54

2. Etapa 2: corrida piloto con órdenes pasadas embarcadas el año actual (2019). Esta corrida comprendió toda la población (N) es decir las 19 órdenes embarcadas en este periodo y costeadas con el modelo PDCAT multipliers con una desviación en el margen neto favorable de \$92 mil dólares estadounidenses. El nuevo modelo de costeo modular basado en rasgos de diseño fue aplicado a la población y la variación, dadas las fórmulas enunciadas anteriormente, fue calculada.

2019	Orig_Net	Orig_Marg	Act_Net	MC Actual	Órdenes	Secciones	No costeadas	Desfav	Fav
MCLD	\$ 42,081,466	\$ 17,386,530	\$ 47,902,443	\$ 19,575,722	\$ 239	1162			
7910	\$ 3,036,065	\$ 968,957	\$ 3,025,795	\$ 1,183,432	\$ 19	79	0	9	10
	32%	39%	35%	\$ 92,402.14	\$ 0.08	7%		\$ (69,299.05)	\$ 161,701.19

3. Etapa 3: corrida piloto con órdenes futuras a embarcarse en el año 2020. Para esto será necesario tomar una muestra del año 2020 (n), las órdenes fabricadas en el primer cuarto del 2020 del PDCAT 7910. Esta corrida fue ealizada tiempo real y con la intención de revisar discrepancias entre el costeo propuesto y el costo efectivo dado por el proceso de fabricación, además permitirá sustentar el argumento respecto a la entrada de órdenes mediante un método mas certero de costeo y cotización.

La última etapa del proceso fue la comparación entre el costo estimado y costo efectivo para las poblaciones y muestras enunciadas anteriormente para realizar una comparación entre la desviación de margen del modelo de costeo actual y el modelo de costeo propuesto. Esto permitió evaluar la efectividad del modelo planteado y generar conclusiones para la mejora del mismo.

Para evaluar la contundencia de la hipótesis y objetivos planteado anteriormente se retaron los resultados mediante dos pruebas estadísticas. La prueba chi-cuadrado (χ^2) de Pearson, permitió determinar la asociación o independencia estadística entre las variables, aplicando un grado de significancia de 95%. Para comprobar el éxito del nuevo método de costeo este debe cumplir con un porcentaje de precisión en el margen menor o igual a

más/menos tres por ciento ($\leq \pm 3\%$). Por lo tanto, fueron categorizadas las órdenes costeadas con el modelo anterior, PDCAT multipliers, como aceptable (variación $\leq \pm 3\%$) o no aceptable (variación $\geq \pm 3\%$). De igual manera fueron categorizadas las mismas órdenes costeadas, pero ahora con el nuevo método, en base a rasgos de diseño. La prueba permitió conocer la dependencia o independencia estadística entre dos parámetros cualitativos, el porcentaje de el porcentaje de precisión en el margen y el método de costeo aplicada durante el proceso de cotización.

La segunda prueba estadística a la cual fueron sometidos los resultados es la prueba de desviación estándar de dos muestras. Esto con el objetivo de comparar las desviaciones estándar de dos muestras determinando si son significativamente diferentes. La desviación estándar indica la dispersión de los datos con respecto a la media por lo que esta prueba permitió conocer si existe una reducción en la dispersión o variación de los datos, sobre todo conforme a los objetivos estipulados.

Capítulo 5. Resultados

5.1 Selección de configuraciones modulares para el producto PDCAT 7910

La construcción de un costeo basado en rasgos de diseño modular implicó el análisis minucioso del producto a estudiar, PDCAT 7910: centro de interruptores de cubierta metálica de VR M\C 15KV 500MVA, 1200A, INDOOR. Para la selección y agrupación de los módulos fueron analizados los rasgos de las órdenes manufacturadas en periodos previos (del 2017 al 2019). El equipo de ingeniería de órdenes apoyó en la selección de las siguientes configuraciones presentadas en la tabla 8. Esta tabla presenta seis configuraciones modulares creadas de la 1A a la 1F, a la derecha está anunciado el nombre la configuración con su respectiva descripción y todos los componentes contenidos principales contenidos en dicha configuración y la cantidad de cada uno de estos en la lista de materiales.

Tabla 8. Matriz del producto 7910 con las configuraciones típicas y rasgos de diseño base

Tipo	Configuración	Descripción	86LOR	METER	SEPM	TEST SWITCH	BUS VTs	CPTs	MAIN CONTACT VT/CPT	BREAKER	TIE BREAKER (INT/VACC)	LWR BRKR CONF 5/15KV	UPR BRKR CONF 5/15KV	UPR BRKR AUX	LWR BRKR AUX	CT	PORC BELLS
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	1 interruptor, CPT & VT	1	1	1	2	3	1	3	1		1				3	
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	1 interruptor, VT	1	1	1	2	3	0	3	1		1				3	
1C	BREAKER/BREAKER	2 interruptors	2	2	2	4				2		1	1			6	
1D	TIE BREAKER/BLANK	1 interruptor tie, campanas de porcelana	1	1	1	2					1	1		1		3	6
1E	BREAKER/BLANK	1 interruptor	1	1	1	2				1		1		1		3	
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	0 interruptors, sección en blanco					3	1	3					1	1		

Fuente: Elaboración Propia.

La matriz elaborada contiene configuraciones típicas, las principales diferencias radican en la localización y contenido de los principales componentes eléctricos: el disyuntor o corta circuito (breaker), transformador de potencia de control (CPT), transformador de voltaje (VT), barra de bus eléctrico (bus bar), campanas eléctricas regulares o de porcelana (electrical bells).

Las diferentes configuraciones son mostradas de manera más detallada en los siguientes planos de ingeniería:

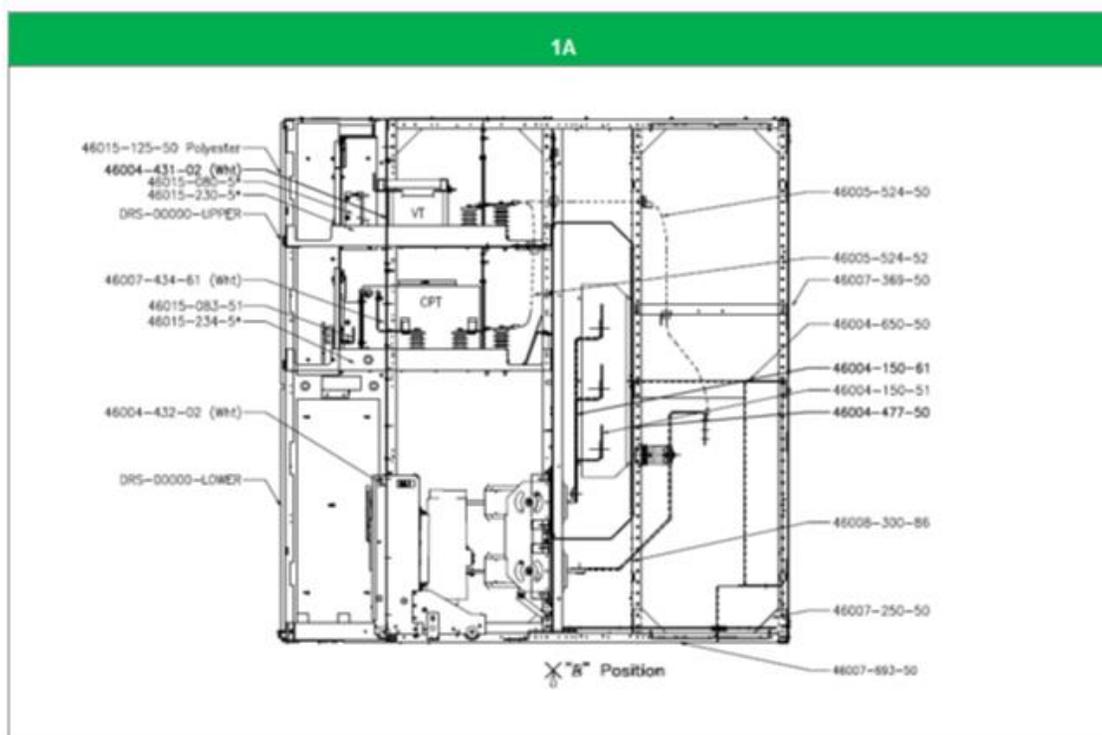


Figura 8. Plano de ingeniería para la configuración típica 1A (1 interruptor, CPT & VT). Fuente: (Ali, Garcia, Phonhasackd, Lizarraga y Crawford, 2019).

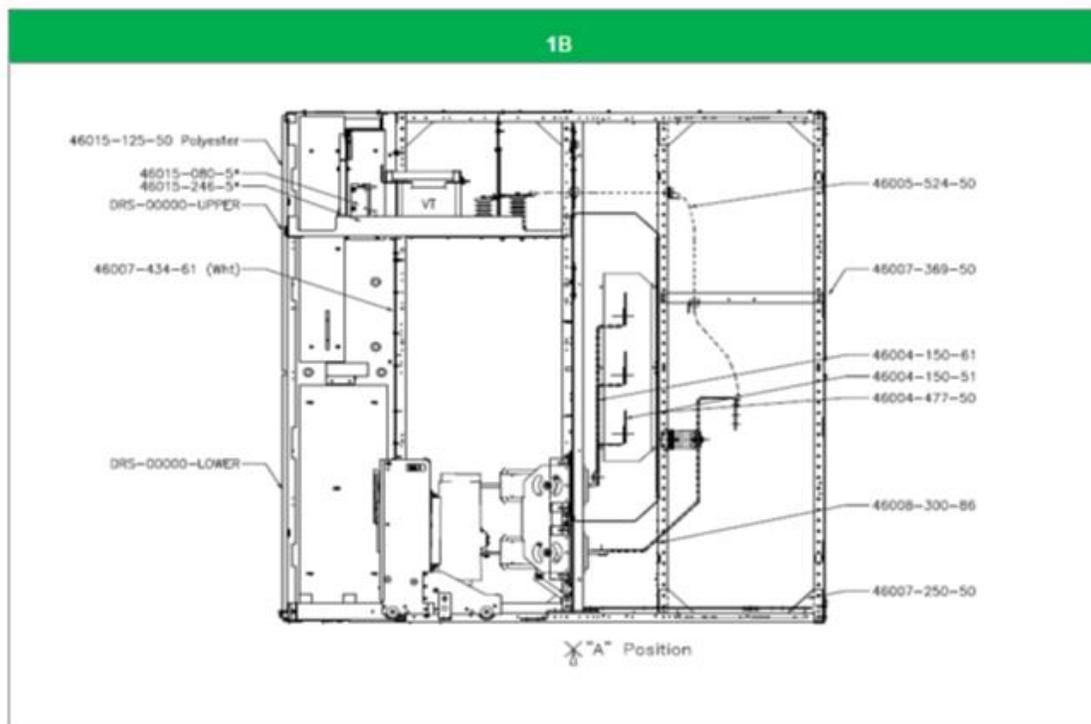


Figura 9. Plano de ingeniería para la configuración típica 1B (1 interruptor, VT). Fuente: (Ali, Garcia, Phonhasackd, Lizarraga y Crawford, 2019).

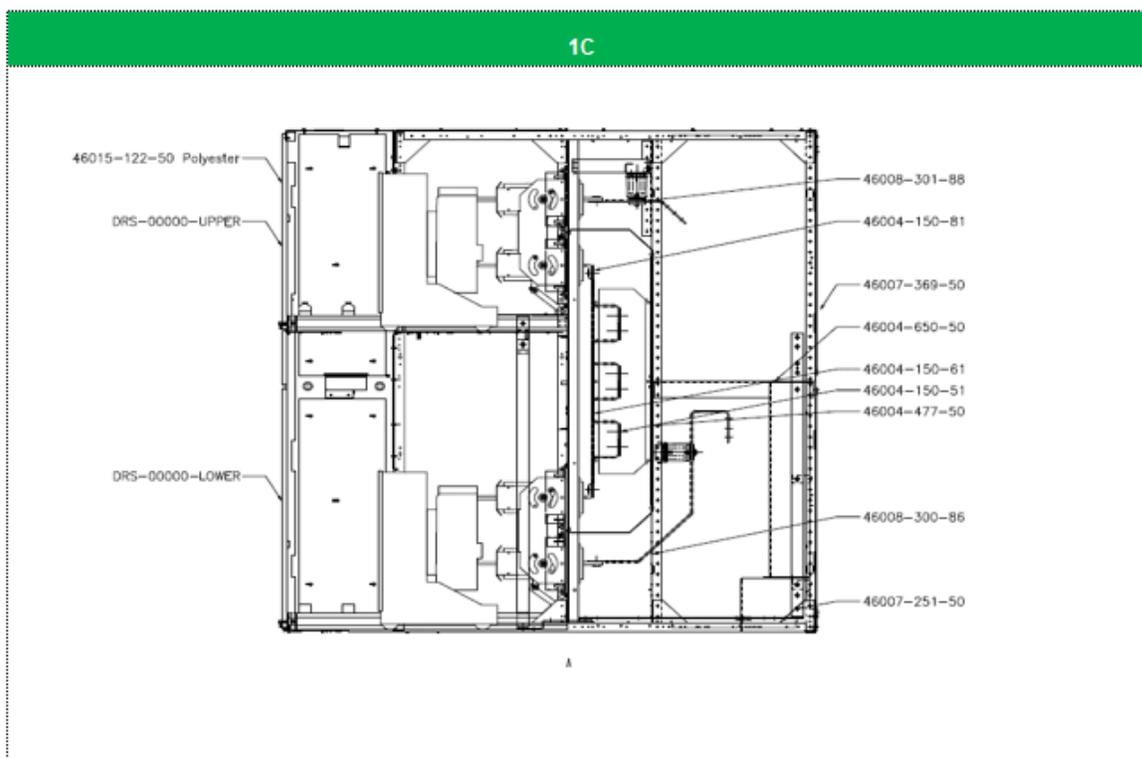


Figura 10. Plano de ingeniería para la configuración típica 1C (2 interruptores). Fuente: (Ali, Garcia, Phonhasackd, Lizarraga y Crawford, 2019).

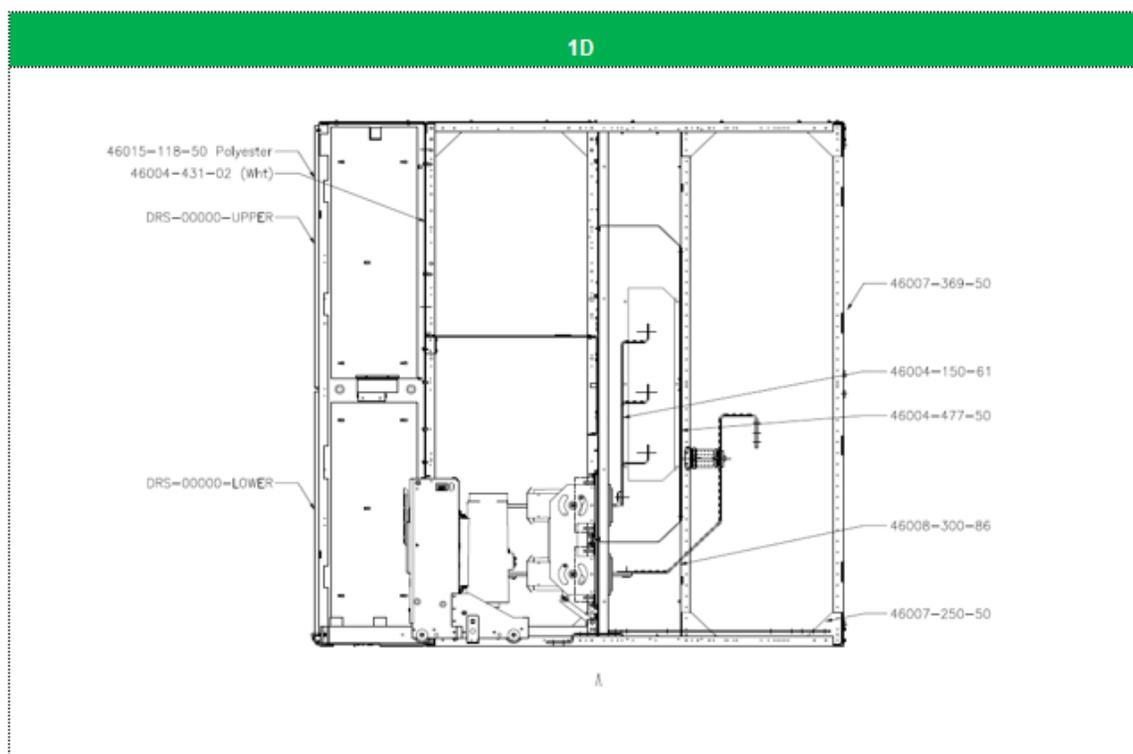


Figura 11. Plano de ingeniería para la configuración típica 1D (1 interruptor tie, campanas de porcelana). Fuente: (Ali, Garcia, Phonhasackd, Lizarraga y Crawford, 2019).

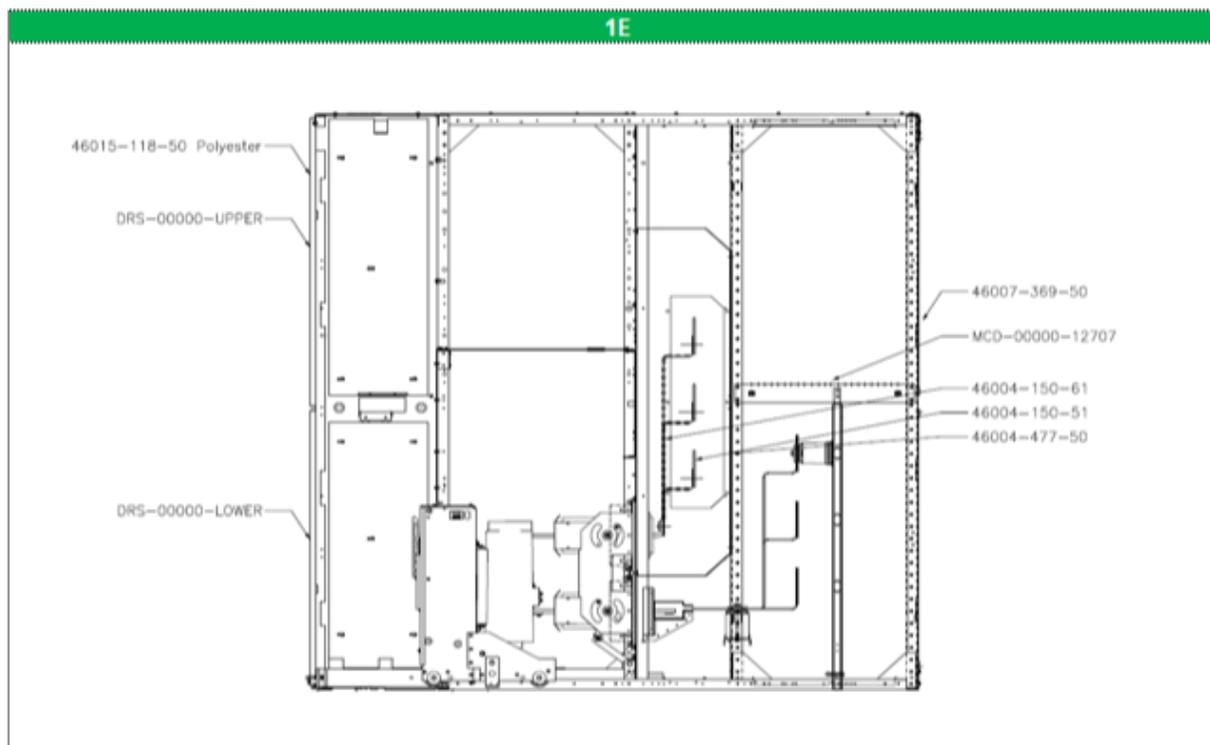


Figura 12. Plano de ingeniería para la configuración típica 1E (1 interruptor). Fuente: (Ali, Garcia, Phonhasackd, Lizarraga y Crawford, 2019).

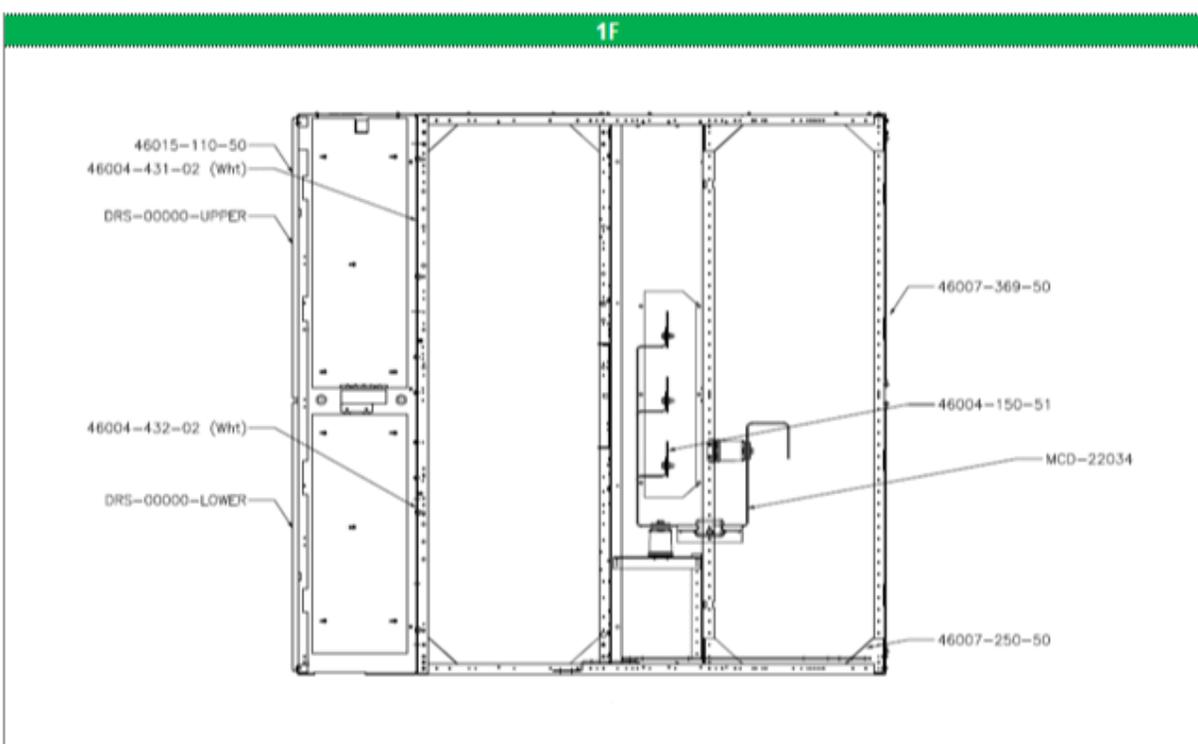


Figura 13. Plano de ingeniería para la configuración típica 1F (0 interruptores, sección en blanco). Fuente: (Ali, Garcia, Phonhasackd, Lizarraga y Crawford, 2019).

Las configuraciones anteriores fueron generadas para características internas del producto, incluyendo la fabricación de la carcasa metálica encapsuladora. Sin embargo, una o varias de las puertas del producto cuenta con una serie de equipos conectados mediante un cableado a los diferentes componentes funcionando como control de red de distribución e indicación de fallas, plataformas de automatización de red, controlador de interruptores, sistemas de monitoreo de baja tensión, fuentes de alimentación, unidades terminales remotas, plataformas de automatización de subestaciones, etc. Estos componentes de la puerta principal cuentan con cierta personalización o especificación atípica del cliente. Sin embargo, para efectos de este costeo un modelo de puerta estándar fue considerado con componentes funcionales a todas las configuraciones y basados en la repetibilidad histórica de diseños de puertas. En la figura 14 a continuación es presentada el dibujo de la puerta estándar. La puerta contiene como principales rasgos de diseño: 52 CS, Protection Relay, 4 Pilot Lights, 86LOR, Meter, Ammeter & 2 Test Switches, Line and Bus VTs.

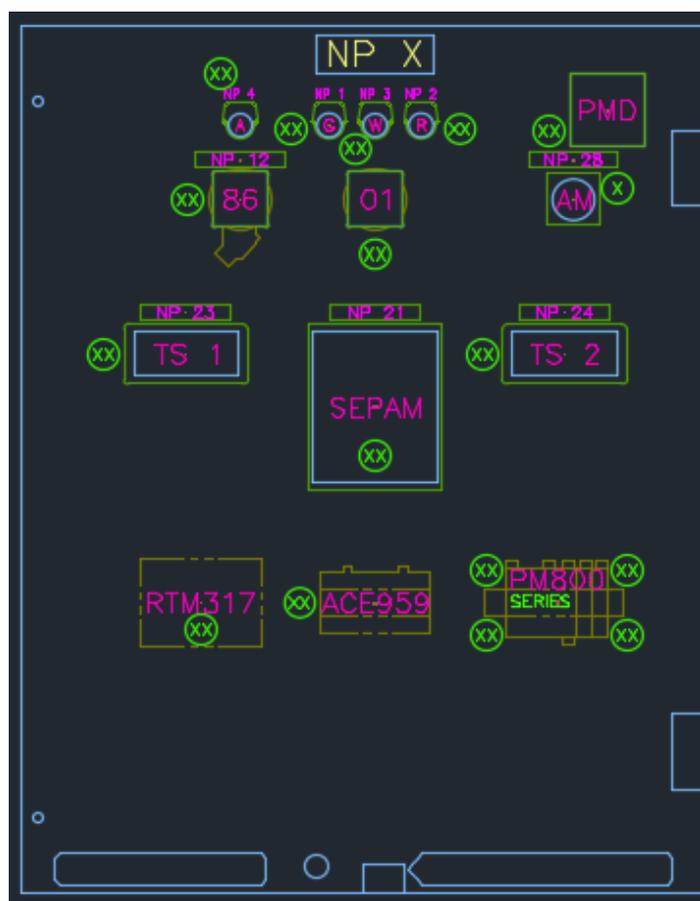


Figura 14. Plano de ingeniería del cableado de la puerta principal con componentes electrónicos. Fuente: Elaboración Propia.

Los rasgos base o estándar presentados anteriormente son el fundamento del costeo modular, los componentes listados integran alrededor del 70% del costo del producto. Sin embargo, al tratarse de un producto donde la ingeniería es realizada de acuerdo a las especificaciones del cliente, es preciso identificar aquellos rasgos atípicos o especializados potencialmente demandados por el cliente en la orden. Estos mismos son conocidos como “etiquetas”, los mismos pueden representar del 5 al 70% del porcentaje del costo total del producto, por lo mismo es importante incluirlos al momento de la estimación. Revisando históricos los rasgos especializados manufacturados son los siguientes:

Tabla 9. Rasgos especializados manufacturados en el periodo 2018-2019 en el PDCAT 7910

Etiqueta	Costo	%
SEL-487E	\$ 69,880	70%
JVM-4AC/5AC	\$ 16,596	39%
PLC	\$ 63,989	30%
CPT transfer/Remote	\$ 29,342	27%
XFMR Connection	\$ 18,946	25%
SEL-451	\$ 104,451	24%
FUSE DRAWOUT FOR REMOTE	\$ 19,633	19%
SPARE FUSES AND PAINT	\$ 10,000	13%
Meterbay	\$ 23,000	13%
Rear Extension , 12" Deep	\$ 3,997	12%
Panel Board	\$ 19,000	11%
EXTERNAL ZSI INTERLOCKING	\$ 6,506	5%

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Construcción del costo para las configuraciones modulares seleccionadas

Schneider Electric Norteamérica, todos sus centros de manufactura y distribución comprendidos en la región utilizan una campaña anual denominada CSC, por sus siglas en inglés, Costeo Estándar Consolidado (Consolidated Standard Cost). La metodología de costo esperado

utilizada está basada en gastos históricos reales, su principal uso gira en torno a la valuación de inventarios, pero cuenta con otros propósitos secundarios como analizar gastos reales vs costo estándar (variaciones), dar seguimiento de la evolución del costo de un producto a lo largo del tiempo, ofrecer visibilidad para decisiones comerciales sobre fijación de precios y facilitar el lanzamiento de productos (costo objetivo). El costo estándar incluye:

- Costos de compra (incluidos impuestos, transporte y manejo)
- Costos de conversión (incluidos gastos generales de fabricación fijos y variables)
- Otros costos incurridos para llevar los inventarios a su ubicación y condición actuales

El desperdicio anormal, gastos generales administrativos no relacionados con la producción y costos de venta.

Factores incluidos en el CSC

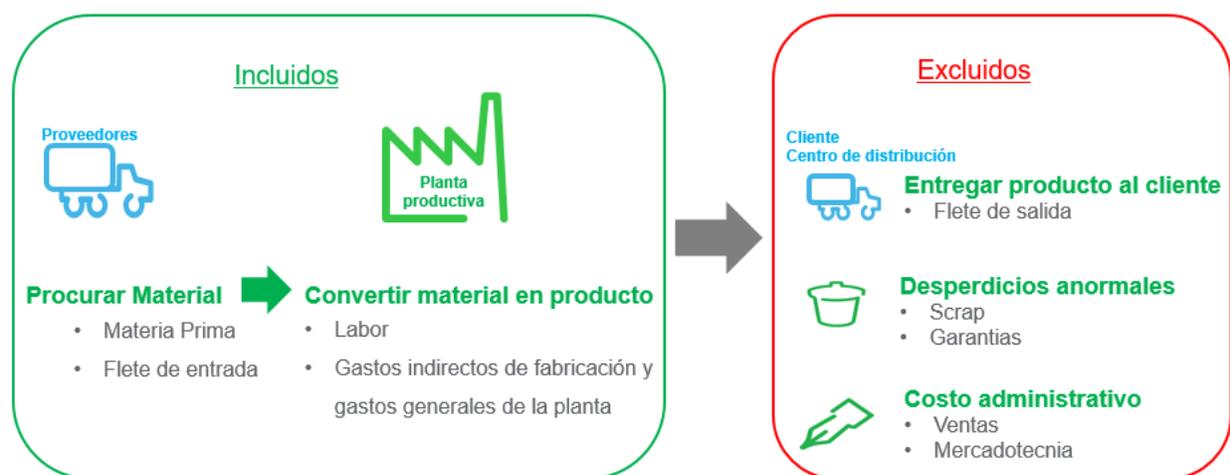


Figura 15. Componentes del CSC en Schneider Electric. Fuente: (Yowder, 2019).

La suma del costo estándar es calculada de manera anual realizando el cálculo representado en la figura 16 para las diversas familias de productos:

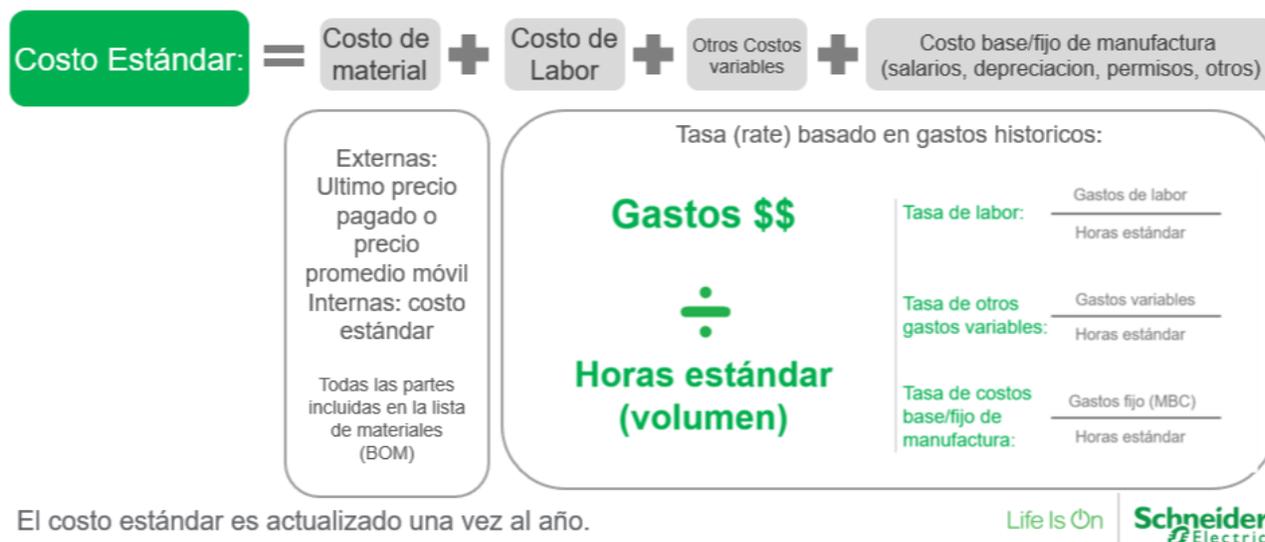


Figura 16. Composición del Costo Estándar en Schneider Electric. Fuente: (Yowder, 2019).

Las tasas (*rates*) son construidas de manera anual con el procedimiento anunciado anteriormente, contando con las mismas el costo de un producto es calculado. La figura 17 presenta el rate o la tasa por hora calculada realizando una división del gasto entre el acumulado de horas estándar, posteriormente esta tasa es multiplicada por el número de horas reales invertidas en ensamblar el producto para contar con el costo estándar total.

Cálculo del costo estándar

$$\begin{array}{r} \text{Labor \$} \div \text{Horas Est.} = \text{Tasa por hora} \\ \$875,456 \div 34,589 = \$25.31 \end{array}$$

Una vez establecida la tasa de costo, Podemos aplicar esto al momento de la manufactura del producto para calcular su costo.

$$\$25.31 \times 1.5 \text{ Hrs.} = \$37.96 \leftarrow \text{Costo estándar del producto}$$

Figura 17. Aplicación de costo estándar a productos manufacturados. Fuente: (Yowder, 2019).

La tabla 10 a la 12 presenta las tasas de costos (rates) construidas para el año 2018-2020 para el producto MCLD, centro de interruptores de cubierta metálica, analizado en la presente investigación. Estas tasas fueron utilizadas para multiplicar el tiempo estándar en ensamble e ingeniería de las configuraciones modulares creadas y contar con un costo total de manufactura.

Tabla 10. Tasas de costos definidas en la planta de Smyrna 2018

CC	2018					
	Tasa de Labor	Tasa de Gastos Variables	Tasa de Costos fijos (salarios)	Tasa de costos fijos (otros)	Tasa de costos fijos (depreciación)	TASA TOTAL
US MENC	\$ 49.71	\$ 25.21	\$ 23.96	\$ 17.41	\$ 3.22	\$ 119.50
US MCLD	\$ 59.84	\$ 25.05	\$ 23.96	\$ 17.41	\$ 3.98	\$ 130.23
US MCCM	\$ 60.14	\$ 26.75	\$ 23.96	\$ 17.41	\$ 3.86	\$ 132.11
US Breaker	\$ 52.22	\$ 26.08	\$ 23.96	\$ 17.41	\$ 3.37	\$ 123.03
US OE	\$ 88.13	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 88.13
US FWP	\$ 58.32	\$ 16.79	\$ 23.96	\$ 17.41	\$ 8.79	\$ 125.27
TOTAL PLANT	\$ 61.72	\$ 24.07	\$ 23.96	\$ 17.41	\$ 5.79	\$ 132.93

Fuente: (NACC, 2018).

Tabla 11. Tasas de costos definidas en la planta de Smyrna 2019

CC	2019					
	Tasa de Labor	Tasa de Gastos Variables	Tasa de Costos fijos (salarios)	Tasa de costos fijos (otros)	Tasa de costos fijos (depreciación)	TASA TOTAL
US MENC	\$ 57.77	\$ 26.67	\$ 21.53	\$ 16.95	\$ 5.23	\$ 128.15
US MCLD	\$ 62.94	\$ 30.09	\$ 21.53	\$ 16.95	\$ 5.53	\$ 137.03
US MCCM	\$ 68.32	\$ 26.02	\$ 21.53	\$ 16.95	\$ 4.29	\$ 137.11
US Breaker	\$ 56.42	\$ 25.70	\$ 21.53	\$ 16.95	\$ 4.53	\$ 125.13
US OE	\$ 86.17	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 86.17
US FWP	\$ 56.39	\$ 31.50	\$ 21.53	\$ 16.95	\$ 8.07	\$ 134.44
TOTAL PLANT	\$ 63.98	\$ 28.42	\$ 21.53	\$ 16.95	\$ 5.63	\$ 136.51

Fuente: (NACC, 2019).

Tabla 12. Tasas de costos definidas en la planta de Smyrna 2020

Centro de Costos	2020					
	Tasa de Labor	Tasa de Gastos Variables	Tasa de Costos fijos (salarios)	Tasa de costos fijos (otros)	Tasa de costos fijos (depreciación)	TASA TOTAL
US MENC	\$ 60.52	\$ 25.14	\$ 22.77	\$ 18.30	\$ 4.08	\$ 130.80
US MCLD	\$ 63.37	\$ 27.87	\$ 22.77	\$ 18.46	\$ 5.65	\$ 138.11
US MCCM	\$ 61.26	\$ 27.55	\$ 22.77	\$ 18.46	\$ 4.24	\$ 134.27
US Breaker	\$ 55.04	\$ 25.44	\$ 22.77	\$ 18.46	\$ 5.08	\$ 126.79
US OE	\$ 85.21	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 85.21
US FWP	\$ 56.81	\$ 31.47	\$ 22.77	\$ 18.46	\$ 8.03	\$ 137.54
TOTAL PLANTA	\$ 64.02	\$ 27.66	\$ 22.77	\$ 18.42	\$ 5.61	\$ 138.49

Fuente: (NACC, 2020).

Las tasas estándar construidas para el producto están basadas en el tipo de gasto incurrido:

- Tasa de labor: personal asalariado directo e indirecto fabricando el producto.
- Tasa de gastos fijos: como el espacio de trabajo, mantenimiento, depreciación y personal administrativo de la planta.
- Tasa de gastos variables: como suministros, embalaje, etiquetado, gastos de luz, agua y gas, entre otros.

El contar con tasas para cada uno de estos gastos permite realizar un análisis del costo del producto de manera totalizada, por lo tanto, el siguiente paso fue proceder al cálculo de medición de tiempos de manufactura a ser valuados con la tasa anterior para los años respectivos.

5.2.1 Cálculo de costo de materiales (BOM)

El cálculo del costo de la lista de materiales proviene de las configuraciones modulares creadas anteriormente, el costo de compra alojado en el sistema ERP fue el empleado para costear la lista de materiales de cada una de las configuraciones resumidos en la tabla 13.

Tabla 13. Costo de material por módulo/configuración

			Costo de Material
Tipo	Configuración	Descripción	Costo de Material (USD)
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	1 interruptor, CPT & VT	\$ 12,863.29
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	1 interruptor, CT	\$ 11,203.52
1C	BREAKER/BREAKER	2 interruptores	\$ 15,788.78
1D	TIE BREAKER/BLANK	1 interruptor tie, campanas de porcelana	\$ 10,019.81
1E	BREAKER/BLANK	1 interruptor	\$ 8,860.43
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	1 interruptor, encapsulado, bus de cobre	\$ 5,227.69

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2 Cálculo de tiempos de ingeniera, manufactura y calidad

El enfoque inicial para el cálculo de tiempo fue enfocado en el equipo de ingeniería siendo los ingenieros de aplicación, mecánicos y eléctricos los primeros en contacto con las órdenes al entrar a la planta. Para esto las actividades realizadas por el equipo fueron enlistadas en la tabla 14.

Tabla 14. Actividades del equipo de ingeniería de órdenes

Actividades (tareas)	Ingeniería de Aplicación	Ingeniería Mecánica	Ingeniería Eléctrica
Soporte a ventas/equipo de cotización	x		
Agendar orden	x		
Diseño de dibujos de aplicación	x		
Aprobación con cliente	x		
Ingeniería de aplicación	x		
Revisión de ODM DWGs		x	
AE/ED Transferencia y revisión	x	x	x
Eliminación de elementos no esenciales OE BOM		x	
Comunicar partes obsoletas o no configuradas a Ingeniería de aplicación	x	x	

Revisar D dot (dibujo) y disponibilidad de puertas en el sistema		X	
BOM Modeler/Layout Req Tool - Inicial	X	X	
BOM Modeler/Layout Req Tool - Final		X	X
Referencia cruzada de OE BOM a Índice		X	
Edición de Lista de Materiales (BOM)		X	X
Búsqueda de partes existentes		X	
Búsqueda de órdenes referenciadas		X	
Creación de nuevos números de parte		X	
Creación de subensambles		X	
Creación de L-Dot		X	
Limpieza de dibujos/planos	X	X	X
Completar lista de revisión de calidad	X	X	X
Revisión por pares		X	
Liberación de la orden	X	X	X
Reuniones con cliente	X	X	
PE/DE Consulta		X	
Revisión con piso de producción		X	

Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente paso tras enlistar las actividades fue realizar estimaciones y tomas de tiempo por el equipo de ingeniería para diversas órdenes. Fue realizada una recopilación de los tiempos capturados de manera histórica en el sistema de mantenimiento de registros denominado Kronos. La figura 18 muestra la dispersión de los datos analizados.

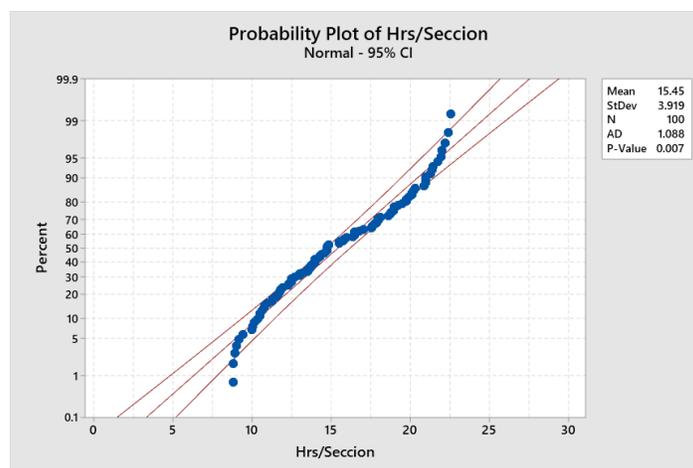


Figura 18. Dispersión de horas de ingeniería por sección registradas en el sistema Kronos del 2017 al 2018 para el producto MCLD Indoor. Fuente: Elaboración Propia.

La información anterior permitió determinar el tiempo mínimo de nueve horas por sección para órdenes menos complejas y el tiempo máximo puede llegar a ser hasta 23 horas. Mediante el análisis de dibujos y configuraciones modulares realizados, la configuración menos compleja (1F) tomaría un tiempo mínimo de nueve horas y para la más compleja (1C) el promedio redondeado de la muestra fue seleccionado, es decir 16 horas por sección. Los datos para cada configuración están resumidos en la tabla 15.

Tabla 15. Horas de ingeniería por configuración modular

Tipo	Configuración	Descripción	Tiempo de manufactura			Costo de Labor
			OTR - Ingeniería Aplicación (Horas)	OTR- Ingeniería Mecánica (Horas)	OTR - Ingeniería Eléctrica (Horas)	Costo de Ingeniería (USD)
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	1 interruptor, CPT & VT	4	4	8	\$ 1,378.70
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	1 interruptor, CT	4	4	8	\$ 1,335.62
1C	BREAKER/BREAKER	2 interruptores	4	4	8	\$ 1,378.70
1D	TIE BREAKER/BLANK	1 interruptor tie, campanas de porcelana	3	4	4	\$ 947.86
1E	BREAKER/BLANK	1 interruptor	3	4	4	\$ 947.86
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	1 interruptor, encapsulado, bus de cobre	3	4	2	\$ 775.52

Fuente: Elaboración Propia.

La información de las horas marcada en las celdas grises de la tabla 15 según el tipo de ingeniería requerida en la configuración modular, al multiplicar las horas por la tasa de ingeniería para 2019 (\$86.17) el costo de ingeniería por configuración modular es generado en la última columna.

El tiempo de manufactura y calidad conllevó un análisis de tiempos estándar por configuración modular. El tiempo de operación tomado como referencia consideró el tiempo de diseño más los desechos esperados vistos al ejecutar el proceso. La definición del tiempo estándar es aquel requerido por un trabajador de habilidad promedio, trabajando a ritmo normal de realizar una tarea específica utilizando un método prescrito, permitiendo tiempo para necesidades personales, fatiga y retraso.

El establecimiento y medición del tiempo estándar fue realizado bajo el método MTM-UAS (Sistema de análisis universal) a través del análisis de videos y toma de tiempos por estación

de trabajo. Este método MTM-UAS es apropiado al tratarse de producción por lotes en la cual el contenido de trabajo es comparable, a pesar de una amplia gama de productos y variantes; además, el proceso de trabajo de ciclo es más largo comparado a la producción de alto volumen. La tabla 16 muestra los tiempos definidos por configuración para cada una de las estaciones de trabajo.

Tabla 16. Tiempo estándar de manufactura por configuración modular por estación de trabajo

	1A	1B	1C	1D	1E	1F
	Tiempo (Horas)					
Mecánico	33.3	27.6	38.8	30.8	23.3	18.0
Floors	0.8	0.8	1.8	0.8	0.8	0.0
Bell Assembly	1.5	1.5	3.0	1.5	0.0	0.0
Framing 1	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0
Framing 2	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0
Framing 3	2.0	1.8	1.5	1.5	1.5	1.0
Trucks	8.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bussing	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Breakers	7.0	7.0	14.0	7.0	7.0	
Door Set up	4.0	3.5	8.0	8.0	4.0	8.0
CWB Set Up	3.0	3.0	4.0	6.0	4.0	4.0
Eléctrico	28.0	25.0	38.0	28.0	24.0	4.0
RW Wiring	4.0	4.0	6.0	4.0	4.0	4.0
Door Wiring	8.0	5.0	16.0	8.0	8.0	0.0
CWB Wiring	16.0	16.0	16.0	16.0	12.0	0.0
Cranebay						
Tiempo Total	61.3	52.6	76.8	58.8	47.3	22.0

Fuente: Elaboración Propia.

El mismo procedimiento fue realizado para las funciones de calidad, sin embargo, la determinación de tiempos fue en función de los componentes eléctricos y la lista de materiales para cada una de las configuraciones.

Tabla 17. Tiempos de pruebas de calidad para configuraciones modulares preestablecidas

	1A	1B	1C	1D	1E	1F
	Tiempo (Horas)					
TTR	1	0.45	1	1	1	0
Physical	1	1	1	1	1	1
Control Test	1	1	1	1	1	0
3 Line Test	1	1	1	1	1	0
Communication	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0
HI-Pot / QC Finalize	1	1	1	1	1	1
Tiempo Total	5.5	4.95	5.5	5.5	5.5	2

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 18 presenta la traducción de estos tiempos a dinero basados en la tasa de labor y de gastos generales (fijos y variables) determinadas para el producto, de igual manera sombreado en gris están los tiempos estándar calculados por configuración y a su derecha el costo de labor, fijos y variables asignados por configuración haciendo una multiplicación de las horas por la tasa de costo para el producto.

Tabla 18. Tiempos de manufactura y calidad consolidados con su respectivo costo

Tasas de costo 2019 \$ 62.94 \$ 44.00 \$ 30.09

Tipo	Configuración	Descripción	Tiempo de manufactura		OTR - Pruebas calidad (Horas)	Costo de Manufactura (USD)	Gastos Generales	
			OTR - Manufactura (Horas)				Costos fijos asignados (USD)	Costos variables asignados (USD)
			Mecánico	Eléctrico				
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	1 interruptor, CPT & VT	33.3	28.0	5.5	\$ 4,206.25	\$ 2,940.67	\$ 2,011.28
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	1 interruptor, CT	27.6	25.0	4.95	\$ 3,618.85	\$ 2,530.00	\$ 1,730.40
1C	BREAKER/BREAKER	2 interruptores	38.8	38.0	5.5	\$ 5,176.53	\$ 3,619.00	\$ 2,475.22
1D	TIE BREAKER/BLANK	1 interruptor tie, campanas de porcelana	30.8	28.0	5.5	\$ 4,048.70	\$ 2,830.52	\$ 1,935.94
1E	BREAKER/BLANK	1 interruptor	23.3	24.0	5.5	\$ 3,324.93	\$ 2,324.52	\$ 1,589.86
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	1 interruptor, encapsulado, bus de cobre	18.0	4.0	2	\$ 1,510.48	\$ 1,056.00	\$ 722.25

Fuente: Elaboración Propia.

El último paso fue la aplicación de un porcentaje incluyendo todos aquellos costos excluidos del estándar, es decir, el CEFIV planteado anteriormente.

$$CEFIV \% = \frac{(Flete de salida + Scrap + Reservas de inventario)}{Total Ventas Netas}$$

Donde Flete de salida = gastos anuales de fletes de la planta hacia otra entidad, Scrap = gasto anual de mermas derivadas del proceso producción y Reservas de inventario= incluyen los excesos y obsolescencia calculada y ajustes generados por conteos cíclicos

CEFIV 2018= 6.0%

CEFIV 2019=2.4%

CEFIV 2020=1.5%

Fuente: elaboración propia

La tabla final de tiempos y costo para cada una de las configuraciones modulares se muestran en las tablas 19, 20 y 21.

Tabla 19. Costo consolidado (2018) para las seis configuraciones modulares diseñadas

MCLD Nema 1 Indoor, 1200A, 5/15kv & 25_40kA
(Assuming 1 set of CTS per breaker, No ZSCT, No Comm, No LA, No IR Windows, No Ground Studs, No lift truck, No Test Cabinet, No racking handle, No carton packing, No Software Kit for SEPAM 40, No Instruction Bulletin)

Tasas de costo 2018 \$ 88.13 \$ 59.84 \$ 46.98 \$ 26.75 **6.000%**

Tipo	Configuración	Descripción	Costo de Material (USD)	Tiempo de Manufactura						Costo de Labor				Gastos Generales		Costo Interno Total
				OTR - Ingeniería Aplicación (Horas)	OTR - Ingeniería Mecánica (Horas)	OTR - Ingeniería Eléctrica (Horas)	OTR - Manufactura (Horas)		OTR - Pruebas calidad (Horas)	Costo de Ingeniería (USD)	Costo de Manufactura (USD)	Costos fijos asignados (USD)	Costos variables asignados (USD)			
							Mecánico	Eléctrico								
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	1 breaker, CPT & VT	\$ 12,477.39	4	4	8	33.3	28.0	5.5	\$ 1,410.08	\$ 3,998.97	\$ 3,139.53	\$ 1,787.90	\$ 21,445.04		
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	1 breaker, VT	\$ 10,867.42	4	4	8	27.6	25.0	4.95	\$ 1,366.02	\$ 3,440.51	\$ 2,701.09	\$ 1,538.22	\$ 18,718.46		
1C	BREAKER/BREAKER	2 breakers	\$ 15,315.12	4	4	8	38.8	38.0	5.5	\$ 1,410.08	\$ 4,921.43	\$ 3,863.73	\$ 2,200.32	\$ 26,048.04		
1D	TIE BREAKER/BLANK	1 tie breaker, campanas de porcelana	\$ 9,719.22	3	4	4	30.8	28.0	5.5	\$ 969.43	\$ 3,849.19	\$ 3,021.93	\$ 1,720.93	\$ 18,123.86		
1E	BREAKER/BLANK	1 breaker	\$ 8,594.62	3	4	4	23.3	24.0	5.5	\$ 969.43	\$ 3,161.08	\$ 2,481.72	\$ 1,413.29	\$ 15,622.93		
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	1 breaker, encapsulado, bus de cobre	\$ 5,070.86	3	4	2	18.0	4.0	2	\$ 793.17	\$ 1,436.04	\$ 1,127.41	\$ 642.04	\$ 8,525.35		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Costo consolidado (2019) para las seis configuraciones modulares diseñadas

MCLD Nema 1 Indoor, 1200A, 5/15kv & 25_40kA
(Assuming 1 set of CTS per breaker, No ZSCT, No Comm, No LA, No IR Windows, No Ground Studs, No lift truck, No Test Cabinet, No racking handle, No carton packing, No Software Kit for SEPAM 40, No Instruction Bulletin)

Tasas de costo 2019 \$ 86.17 \$ 62.94 \$ 44.00 \$ 30.09 **2.4%**

Tipo	Configuración	Descripción	Costo de Material (USD)	Tiempo de Manufactura						Costo de Labor				Gastos Generales		Costo Interno Total
				OTR - Ingeniería Aplicación (Horas)	OTR - Ingeniería Mecánica (Horas)	OTR - Ingeniería Eléctrica (Horas)	OTR - Manufactura (Horas)		OTR - Pruebas calidad (Horas)	Costo de Ingeniería (USD)	Costo de Manufactura (USD)	Costos fijos asignados (USD)	Costos variables asignados (USD)			
							Mecánico	Eléctrico								
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	52 CS, Protection Relay, 4 Pilot Lights, 86LOR, Meter, Ammeter & 2 Test Switches, Line and Bus VTs	\$ 12,863.29	4	4	8	33.3	28.0	5.5	\$ 1,378.70	\$ 4,206.25	\$ 2,940.67	\$ 2,011.28	\$ 23,961.80		
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	52 CS, Protection Relay, 4 Pilot Lights, 86LOR, Meter, Ammeter & 2 Test Switches, Line or Bus VTs	\$ 11,203.52	4	4	8	27.6	25.0	4.95	\$ 1,335.62	\$ 3,618.85	\$ 2,530.00	\$ 1,730.40	\$ 20,908.43		
1C	BREAKER/BREAKER	52 CS, Protection Relay, 4 Pilot Lights, 86LOR, Meter, Ammeter & 2 Test Switches	\$ 15,788.78	4	4	8	38.8	38.0	5.5	\$ 1,378.70	\$ 5,176.53	\$ 3,619.00	\$ 2,475.22	\$ 29,120.75		
1D	TIE BREAKER/BLANK	52 CS, Protection Relay, 4 Pilot Lights, 86LOR, Meter, Ammeter & 2 Test Switches	\$ 10,019.81	3	4	4	30.8	28.0	5.5	\$ 947.86	\$ 4,048.70	\$ 2,830.52	\$ 1,935.94	\$ 20,257.63		
1E	BREAKER/BLANK	52 CS, Protection Relay, 4 Pilot Lights, 86LOR, Meter, Ammeter & 2 Test Switches	\$ 8,860.43	3	4	4	23.3	24.0	5.5	\$ 947.86	\$ 3,324.93	\$ 2,324.52	\$ 1,589.86	\$ 17,456.75		
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	Line and Bus VTs	\$ 5,227.69	3	4	2	18.0	4.0	2	\$ 775.52	\$ 1,510.48	\$ 1,056.00	\$ 722.25	\$ 9,514.95		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Costo consolidado (2020) para las seis configuraciones modulares diseñadas

MCLD Nema 1 indoor, 1200A, 5/15kv & 25. 40kA
 (Assuming 1 set of CTs per breaker, No ZSCT, No Comm, No LA, No IR Windows, No Ground Studs, No lift truck, No Test Cabinet, No racking handle, No carton packing, No Software Kit for SEPAM 40, No Instruction Bulletin)

Tasas de costo para 2020 \$ 85.21 \$ 63.37 \$ 46.87 \$ 27.87 **1.5%**

Tipo	Configuración	Descripción	Costo Material			Tiempo de Manufactura				Costo de Labor		Gastos Generales		Costo Interno Total
			Costo de Material (USD)	OTR - Ingeniería Aplicación (Horas)	OTR - Ingeniería Mecánica (Horas)	OTR - Ingeniería Eléctrica (Horas)	OTR - Manufactura (Horas)		OTR - Pruebas calidad (Horas)	Costo de Ingeniería (USD)	Costo de Manufactura (USD)	Costos fijos asignados (USD)	Costos variables asignados (USD)	
							Mecánico	Eléctrico						
1A	MAINS/VTs (A & B POS)	1 breaker, CPT & VT	\$ 12,863.29	4	4	8	33.3	28.0	5.5	\$1,363.36	\$ 4,235.08	\$ 3,132.48	\$ 1,862.43	\$ 23,815.53
1B	MAINS/VTs (A OR B POS)	1 breaker, VT	\$ 11,203.52	4	4	8	27.6	25.0	4.95	\$1,320.76	\$ 3,643.65	\$ 2,695.03	\$ 1,602.34	\$ 20,778.42
1C	BREAKER/BREAKER	2 breakers	\$ 15,788.78	4	4	8	38.8	38.0	5.5	\$1,363.36	\$ 5,212.00	\$ 3,855.06	\$ 2,292.05	\$ 28,947.47
1D	TIE BREAKER/BLANK	1 tie breaker, campanas de porcelana	\$ 10,019.81	3	4	4	30.8	28.0	5.5	\$ 937.31	\$ 4,076.45	\$ 3,015.15	\$ 1,792.67	\$ 20,144.97
1E	BREAKER/BLANK	1 breaker	\$ 8,860.43	3	4	4	23.3	24.0	5.5	\$ 937.31	\$ 3,347.72	\$ 2,476.14	\$ 1,472.21	\$ 17,355.35
1F	BLANK/INCOMING TO MAIN BUS	1 breaker, encapsulado, bus de cobre	\$ 5,227.69	3	4	2	18.0	4.0	2	\$ 766.89	\$ 1,520.83	\$ 1,124.88	\$ 668.80	\$ 9,451.52

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Aplicación del nuevo método de costeo modular basado en rasgos de diseño

La comparación de la efectividad del método fue realizada a través del estudio individual de los dibujos de ingeniería archivados para las órdenes manufacturadas. La configuración modular sobresaliente fue identificada en cada orden, así como aquellos rasgos no estándares o especializados, y el nuevo costo fue totalizado agrupando dichas configuraciones. Al final, para revisar su aproximación y variación una comparación con el costo actual fue necesaria. Un ejemplo de esto se presenta en la figura 19 a continuación.

Piloto

40171514-012 Fresno County West

Fecha de envío: 04/24/2019



	ACT	PILOT
Orig_Net	\$ 67,488	\$ 59,504
Qt_COGS	\$ 31,334	\$ 29,121
Material	\$ 17,730	\$ 15,789
Labor	\$ 10,033	\$ 6,555
OV	\$ 5,677	\$ 2,475
MBC	\$ 3,212	\$ 3,619
Orig_Marg	\$ 36,154	\$ 30,384
	53.6%	51.1%
Variance	-1.3%	1.2%

	HOURS	
	Pilot	Actual
OE	16	18
Mech	25	39.06
Elect	38	39.07
Breakers	14	12.57
QC	5.5	3.35
	98.25	112.05

- Error en cotización inicial (costo) \$2.9K (10%)
- Error en cotización piloto (costo) \$0.71K (2%)
- Variación en estimación dada por horas de manufactura e ingeniería de piloto vs actual (14 horas): revisión adicional de ingeniería con cliente (2 horas), tiempos de mecánica prolongados dados a ineficiencia (14 horas), eficiencia de línea en cortacircuitos, eléctrica y de calidad (-2 horas)

Figura 19. Análisis detallado de costo actual vs nuevo método propuesto basado en rasgos de diseño, orden enviada en periodo 2019. Fuente: Elaboración Propia.

La figura 19 muestra, en primer lugar, la identificación de la configuración modular 1C para esta orden enviada en abril del 2019. Dada esta configuración el costo estimado es de \$29,121 dólares estadounidenses, mostrado en la tabla 20. El costo actual asignado a dicha orden tras la manufactura fue \$28,408 y el costo estimado previo a la producción del producto fue \$31,334 dólares. En cuestión del margen definido a la entrada de la orden 53.6% contra el margen actual 52.3%, existe un error en la estimación de -1.3%; con el nuevo método el margen estimado es de 51.1% por lo tanto el error en la estimación es de +1.2%. Lo anterior esta resumido en la tabla 22 a continuación.

Tabla 22. Consolidación de datos de la orden 40171514-012 embarcada en 2019.

No. Q2C	Costo Método 1 (PDCAT multipliers)	Costo Real (Producción)	Costo Método 2 (Modular Rasgos de diseño)	Margen Método 1	Margen Real	Margen Método 2	Var PDCAT	Var Modular	Impacto Inicial (USD)	Nuevo Impacto (USD)	Configuración
40171514-012	\$ 31,334	\$ 28,408	\$ 29,121	54%	52%	51%	-1.3%	1.2%	✗ \$ (781)	✓ \$ 713	1C

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 22 contiene el numero de orden (No. Q2C), el costo estimado con el método 1, el costo real y, sombreado en gris, el costo estimado con el nuevo método 2. Son presentados de igual manera los márgenes obtenidos con los diversos métodos y el real, así como la variación con el método PDCAT (1) y con el método modular (2). En este ejemplo, aunque las variaciones entre el margen actual y estimado con ambos métodos no son significativas para esta orden en particular es un buen ejemplo para entender la estructura y obtención de los datos que se presentan en las siguientes secciones.

5.4 Etapa 1: corrida piloto con órdenes pasadas embarcadas el año anterior (2018)

La efectividad del nuevo método de costeo propuesto ha sido probada con órdenes embarcadas en 2018. La evaluación de 19 órdenes de las 26 embarcadas en este periodo fue realizada a través de la revisión de dibujos de ingeniería elaborados previamente y la identificación de las configuraciones modulares en cada una de las órdenes. El impacto de identificado en los antecedentes para el 2018 resultó ser desfavorable para la empresa impactando en una pérdida de margen de utilidad de -\$252 mil dólares estadounidenses,

compuesto por 26 órdenes costeadas y 4 sin costo. Sin embargo, el impacto de las 19 órdenes que contienen registros no disponibles, es decir un 73% de la población, el impacto identificado fue una desviación en el margen neto desfavorable de -\$130.8 mil dólares estadounidenses.

La tabla 23 muestra el compilado de estas 19 órdenes con el costo cotizado inicial (con el método PDCAT multipliers), el costo actual (el costo real al concluir la fabricación de la orden) y el costo de la piloto (proveniente de la aplicación del nuevo método de costeo en base a rasgos de diseño). De igual manera la tabla contiene el cálculo del margen cotizado (método 1: PDCAT multipliers), margen actual (real tras la fabricación del producto) y el margen piloto (método 2: basado en rasgos de diseño). Posteriormente las columnas contienen la variación del margen cotizado inicialmente y el margen nuevo calculado en el método propuesto. Esta variación es categorizada como aceptable o no aceptable a través del formato condicional en rojo. Por ejemplo, la variación del método 1 (PDCAT multipliers) resulta ser la diferencia entre el margen actual y el cotizado inicialmente, si esta es menor o igual a $\pm 3\%$ ($\leq \pm 3\%$), esto es considerado como aceptable, si excede este porcentaje se considera no aceptable y se encuentra marcado en rojo. La misma variación se calcula con el método modular (método 2) propuesto, la variación calculada es la diferencia entre el margen actual y el margen calculado con el nuevo método de costeo.

costo indicando que la empresa iba a tener un porcentaje de ganancia de 27.18%, sin embargo, tras la producción de las órdenes se obtuvo un margen de ganancia menor de 22.93%.

El nuevo método muestra 13 órdenes con una variación aceptable ($\leq \pm 3\%$) y seis con una variación no aceptable, el margen estimado para todas las órdenes fue de 22.22%, más cercano al margen real obtenido del 22.93%, por lo tanto, el impacto disminuye a \$22,088 dólares estadounidenses favorables contra el margen. Si la empresa hubiera cotizado con el método nuevo, la estimación en el costo y en el margen hubiera sido más cercano a la realidad por lo tanto no hubiera incurrido en una pérdida monetaria por subestimar el costo de las órdenes abaratando el precio del producto.

5.5 Etapa 2: corrida piloto con órdenes pasadas embarcadas el año anterior (2019)

La misma sistemática de revisión de órdenes embarcadas aplicada anteriormente, respecto a la revisión de dibujos e identificación de configuración, fue efectuada para las órdenes del 2019 obteniendo los resultados presentados en la tabla 24. Con el método anterior, PDCAT multipliers, solamente cinco órdenes son mostradas con una variación de margen aceptable ($\leq \pm 3\%$) y el resto, 14 cuentan con una variación no aceptable, esto generó una estimación de margen de 31.91% cuando en realidad el margen termino siendo 36.73%, es decir, en este caso se sobreestimó el costo vendiendo más caro el producto al cliente estimando un impacto económico de \$141,420 dólares favorables para la empresa, aunque a simple vista esto parece fructífero para la empresa, una sobreestimación en el margen manifiesta un problema de competitividad en el mercado, encarecer el producto disminuye la entrada órdenes. Por otro lado, con el nuevo método de costeo la precisión en la estimación del margen incrementó a 16 órdenes aceptables ($\leq \pm 3\%$) y solo tres no aceptables, el margen cotizado con el nuevo método fue 37.09% más cercano a la realidad de 36.73%, la variación en entre el margen cotizado y actual disminuye a \$10,859 dólares estadounidenses favorables mitigando el riesgo de sobreestimación anterior y dándole la oportunidad a la empresa de ofertar el producto a un precio más atractivo para el cliente.

Tabla 24. Resultados de órdenes del 2019 cotizadas con el nuevo método modular basado en rasgos de diseño y su comparación vs el método previo PDCAT multipliers

No. Q2C	Cost Método 1 (PDCAT multipliers)	Costo Real (Producción)	Cost Método 2 (Modular Rasgos de diseño)	Margen Método 1	Margen Real	Margen Método 2	Var PDCAT	Var Modular	Impacto Inicial (USD)	Nuevo Impacto (USD)	Configuración
38344073-002	\$ 219,463	\$ 237,263	\$230,480.77	38%	38%	40%	0%	-2%	✗ \$ (545)	✗ \$ (6,782)	1C, 1C, 1E, 1E, 1E, 1E
39422130-002	\$ 75,190	\$ 82,542	\$ 84,333	36%	33%	32%	-3%	1%	✗ \$ (3,158)	✓ \$ 1,791	1C, 1A
39577867-004	\$ 146,403	\$ 165,817	\$ 170,543	32%	27%	25%	-6%	2%	✗ \$ (12,522)	✓ \$ 4,726	1C, 1C, 1A
39577867-005	\$ 146,240	\$ 165,936	\$ 159,371	32%	26%	29%	-6%	-3%	✗ \$ (12,936)	✗ \$ (6,565)	1C, 1C, 1A
39994652-001	\$ 158,662	\$ 134,370	\$ 132,334	9%	22%	24%	13%	-1%	✓ \$ 23,066	✗ \$ (2,036)	1A,1A,1A,1A,1C,1C,1E
39994652-002	\$ 156,995	\$ 121,247	\$ 132,334	9%	26%	19%	17%	7%	✓ \$ 27,026	✓ \$ 11,087	1A,1A,1A,1A,1C,1C,1E
40171514-012	\$ 31,334	\$ 28,408	\$ 29,121	54%	52%	51%	-1.3%	1.2%	✗ \$ (781)	✓ \$ 713	1C
40344451-154	\$ 220,582	\$ 176,144	\$ 166,135	35%	43%	46%	7%	-3%	✓ \$ 22,808	✗ \$ (10,008)	1C,1C,1C,1A,1F,1E
40344451-156	\$ 212,599	\$ 156,717	\$ 160,976	35%	47%	45%	11%	1%	✓ \$ 33,683	✗ \$ 4,260	1A,1A,1C,1C,1F,1E
40371883-001	\$ 85,199	\$ 76,808	\$ 79,150	9%	18%	15%	9%	3%	✓ \$ 8,391	✓ \$ 2,342	1C,1C,1B
41670091-001	\$ 18,184	\$ 29,320	\$ 22,536	66%	45%	57%	-21%	-13%	✗ \$ (11,136)	✗ \$ (6,785)	1B
41694680-002	\$ 26,636	\$ 23,420	\$ 20,908	38%	25%	33%	-13%	-8%	✗ \$ (4,041)	✗ \$ (2,511)	1B
41694680-004	\$ 26,636	\$ 21,563	\$ 20,908	38%	31%	33%	-7%	-2%	✗ \$ (2,185)	✗ \$ (655)	1B
41789556-002	\$ 67,971	\$ 74,276	\$ 75,761	43%	46%	45%	3%	1%	✓ \$ 4,348	✓ \$ 1,485	1A
41789908-001	\$ 65,555	\$ 77,562	\$ 75,761	44%	43%	44%	-1%	-1%	✗ \$ (1,440)	✗ \$ (1,801)	1A
41829889-002	\$ 83,616	\$ 70,268	\$ 67,051	46%	55%	57%	9%	-2%	✓ \$ 13,959	✗ \$ (3,217)	1C, 1C, 1F
41886100-001	\$ 70,463	\$ 60,687	\$ 59,274	9%	21%	23%	13%	-2%	✓ \$ 9,776	✗ \$ (1,413)	1B, 1B, 1E
41892119-001	\$ 98,552	\$ 73,026	\$ 79,150	44%	60%	57%	16%	3%	✓ \$ 29,280	✓ \$ 6,124	1C, 1C, 1B
42071395-001	\$ 156,831	\$ 139,003	\$ 137,391	9%	19%	20%	10%	-1%	✓ \$ 17,827	✗ \$ (1,612)	1C, 1C, 1C, 1C, 1B
TOTAL	\$ 2,067,109	\$ 1,914,377	\$ 1,903,518	31.91%	36.73%	37.09%	4.82%	-0.36%	✓ \$ 141,420	✗ \$ (10,859)	

Fuente: Elaboración Propia.

5.6 Etapa 3: corrida piloto con órdenes futuras a embarcarse en el año (2020)

La etapa tres consistió en una corrida piloto con órdenes fabricadas en tiempo real en el año actual, el objetivo de la tercera etapa es consolidar la entrada de órdenes a través de un método más certero para la estimación del costo y el margen evitando sobrestimar o subestimar el precio del producto por estimaciones de costo equivocadas. En el año 2020 se han fabricado tres órdenes del producto 7910, centro de interruptores de cubierta metálica de 1200A, 5/15kV. A continuación, se muestran los resultados de las tres órdenes fabricadas.

La figura 20 muestra la primera orden enviada del 2020 para el cliente Cummins, la orden está compuesta de 11 secciones o configuraciones y fue recibida para su cotización en octubre del 2019. El costo cotizado originalmente a la entrada de la orden fue de \$255,889 dólares con un margen de ganancia de 9% dado un precio de venta de \$279,955 dólares. Con el nuevo método de costeo fueron identificadas siete configuraciones 1D (interruptor tie, campanas de porcelana), tres configuraciones 1C (2 interruptores) y 1 configuración 1E (1 interruptor). El total

del costo estimado dado las configuraciones dadas fue \$233,732 dólares, por lo tanto, con este costo la empresa decidió perseguir un margen de contribución de 16% al establecer el producto al mismo precio de \$279,955 dólares.

La fecha de inicio en producción de dicha orden fue en diciembre del 2019. La figura 19 muestra el costo real final para esta orden de \$222,740 dólares con un margen de 20%, por lo tanto, con el método inicial de cotización existió una sobreestimación del costo de \$33,149 dólares y de 12% en el margen; con el nuevo método la sobreestimación fue de \$10,993 dólares y 3.93% en el margen. Es notable la existencia de una reducción en la variación en el costo y el margen con el nuevo método lo que ayudó a que el equipo de cotización considerara esta orden como un proyecto a perseguir ya que representaba un proyecto redituable, de haberse empleado el método anterior el margen no hubiera sido atractivo para esta orden y se hubiera obligado a la empresa a incrementar el precio de la orden para incrementar el margen lo que no hubiera sido atractivo para el cliente.

La aplicación del nuevo método para costeo de la orden muestra nuevamente una mejor aproximación en el costo y el margen sin embargo para esta orden el modelo no cumple con la variación estable estipulada en el objetivo de +/-3%. La razón principal de esta variación es la repetibilidad de ciertas secciones en la impactando favorablemente en la eficiencia y las horas invertidas en la orden y por lo tanto favoreciendo el costo y el margen de ganancia. Durante el proceso de producción en la corrida piloto real fueron identificadas ciertas eficiencias sobre todo en los procesos eléctricos y en la parte de ingeniería de la orden, la razón principal de esta eficiencia fue la repetibilidad de las configuraciones. Por ejemplo, el equipo de ingeniería mecánica y eléctrica solamente debe diseñar la sección 1D una sola vez y las otras seis prácticamente consisten en copiar y pegar los diseños, solo se invierte tiempo en esto y además en asegurarse el acople adecuado en el producto final. La figura 20 también muestra la estimación en horas inicial de 855.06 basada en el modelo de costeo construido, sin embargo las horas de manufactura e ingeniería reales invertidas en la orden fueron 702.50 horas por lo tanto existe una diferencia (atribuida a la eficiencia) de 152.56 horas, si estas hora se multiplican por la tasa de labor para el 2020 el cual es \$63.37 la variación en horas puede valuarse en \$9,688

dólares, esto prácticamente explica 88% de la diferencia de \$10,993 entre el costo estimado con el nuevo método y el costo real tras la manufactura.

No. Q2C	42478408-001
Nombre del proyecto	Cummins - St Lukes Hosp B
Fecha de cotización inicial	10/2/2019
Fecha de fab en producción	12/10/2019
Fecha de embarque	1/10/2020

Configuración identificada 7 x 1D, 3 x 1C, 1 x 1E

	MÉTODO 1 COSTO	REAL COSTO	MÉTODO 2 COSTO	VARIACIÓN
Precio Net Orig	\$ 279,955	Precio neto real \$ 279,455	Precio neto real \$ 279,455	
Costo Cotizado	\$ 255,889	Costo Real \$ 222,740	Costo Nuevo \$ 233,732	\$ 10,993
57% Material	\$ 144,796.75	Material \$ 126,039	Material \$ 122,733	\$ (3,306)
21% Labor	\$ 54,587.51	Labor \$ 47,516	Labor \$ 57,110	\$ 9,594
9% Variable	\$ 22,632.61	Variable \$ 19,701	Variable \$ 20,094	\$ 393
13% Base	\$ 33,872.32	Base \$ 29,484	Base \$ 33,796	\$ 4,312
Margen Original	\$ 24,066	Margen Real \$ 56,715	Margen Nuevo \$ 45,722	
	9%	20%	16%	
Variación		12%	3.93%	

	OTR - Ingeniería Aplicación	OTR- Ingeniería Mecánica	OTR- Ingeniería Eléctrica	OTR - MFG		OTR - Calidad	Variación en Horas
				Mecánico	Eléctrico		
Modelo	36.00	44.00	54.00	350.06	314.00	57.00	855.06
Real	40.00	28.00	11.00	427.40	127.60	68.50	702.50 -18%
							152.56 horas
							\$ 9,668 dólares

Figura 20. Primera orden enviada y cotizada del año 2020 para el producto 7910 centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Elaboración Propia.

La segunda orden presentada en la figura 21 muestra un caso similar a la figura anterior. En este caso se trata de una orden cotizada en noviembre del 2019 por \$114,054 dólares en costo y 17% de margen de ganancia con el método anterior. Con el nuevo método de costeo se le propuso al equipo de cotización el establecimiento de un costo de \$108,304 dólares y 21% de margen de contribución. Este margen resultó ser mas atractivo para la empresa por lo que decidieron perseguir la orden con el cliente estableciendo un precio de \$137,936 dólares.

La orden comenzó a fabricarse en el centro de manufactura en enero del 2020, las configuraciones observadas en esta orden fueron dos 1C (2 interruptores) y tres 1E (1 interruptor). Tras la producción de la orden el costo real terminó siendo \$103,141 dólares con un

margen de 25%, por lo tanto, el error de estimación con el método anterior hubiera sido \$10,913 y 8% de variación contra el margen; con el nuevo método el error fue \$5,164 dólares y 3.74% de variación en el margen. Nuevamente es observable una reducción en la variación, sin embargo, la variación excede el objetivo de +/-3% estipulado. De igual manera con el nuevo método se obtiene un margen objetivo mas preciso ofreciendo un precio razonable al cliente, el usar el método anterior hubiera puesto más presión sobre el precio ofertado al cliente.

Las principales discrepancias en esta orden observadas durante la corrida fueron nuevamente en las horas invertidas, una diferencia de 54.86 horas contra las estimadas. Sin embargo, la observación en esta ocasión fue un error de operador en el momento de registrar sus horas en el sistema de registros (Kronos). Es demostrable entonces que el error de operador puede impactar la veracidad de los datos capturados en el costeo e ir en contra del modelo propuesto causando cierta variación en el costo y margen estimado.

No. Q2C		42586045-001					
Nombre del proyecto		Cummins - JPMC PH2					
Fecha de cotización inicial		11/18/2019					
Fecha de fab en producción		1/13/2020					
Fecha de embarque		2/5/2020					
Configuracion identificada		2 x 1C, 3 x 1E					
		MÉTODO 1 COSTO	REAL COSTO	MÉTODO 2 COSTO	VARIACIÓN		
		Precio Net Orig	Precio Neto Real	Precio Neto Real			
		\$ 137,936	\$ 137,936	\$ 137,936			
		Costo Cotizado	Costo Real	Costo Nuevo			
		\$ 114,054	\$ 103,141	\$ 108,304	\$ 5,164		
57%	Material	\$ 64,538.01	\$ 58,363	\$ 58,159	\$ (204)		
21%	Labor	\$ 24,330.45	\$ 22,002	\$ 26,006	\$ 4,004		
9%	Variable	\$ 10,087.68	\$ 9,122	\$ 9,001	\$ (122)		
13%	Base	\$ 15,097.38	\$ 13,653	\$ 15,139	\$ 1,486		
	Margen Original	\$ 23,882	\$ 34,795	Margen Nuevo	\$ 29,632		
		17%	25%	21%			
	Variación		8%	3.74%			
		OTR - Ingeniería Aplicación	OTR- Ingeniería Mecánica	OTR- Ingeniería Eléctrica	OTR - MFG	OTR - Calidad	Variacion en Horas
					Mecánico	Eléctrico	
Modelo		17.00	20.00	28.00	147.49	148.00	27.50
Real		32.00	9.00	5.15	73.86	182.64	30.48
							387.99
							333.13
							-14%
							54.86 horas
							\$ 3,476 dólares

Figura 21. Segunda orden enviada y cotizada del año 2020 para el producto 7910 centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Elaboración Propia.

La última figura 22 muestra un caso de éxito de la aplicación del nuevo método propuesto para una orden enviada en el año 2020 de acuerdo al objetivo de variación aceptable. La orden fue cotizada inicialmente en octubre de 2019; con el método anterior el costo estimado fue de \$144,771 dólares y un margen estimado de 11%. Con el nuevo método el costo propuesto fue \$ 114,045 con un margen de 30%, esto basado en la selección de la configuración 1C (2 interruptores) multiplicado por cuatro secciones, el nuevo método indico al equipo de cotización que no era necesario incrementar el precio para lograr el margen objetivo.

El resultado tras comenzar la fabricación en enero del presente año fue un costo real de \$115,834 dólares y un margen de 29%, esto da como resultado un error en margen de -1.1% con el nuevo método de costeo y -\$1,790 dólares en costo comparado con un error de \$28,927 dólares del método anterior y una desviación en el margen de 18%. Por lo tanto, en esta orden fue observado que el equipo de cotización no necesitó incrementar el precio para incrementar la ganancia, ya que el costo objetivo estipulado con el nuevo método se cumplió en mayor medida. La orden observada en la figura 22 no cuenta con una combinación de configuraciones y por lo tanto el costeo resulta más exacto porque el tiempo invertido es más estandarizado, a comparación de las otras órdenes donde fue observado una variación en el tiempo dado por cambios en el mismo modelo y eficiencias.

No. Q2C	42542784-001
Nombre del proyecto	Cummins - CTS Kmonk
Fecha de cotización inicial	10/30/2019
Fecha de fab en producción	1/17/2020
Fecha de embarque	2/7/2020

Configuracion identificada 4 x 1C

	MÉTODO 1 COSTO	REAL COSTO	MÉTODO 2 COSTO	VARIACIÓN
Precio Net Orig	\$ 163,578	Precio Neto Real \$ 163,578	Precio Neto Real \$ 163,578	
Costo Cotizado	\$ 144,771	Costo Real \$ 115,834	Costo Nuevo \$ 114,045	\$ (1,790)
57% Material	\$ 81,919.51	Material \$ 65,546	Material \$ 63,155	\$ (2,391)
21% Labor	\$ 30,883.17	Labor \$ 24,710	Labor \$ 26,301	\$ 1,591
9% Variable	\$ 12,804.52	Variable \$ 10,245	Variable \$ 9,168	\$ (1,077)
13% Base	\$ 19,163.44	Base \$ 15,333	Base \$ 15,420	\$ 87
Margen Original	\$ 18,808	Margen Real \$ 47,744	Margen Nuevo \$ 49,534	
	11%	29%	30%	
Variación		18%	-1.1%	

Figura 22. Tercera orden enviada y cotizada del año 2020 para el producto 7910 centro de interruptores de cubierta metálica. Fuente: Elaboración Propia.

5.7 Aplicación de pruebas estadísticas para confirmar la hipótesis

5.7.1 Chi Cuadrada (χ^2)

La prueba chi cuadrada ha sido aplicada a los resultados anteriores para definir si existe una relación estadísticamente significativa entre la precisión en el margen (comparando actual contra margen calculado a través de los distintos métodos) y el método de costeo utilizado. La intención de la aplicación de prueba chi cuadrada es conocer si existe una relación estadísticamente significativa entre el método de costeo utilizado y la precisión en el margen.

La figura 23 contiene los resultados aplicando la prueba chi cuadra con un intervalo de confianza del 95% a las órdenes del 2018. La conclusión para la prueba es la siguiente, dado que, $p=0.003 < 0.05$ se demuestra que los dos parámetros no son independientes, es decir, el método de costo y la precisión en el margen tienen una relación estadísticamente significativa.

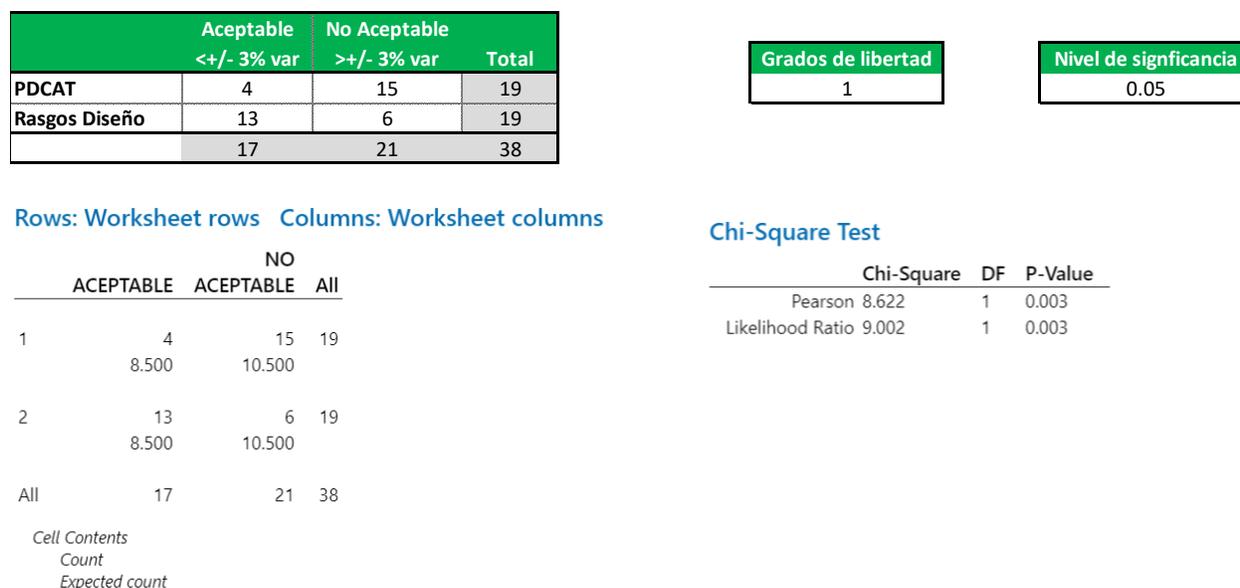


Figura 23. Prueba Chi Cuadrada órdenes del periodo 2018. Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la prueba chi cuadrada aplicada al periodo del 2019 con un intervalo de confianza del 95% se presentan en la figura 23. De igual manera, dado que, $p=0.000 < 0.05$, los dos

parámetros no son independientes, es decir, el método de costo y la precisión en el margen tienen una relación estadísticamente significativa.

	Aceptable <+/- 3% var	No Aceptable >+/- 3% var	Total
PDCAT	5	14	19
Rasgos Diseño	16	3	19
	21	17	38

Grados de libertad
1

Nivel de significancia
0.05

Rows: Worksheet rows Columns: Worksheet columns

	ACCEPTABLE	NO ACCEPTABLE	All
1	5 10.500	14 8.500	19
2	16 10.500	3 8.500	19
All	21	17	38

Cell Contents
Count
Expected count

Chi-Square Test

	Chi-Square	DF	P-Value
Pearson	12.880	1	0.000
Likelihood Ratio	13.782	1	0.000

Figura 24. Prueba Chi Cuadrada órdenes del periodo 2019. Fuente: Elaboración Propia.

5.7.2 Prueba de desviación estándar de dos o más muestras

La prueba Chi cuadrada es útil para comparar datos o variables de tipo cualitativo, como fue mostrado anteriormente, un grupo de individuos es clasificado en dos o más categorías mutuamente excluyentes. Aunque basado en esta prueba fue confirmada la dependencia estadísticamente significativa entre el método de costo y la precisión en el margen es necesario concluir si el método nuevo de costeo propuesto realmente reduce las variaciones entre margen actual y calculado al +/-3% estipulado en los objetivos. Para realizar esto, la prueba de desviación estándar para dos muestras es presentada como la solución. Esta prueba compara las desviaciones estándar de dos muestras determinando si son significativamente diferentes. Cabe recordar el concepto de desviación estándar, este indica la medida de dispersión más común, qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Como el propósito de la presente tesis es reducir esta variación, esta prueba fue seleccionada.

Los datos del 2018 al 2019 fueron consolidados para la ejecución de esta prueba, es decir, un total de 38 datos comparando variación método uno (margen PDCAT multipliers contra margen real) y variación método dos (margen modular basado en rasgos de diseño vs margen real). Empleado un nivel de significancia del 95%, el objetivo de esta prueba fue demostrar si existe una reducción en la desviación o variación con el nuevo método propuesto o permanece igual que el anterior. La prueba indicará si existe una diferencia estadísticamente significativa entre desviaciones estándar, de existir sería demostrado un cambio estadísticamente significativo en la variación comparando los dos métodos de cotización.

Method

σ_1 : standard deviation of Var método 1

σ_2 : standard deviation of Var método 2

Ratio: σ_1/σ_2

F method was used. This method is accurate for normal data only.

Descriptive Statistics

Variable	N	StDev	Variance	95% CI for σ
Var método 1	38	0.141	0.020	(0.115, 0.183)
Var método 2	38	0.066	0.004	(0.054, 0.086)

Ratio of Standard Deviations

Estimated Ratio	95% CI for Ratio using F
2.12865	(1.535, 2.953)

Test

Null hypothesis $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Alternative hypothesis $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Significance level $\alpha = 0.05$

Method	Test			
	Statistic	DF1	DF2	P-Value
F	4.53	37	37	0.000

Figura 25. Prueba de desviación estándar para dos muestras del periodo 2018 al 2019. Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la prueba mostrados en la figura 25 muestran las desviaciones estándar de las dos muestras siendo diferentes a un nivel de significancia de 95%.

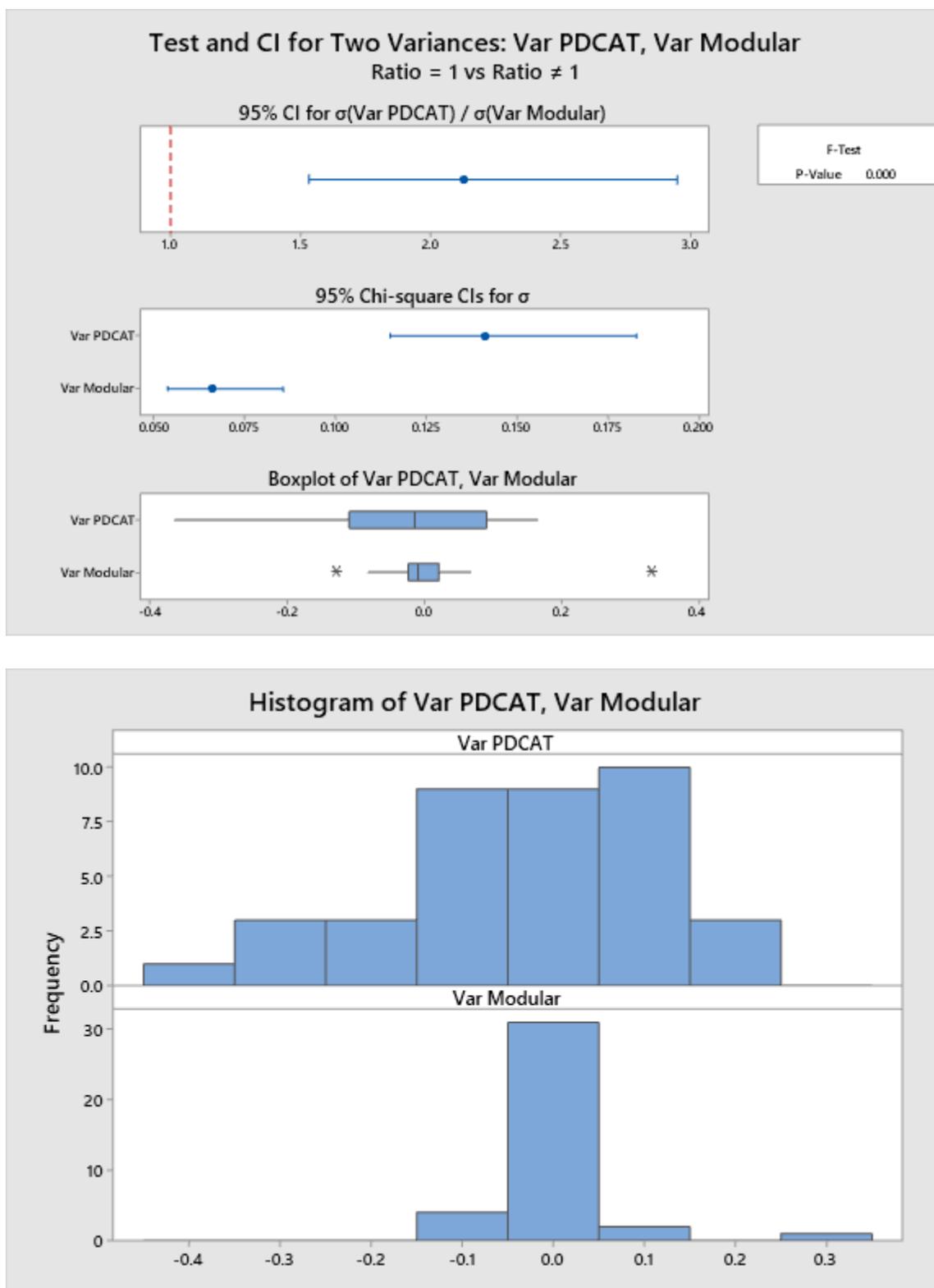


Figura 26. Diagrama de caja y bigote e histograma para prueba de desviación estándar de las dos variaciones.

Fuente: Elaboración Propia

La figura 26 muestra una clara diferenciación entre las desviaciones estándar de las dos variaciones con el método uno y dos.

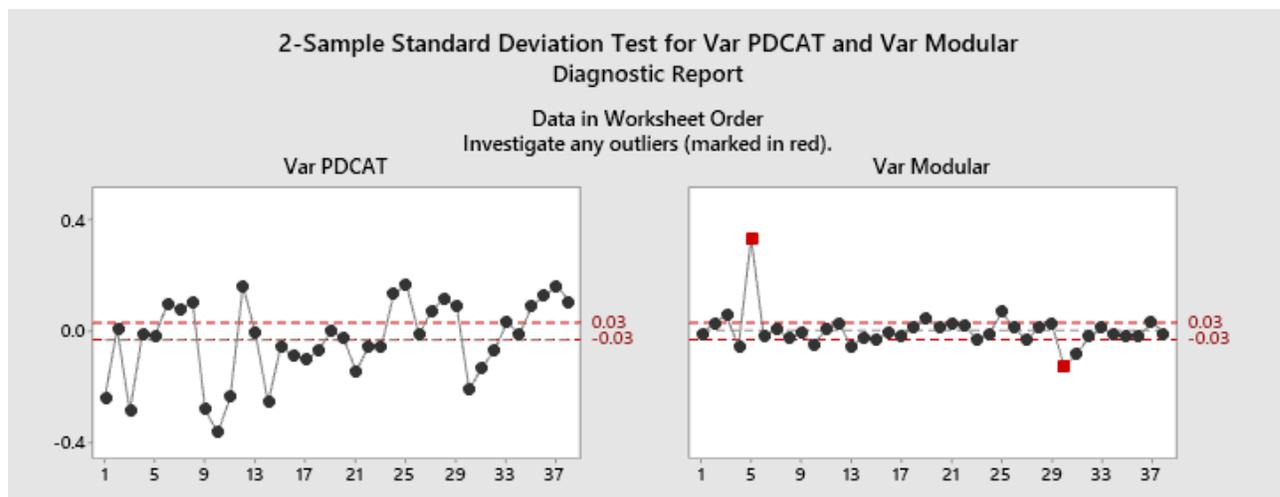


Figura 27. Diagrama de serie de tiempo para variaciones del método inicial (uno) y método nuevo (dos). Fuente: Elaboración Propia.

La figura 27 muestra las variaciones de las diversas órdenes con el método inicial de cotización (PDCAT multipliers) y el método nuevo (modular basado en rasgos de diseño). Existe mayor dispersión en la variación en el método inicial y existen muchas observaciones fuera del límite aceptable $\pm 3\%$. Por otro lado, con el segundo método existe una menor dispersión de los datos y existen un mayor número de datos dentro de límites aceptables de variación.

Capítulo 6. Discusión de resultados

El desarrollo de un nuevo modelo de costeo basado en rasgos de diseño fue completado de manera exitosa a través de la identificación de seis configuraciones modulares mostradas en la tabla 8. Las configuraciones modulares fueron identificadas de la 1A a la 1F basadas principalmente en los componentes principales del producto, estas configuraciones están detalladas en las figuras 8 a la 12 en los planos de ingeniería para apreciar visualmente la diferenciación de cada una de estas. Asimismo, fueron identificados rasgos no estándar localizados en las diferentes configuraciones determinantes en cierta medida del costo del producto, estos rasgos especializados son mostrados en la tabla 9. Por último, la figura 14 muestra la puerta principal exterior a ser usada para el costeo de las órdenes, las configuraciones mencionadas anteriormente representan el interior del producto, la puerta es el exterior conteniendo los componentes necesarios para hacer funcionales los componentes interiores.

El siguiente paso, tras establecer las configuraciones modulares fue realizar el costo, para esto fue requerido conocer el sistema de costos utilizados en Schneider Electric denominado Costo Estándar Consolidado (CSC, por sus siglas en inglés). La figura 15 muestra los componentes del costo estándar en Schneider Electric, así como aquellos factores excluidos del costo; las figuras 16 y 17 muestran un ejemplo detallado de la aplicación y construcción del costeo de un producto demostrando la composición por la suma del costo de material, más labor o mano de obra y otros gastos variables y fijos asignables a la familia de productos o centro de costo. La figura 17 introduce el concepto “tasa por hora” siendo esta la consolidación de todos los gastos (labor, variables o fijos) de un centro de costos (familia de producto) entre las horas estándar. Al entender este sistema de costeo fueron introducidas las tasas por hora en los periodos del 2018 al 2020 de los diferentes tipos de gastos utilizados en la planta de Smyrna para el producto MCLD, centro de interruptores de cubierta metálica, mostrados en las tablas 10 a 12.

La información anterior fue necesaria para completar la última etapa para generar el costo de las configuraciones establecidas. Primero fue calculado el costo de material tras la suma de los componentes de cada una de las configuraciones mostrados en la tabla 13. Por otro lado, el costo de labor, otros gastos variables y costos fijos asociados con el producto fueron

capturados a través de la toma de tiempos de ingeniería, manufactura y calidad propuestos en las tablas 15 a la 18 y utilizando las tasas de costos definidas para la planta de Smyrna en las tablas 10, 11 y 12. De esta manera fue posible integrar el costo por configuración modular para cada uno de los años donde fue probado el nuevo método de costeo, estos son presentados de manera resumida en las tablas 19, 20 y 21.

El modelo generado muestra ser una compilación de todos los datos capturados en el centro de manufactura identificando al producto 7910, centro de interruptores de cubierta metálica de 1200A 5/15 kV. A diferencia del método de costeo actual enfocado en un promedio histórico del costo de los últimos cuatro años en la manufactura del producto, este nuevo modelo captura aquellos rasgos diferenciadores componiendo al producto, en estructura y tiempo, y presenta una novedosa manera de costear basado en tasas de costo agrupando datos recientes y tiempos de manufactura asociados a los rasgos de diseño.

Los beneficios y facilidades del modelo pueden ser reconocidos a la entrada de una orden; las descripciones y especificaciones requeridas por el cliente para el centro de interruptores dados los componentes principales coinciden con una configuración modular propuesta con este nuevo modelo o la suma de varias de estas. Al identificar los módulos requeridos por el cliente basta con totalizar el costo de los módulos construidos en el modelo para contar con el costo total del producto a manufacturar y vender. En la siguiente sección es demostrado la aplicación de este modelo en un total de 38 órdenes de los periodos 2018 a 2019 con el objetivo de comparar la efectividad y precisión del mismo respecto al costo y margen real obtenido.

6.1 Repetibilidad y efectividad del modelo en órdenes en periodos previos

El nuevo método de costeo generado y explicado en la sección anterior fue aplicado para costear órdenes de periodos pasados (2018 y 2019) con el objetivo de probar su efectividad respecto a los resultados actuales obtenidos en costo y margen con la intención de comprobar la hipótesis alternativa de la presente tesis y cumplir con el objetivo de investigación. La figura 19 y tabla 22 muestran el proceso seguido para la obtención de datos y resultados tras la aplicación del nuevo método de costeo.

La tabla 23 muestra los resultados de la aplicación del nuevo método de costeo en 19 órdenes enviadas en 2018, así como la tabla 24 muestra los resultados para las 19 órdenes enviadas en 2019. El resumen de los resultados anteriores con la intención de cumplir con el objetivo general de esta tesis respecto a lograr reducir las variaciones entre el margen cotizado y el margen actual al $\pm 3\%$ del producto denominado “centro de circuitos de interruptores de cubierta metálica para interiores” de 1200A 5/15KV, es presentado en la siguiente tabla 25.

Tabla 25. Órdenes evaluadas con métodos de costeo y su variación en el margen estimado vs actual

	Aceptable <+/- 3% var	No Aceptable >+/- 3% var	Total
PDCAT	9	29	38
Rasgos Diseño	29	9	38
	38	38	76

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el total de 38 órdenes analizadas de los periodos 2018 y 2019, 29 órdenes cotizadas con el nuevo método rasgos de diseño cuentan con una variación aceptable respecto al margen ($\leq \pm 3\%$), en comparación con nueve de las órdenes cotizadas con el método PDCAT. Esta tabla muestra resultados sólidos respecto a la creación de un método de costeo más efectivo tras la reducción de las variaciones entre el margen cotizado y el actual. Sin embargo, la contundencia de este nuevo método fue comprobado tras la prueba chi cuadrada, los resultados de esta prueba mostrados en las figuras 23 y 24 muestran la relación estadísticamente significativa entre la precisión en el margen y el método utilizado para el costeo. Por otro lado, también fue empleada la prueba de desviación estándar de dos muestras para comprobar efectivamente una disminución en la variación y una menor dispersión de los datos hacia el objetivo de $\pm 3\%$. La figura 25, 26, 27 y 28 demuestran una reducción en la desviación o variación con el nuevo método propuesto empleando un nivel de significancia del 95%. El $p\text{-value}=0.000 < 0.05$, por lo tanto, las desviaciones estándar de las dos muestras. El diagrama de caja de la figura 26 también muestra una menor dispersión de los datos respecto a la media con

el método 2, reflejado en el histograma de la figura 27. Por último, la figura 28 presentando un diagrama de serie de tiempo muestra visualmente el agrupamiento de los datos de las dos muestras en torno a los límites definidos de $\pm 3\%$, claramente es observado un mayor número de datos fuera del rango de aceptación comparando el método uno y dos.

La tabla 26 muestra en resumido los resultados totales de los periodos 2018, 2019 y 2020 en cuanto a la aplicación del nuevo método de costeo.

Tabla 26. Variación total de órdenes retadas con ambos métodos de costeo del 2018, 2019 y 2020.

No. Q2C	Cost. Método 1 (PDCAT multipliers)	Costo Real (Producción)	Cost. Método 2 (Modular Rasgos de diseño)	Margen Método 1	Margen Real	Margen Método 2	Var PDCA T	Var Modular	Impacto Inicial (USD)	Nuevo Impacto (USD)
2018	\$ 2,228,944	\$ 2,384,737	\$ 2,439,086	27.18%	22.93%	21.18%	-4.24%	1.76%	✗ \$ (130,806)	✓ \$ 54,350
2019	\$ 2,067,109	\$ 1,914,377	\$ 1,903,518	31.91%	36.73%	37.09%	4.82%	-0.36%	✓ \$ 141,420	✗ \$ (10,859)
2020	\$ 514,713	\$ 441,715	\$ 456,081	11.48%	24.03%	21.56%	12.55%	2.47%	✓ \$ 72,600	✓ \$ 14,386
ABSOLUTO									\$ 344,826	\$ 79,594

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2018 el costo estimado con el método anterior fue \$2.229 millones de dólares con un margen de 27.18%; sin embargo, el costo real tras la producción de las órdenes fue de \$2.385 millones de dólares con un margen de 22.93%. Con el nuevo método de costeo (modular basado en rasgos de diseño el margen estimado) terminó siendo \$2.439 millones de dólares con un margen estimado de 21.18%. Por lo tanto, la variación en el margen con el método uno (PDCAT) fue de -4.24% con un impacto desfavorable -\$130,806 dólares, esto indica la obtención de una menor ganancia de la esperada y con el nuevo método fue de 1.76%, es decir \$54,350 dólares favorables. Existe una mejor aproximación al margen real con el nuevo método de costeo mitigando el riesgo de sobreestimación en la ganancia esperada tras abaratar el precio del producto. Por otro lado, para el año 2019 el costo inicial estimado con el método uno fue \$2.067 millones de dólares, el costo real fue \$1.914 millones y el costo estimado con el método dos fue \$1.904 millones de dólares. El margen estimado inicialmente fue 31.91%, el margen real fue 36.73% y el margen con el nuevo método fue 37.09%. La variación entre el margen estimado y real con el método anterior fue de 4.82% impactando en \$141,420 dólares favorables, es decir, en este caso se esperó una ganancia menor a la obtenida tras sobreestimar el costo y el precio. Con el método nuevo la variación se redujo a -0.36% con un impacto de -\$10,858 dólares

desfavorables. La disminución en la variación es mostrada igualmente en el año 2020, los costos estimados con el nuevo método de costeo son mas parecidos a la realidad dando la oportunidad a la empresa a establecer un precio más preciso y redituable para la empresa y el cliente.

El objetivo principal de la presente investigación giró en torno a reducir variaciones en costo y margen del producto centro de interruptores de cubierta metálica, las cuales tienen un impacto financiero en la rentabilidad de la empresa. A pesar de mostrar resultados desfavorables o favorables en términos monetarios es importante rescatar que el objetivo es la minimización del impacto respecto al método anterior. La idea de minimizar las variaciones nace del siguiente fundamento. Si la empresa cuenta con un costo realista y actualizado del producto a fabricarse en el centro de manufactura es mucho más sencillo establecer un margen de ganancia preferido hacia el cliente y por lo tanto el precio final, y así ser consistente en las utilidades obtenidas tras la ejecución del proyecto. El método de costeo generado en la presente tesis propone un proceso inverso al actual para la cotización de órdenes, en este caso el costo del producto es conocido con certeza y por lo tanto la definición del precio es más precisa para la obtención de un margen preferencial. Esto es diferente a la conducta actual basada en una estimación estadística tanto del costo como precio y generando un margen dado la relación entre ambos, es como moverse de un juego de dardos a una decisión educada sobre los proyectos y clientes que la empresa quiere perseguir para maximizar sus utilidades.

La contundencia de ambas pruebas demuestra una vez más el cumplimiento de los objetivos primarios y secundarios de dicha investigación. Sin embargo, es importante mencionar la prevalencia de un porcentaje de la población de 27.1% representado por 9 órdenes cotizadas con el método nuevo sin mejora en la precisión de la estimación del costo y el margen, es decir, una variación $\geq \pm 3\%$. Las mismas están resumidas en la siguiente tabla 27.

Tabla 27. Órdenes con variación mayor a +/-3% entre el margen cotizado con nuevo método y actual

Año	No. Q2C	Cost Método 1 (PDCAT multipliers)	Costo Real (Producción)	Cost Método 2 (Modular Rasgos de diseño)	Margen Método 1	Margen Real	Margen Método 2	Var PDCAT	Var Modular	Impacto Inicial (USD)	Nuevo Impacto (USD)	Configuración
2018	37388032-303	\$ 16,965	\$ 24,054	\$ 26,048	31%	32%	26%	1%	6%	✓ \$ 276	✓ \$ 1,994	1C
2018	38893334-001	\$ 135,462	\$ 190,336	\$ 180,963	20%	-9%	-4%	-29%	-5%	✗ \$ (49,921)	✗ \$ (9,372)	1F,1F,1F,1F,1F,1F,1F,1F,1F,1F,1F,1F,1A,1A,1B
2018	39081610-334	\$ 116,582	\$ 113,043	\$ 164,697	28%	27%	-6%	-1%	33%	✗ \$ (2,073)	✓ \$ 51,654	1A,1C,1C,1C,1C,1C+CPT Trans & Remote Control \$13K
2018	39258217-001	\$ 33,580	\$ 46,518	\$ 44,295	27%	-1%	4%	-28%	-5%	✗ \$ (12,938)	✗ \$ (2,224)	1B, 1F, 1F, 1F
2018	40112763-001	\$ 83,776	\$ 67,826	\$ 62,492	15%	31%	36%	16%	-5%	✓ \$ 15,950	✗ \$ (5,335)	1E,1E,1E,1E
2018	41439649-002	\$ 48,318	\$ 51,859	\$ 54,372	13%	6%	1%	-7%	5%	✗ \$ (3,928)	✓ \$ 2,513	1D,1D,1D
2019	39994652-002	\$ 156,995	\$ 121,247	\$ 132,334	9%	26%	19%	17%	7%	✓ \$ 27,026	✓ \$ 11,087	1A,1A,1A,1A,1C,1C,1E
2019	41670091-001	\$ 18,184	\$ 29,320	\$ 22,536	66%	45%	57%	-21%	-13%	✗ \$ (11,136)	✗ \$ (6,785)	1B
2019	41694680-002	\$ 26,636	\$ 23,420	\$ 20,908	38%	25%	33%	-13%	-8%	✗ \$ (4,041)	✗ \$ (2,511)	1B
TOTAL		\$ 636,497	\$ 667,623	\$ 708,644	23%	18%	13%	-5%	5%	✗ \$ (40,786)	✓ \$ 41,021	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior existen variaciones considerables respecto a ciertas órdenes embarcadas, la variación más grande para el método PDCAT es de -29% impactando en -\$49,921 dólares desfavorables y para el método de rasgos de diseño es de 33% impactando en \$51,546 favorables. Esto solo demuestra la existencia de ciertas limitaciones del modelo propuesto mayormente dadas por eficiencias en el proceso actual contra el estimado causando una desviación en las horas estándar definidas y por lo tanto impactando el costo o, por cambios de cliente o ingeniería en las órdenes tras iniciar el proceso de manufactura, esto es generado por requerimiento del cliente en el cambio de componentes o estructuras o por errores en los dibujos de ingeniería generado, esto puede impactar de igual manera tanto el costo de material como de labor y otros gastos indirectos.

La última etapa seguida en la presente investigación esta caracterizada por la aplicación del nuevo método de costeo generado en tiempo real, es decir, tras la entrada de órdenes en el periodo actual (2020). El propósito de evaluar el modelo el tiempo real es comprobar la precisión del mismo y la mitigación del riesgo corporativo en los márgenes de ganancia y establecimiento de precios tras la entrada de órdenes, este último factor puede incrementar al contar con una estimación de costo del producto mas precisa.

6.2 Aplicación del modelo en tiempo real

Las muestras y corridas realizadas durante la etapa tres de la piloto en tiempo real fueron definitivamente beneficiosas para notar ciertas virtudes y deficiencias del modelo propuesto, pero sobre todo para comprobar que la aplicación de un método más certero sobre el costo facilita la toma de decisiones sobre precio e ingesta de órdenes. Como fue ejemplificado anteriormente el modelo sigue mostrándose como más exitoso para la cotización de órdenes comparado al modelo actual usado (PDCAT multipliers). La principal razón de esto es la existencia de una mejor aproximación al costo real y la variación contra el margen real es minimizada.

Las órdenes recibidas durante el primer cuarto del año 2020 fueron un total de tres para un mismo cliente, Cummins, siendo este un importante distribuidor eléctrico es considerado como un cliente clave para Schneider Electric por lo tanto la intención de la empresa siempre es cuidar el precio ofrecido a este, pero al mismo tiempo proteger el margen y perseguir proyectos redituables. La figura 20 muestra la primera orden embarcada el 10 de enero del 2020, sin embargo, la cotización fue realizada desde octubre del 2019. Cuando fue recibida esta orden la cotización fue realizada por el método anterior obteniendo un margen de ganancia estimado del 9%, antes esto Schneider Electric consideró que perseguir el proyecto no sería redituable para la empresa debido a la obtención de una ganancia marginal; dada la situación pretendía aumentar el precio hacia el cliente para incrementar la ganancia. Antes de proceder por este cambio la orden fue cotizada con el método nuevo y el resultado fue un margen de 16%, esto cambio mucho la perspectiva de la empresa sobre convertir la orden hacia el centro de manufactura y sobre todo no incrementar el precio con el cliente. Puede observarse un margen real tras la fabricación de la orden de 20%, aun mejor para las ganancias de la empresa pero con el nuevo método se confirma una mejor aproximación hacia el margen real, con un error de 3.93% comparado al 12% inicial.

La figura 20 también muestra una discrepancia en el costeo y variación en el margen proveniente del costo de labor por \$9,594 dólares. Esta variación mayor mente se encuentra dada porque el producto manufacturado cuenta con muchas configuraciones repetidas, siete secciones de la configuración 1D, tres de la configuración 1C y 1 de la configuración 1E. Con esto

pudo confirmarse la causa raíz de esta variación favorable contra el margen real fue debido a la eficiencia en proceso tras la repetibilidad de las configuraciones seleccionadas. Si el producto cuenta con muchas configuraciones repetidas es normal una disminución en el tiempo invertido en el proceso debido a eficiencias de la estandarización dada por la repetición.

La figura 21 muestra la segunda orden embarcada el 13 de enero del 2020 y cotizada inicialmente en 2019 con ambos métodos. El método PDCAT propuso un margen de 17% mientras que el método modular estimó un margen de 21%, aunque la variación entre los dos métodos no fue tan representativa para este caso, el equipo de cotización decidió confiar en el costo y margen del segundo método de cotización y así pudo convertir la orden hacia el centro de manufactura. El margen terminó siendo de 25%, nuevamente una variación del 3.74% contra el nuevo método y 8% contra el método anterior, denotando una mejora en la precisión de la estimación con el método modular. Un aspecto importante a señalar es el hecho de que las órdenes enviadas en el 2020 han mostrado una reducción en la variación, pero no de acuerdo al objetivo del $\pm 3\%$, por lo mismo nuevamente fue decidido evaluar cual fue la causa de la variación. En este caso se encontró una variación en dólares de \$3,476 en el costo y se descubrió que se registraron menos horas de manufactura que las estimadas con el modelo. En este caso como el modelo fue observado en tiempo real fue descubierto que el error humano puede afectar la variación en costo y margen. Como la planta de Smyrna usa un sistema de escaneo de horas en un sistema de registros para realizar el costeo final de las órdenes entrantes, cualquier error humano en el registro de las horas puede ocasionar variaciones en el costo, tanto favorables como desfavorables. Esto fue comunicado al gerente de producción e ingeniería para tomar acciones al respecto y enfatizar la importancia de la precisión en el registro de horas para obtener márgenes realistas y costear el producto correctamente.

La figura 22 muestra un caso de éxito respecto al cumplimiento del objetivo de esta tesis, es decir la variación fue reducida a $\pm 3\%$ para la orden Cummins -CTS Kmonk. La cotización con el método inicial fue un margen de 11% lo cual no era muy atractivo, con el nuevo método el margen obtenido fue 30% lo cual influyó en la decisión del precio a ofertar y la obtención de la orden, al concluir la orden el margen real fue 29%, solo existió un error de -1.1% contra el nuevo método de costeo al contrario de un 18% con el método anterior.

La aproximación a un costo y margen más realista es notable y consistente en el año 2020. Como fue mencionado anteriormente esto puede traer muchos beneficios al centro de manufactura y al negocio en el producto seleccionado pues permite realizar estimaciones más precisas sobre proyectos a perseguir, los especialistas de cotización cuentan ahora con una metodología clara para presentar un presupuesto hacia el cliente sabiendo que no habrá pérdida de dinero por cálculos erróneos y sobreestimaciones y, el centro de manufactura podrá ser medido en torno a un estándar creado según la configuración seleccionada.

Los hallazgos mencionados anteriormente fueron los principales identificados en la corrida en tiempo real. La modificación del modelo en torno a la repetibilidad fue puesta en tela de discusión para considerar si es necesario aplicar un porcentaje de eficiencia para hacer ajustes en el mismo. Sin embargo, al final fue decidido como innecesario porque la intención de estimar el costo es presentar un presupuesto o cotización al cliente, para este es importante contar con un escenario “pesimista”, es decir, el costo sin las eficiencias, una vez teniendo este es posible establecer un margen de ganancia ajustado dependiendo del precio. Por ejemplo, el costo sin eficiencias puede ser \$100,000 dólares, queriendo obtener un margen de ganancia del 50% el producto sería ofrecido hacia el cliente en \$200,000 dólares; si el producto contaba con configuraciones repetidas puede existir cierta eficiencia disminuyendo el costo a \$75,000 dólares, obteniendo un margen de contribución mejor para la empresa dado el precio proporcionado al momento de la cotización generando más ganancia.

6.3 Limitaciones y futuras aplicaciones del método propuesto

El nuevo método de costeo propuesto en la presente tesis ha sido comprobado como funcional y efectivo para realizar estimaciones más precisas en cuanto a costo y margen del producto 7910, centro de interruptores de cubierta metálica de 1200A 5/15Kv. Anteriormente fueron presentadas algunas limitaciones y áreas de oportunidad de este sobre todo dadas por condiciones imprevistas en el proceso de ingeniería, calidad y manufactura. Una personalización adicional hecha por el cliente en el producto puede generar un incremento en costo de material y de manufactura, dependiendo del grado de personalización exigido y del tipo de etiqueta seleccionada. El modelo trata de capturar todos estos rasgos especiales en su etapa inicial, sin

embargo, cuando ya inició el proceso de manufactura y estos cambios son exigidos por el cliente, el gerente del proyecto o el ingeniero esto puede ocasionar una variación considerable.

La otra condición observada, la cual afectaría positivamente el costo estimado y el margen es la eficiencia dada tras la repetibilidad y estandarización de las configuraciones. Esto impactaría favorablemente en el costo y margen para la empresa. Ante esta condición observada fueron ideadas ciertas potencialidades y futuras aplicaciones del modelo propuesto. Como fue explicado anteriormente el sistema de manufactura empleado en Smyrna es ingeniería a pedido la cual es caracterizada por la manufactura y diseño del producto una vez contando con las especificaciones del cliente. En los antecedentes fue explicado el proceso de manufactura en el cual el cliente entra a un selector de producto y elige ciertas características, funciones y componentes con los cuales diseña el producto final, conforme a estas especificaciones se empieza a diseñar desde ingeniería hasta producción el producto. Sin embargo, con este nuevo método de costeo fue descubierto una versión estandarizada del producto 7910, es decir, rasgos estándares y repetibles en todas las órdenes significando cierto potencial de convertir el producto de un modelo de fabricación de ingeniería a pedido al denominado configuración por pedido. Es decir, lo ideal sería presentar estas configuraciones ya dadas en el selector para que el cliente pudiera armar el rompecabezas de su producto sin tanta personalización de componentes, pero igualmente obtendría un producto funcional, de esta manera podría ser evitado el proceso de ingeniería y diseño que conlleva de nueve a 16 horas, esto significaría un ahorro de costo considerable para la empresa. Por otro lado, al estandarizar el producto el tiempo de entrega hacia el cliente (lead time) podría ser reducido y esto incitaría más la compra. Factores adicionales beneficiosos en cuanto a margen para la empresa al convertir el producto a una configuración estándar sería una reducción en el costo de material debido a la selección de materiales estándar que podría comprar a volumen a sus proveedores y también un potencial ahorro en inventarios. En cuanto al proceso de manufactura, si el número de variaciones en un producto (rasgos personalizados) es reducido sin lugar a duda habrá más campo para mejorar las eficiencias en el proceso convirtiéndose en uno estandarizado y repetible, más susceptible a contar con instrucciones de trabajo estándar mejorando la calidad del producto. Modelar este

beneficio de convertir el producto de personalizado (ingeniería a pedido) a uno más estandarizado (configuración a pedido) sería algo a explorar en futuras investigaciones.

La última etapa a seguir de este modelo de costeo sería en miras hacia la digitalización del mismo; por el momento fue realizado en una hoja de cálculo y costeo sin embargo la intención es extrapolarlo a una base de datos de tipo web para hacerla accesible a todos los usuarios pertinentes. Por otro lado, debe establecerse un proceso de revisión del modelo periódico, cada tres años mínimo, para realizar actualizaciones considerando posibles cambios en los tiempos de manufactura a partir de proyectos implementados y eficiencias generadas.

Capítulo 7. Conclusiones

El nuevo modelo de cotización y costeo de órdenes propuesto en la presente tesis mostró mejores resultados comparados al modelo previamente empleado en Schneider Electric. Es importante recordar el impacto económico generado por el uso del modelo anterior, un impacto absoluto para las órdenes evaluadas en el periodo 2018-2019 de \$272 mil dólares y para el periodo 2020 de \$73 mil dólares para la empresa, desfavoreciendo la entrada de órdenes por cotizaciones erróneas y penalizando al centro de manufactura por márgenes de ganancia no obtenidos a causa del establecimiento de un costo meta difícilmente alcanzable.

El método de costeo modular basado en rasgos de diseño pone en primer lugar como vértice del costo a los rasgos diferenciadores del producto a fabricar evitando comparaciones históricas de los datos. Los datos tomados para la construcción del costo representan componentes reales costeados a una tasa actual y tiempo de manufactura, calidad e ingeniería basados en estudios de tiempo y costeados con tasas actualizadas de labor y gastos generales. La principal diferenciación del presente modelo contra el anterior data de su actualización de los componentes integradores del costo y la identificación de una estandarización modular de las órdenes entrantes; es un análisis de la anatomía del producto manufacturado.

Las pruebas estadísticas de Chi cuadrada, desviación estándar para dos muestras, así como la corrida piloto en tiempo real permitieron asumir la hipótesis alternativa de la presente tesis, el uso de un modelo de costeo estándar modular basado en rasgos de diseño agrupado reduce las variaciones entre el costo estimado y el costo efectivo de manufactura a un impacto económico absoluto de \$65 mil dólares estadounidenses para los periodos 2018 y 2019 y a \$14 mil dólares en 2020. Además, es alcanzado el objetivo de la presente investigación al cumplir con una reducción en la variación del margen real contra el estimado del +/-3% en comparación con las fluctuaciones del modelo previo. La aplicación de un modelo de costeo modular integrando seis configuraciones basado en rasgos de diseño redujo las variaciones entre -1.65% y 2.41% con un intervalo de confianza de 95% para el producto centro de circuitos de interruptores de cubierta metálica para interiores de 1200A 5/15KV.

Las futuras aplicaciones del presente modelo fueron enunciadas en la discusión de resultados, la extrapolación del presente modelo a otros productos conlleva tiempo de preparación, análisis y entendimiento del producto y su composición, esto puede implicar la adición de recursos humanos y tecnológicos adicionales para la empresa, sin embargo, considerando el riesgo monetario actual la inversión sería redituable en un corto periodo de tiempo. Como fue mencionado anteriormente, existen ciertas limitaciones y factores de corrección potenciales para este modelo, además la conversión a un método más automatizado y digital; estas condiciones son material para etapas e investigaciones futuras.

Capítulo 8. Referencias

- Ali, M., Garcia, A., Phonhasackd, T., Lizarraga, T. y Crawford, M. (2019). Configuraciones modulares 1A-1F. Smyrna, TN. Schneider Electric.
- Bordes, P. (comunicación personal, 13 de marzo de 2019). Smyrna, TN. Schneider Electric
- Calvi, K., Halawa, F., Economou, M. et al. Int J Adv Manuf Technol (2019) 103: 127. Recuperado de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00170-019-03429-3>
- Caprace, JD. & Rigo, P. J Mar Sci Technol (2012). Towards a short time "featured-based costing" for ship design. 17: 216. Recuperado de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00773-012-0163-4>
- Cicconi, P., Castorani, V., Germani, M. et al. Engineering with Computers (2019). Recuperado de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00366-019-00709-0>
- Duchi A., Pourabdollahian G., Sili D., Cioffi M., Taisch M., Schönsleben P. (2014) Motivations and Challenges for Engineer-to-Order Companies Moving toward Mass Customization. En: Grabot B., Vallespir B., Gomes S., Bouras A., Kiritsis D., et al. (2014). Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 440. Springer, Berlin, Heidelberg
- Fichman, R.G. & Kemerer, C.F. Information Technology and Management (2002) 3: 137. Recuperado de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1023/A:1013121011308>
- Hanafy M., ElMaraghy H.A. (2014) A Multi-Period Changeable Modular Product Assembly Model. En: Zaeh M. (eds) Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. Springer, Cham
- Lück D., Leyh C. (2017) Enabling Business Domain-Specific e-Collaboration: Developing Artifacts to Integrate e-Collaboration into Product Costing. En: Maedche A., vom Brocke J., Hevner A. (eds) Designing the Digital Transformation. DESRIST 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10243. Springer, Cham

- Maxson, H. (2019). ETO Costing Accuracy. Smyrna, TN. Confidential Property of Schneider Electric
- NACC (2018). Costing Rates Smyrna Plant. Recuperado de G:\Finance\2018\Cost Build
- NACC (2019). Costing Rates Smyrna Plant. Recuperado de G:\Finance\2019\Cost Build
- NACC (2020). Costing Rates Smyrna Plant. Recuperado de G:\Finance\2020\Cost Build
- Patel A., Jaumard B. (2017) Design and Implementation of a Smart Quotation System. En: Mouhoub M., Langlais P., et. Al. (2017) Advances in Artificial Intelligence Lecture Notes in Computer Science, vol 10233. Springer, Cham
- Ramadan, M., Al-Maimani, H. & Noche, B. Int J Adv Manuf Technol (2017) RFID-enabled smart real-time manufacturing cost tracking system. 89: 969. Recuperado de <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00170-016-9131-1>
- Schneider Electric. (2018). Financial and Sustainable Development Annual Report. Recuperado de <https://www.se.com/ww/en/documents/finance/2018/03/2018-annual-report-tcm50-467357.pdf>
- Schneider Electric. (2019). Masterclad MV Metal-Clad Switchgear. Recuperado de <https://www.se.com/us/en/product-range-presentation/7396-masterclad-mv-metal-clad-switchgear/>
- Schneider Electric. (2019). Medium Voltage Metal-Clad Switchgear with Type VR Breakers. Recuperado de https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Brochure&p_File_Name=6000BR1201.pdf&p_Doc_Ref=6000BR1201
- Schneider Electric. (2019). SE Advantage 101-2: SEA Quotation Essentials. Recuperado de <https://schneider-electric.csod.com/LMS/UserTranscript/OnlineClassView.aspx>
- Tuncel G., Akyol D.E., Bayhan G.M., Koker U. (2005) Application of Activity-Based Costing in a Manufacturing Company: A Comparison with Traditional Costing. En: Sunderam V.S., van Albada G.D., Sloot P.M.A., Dongarra J. (eds) Computational Science – ICCS 2005. ICCS 2005. Lecture Notes in Computer Science, vol 3516. Springer, Berlin, Heidelberg

Wygant, R. (2003). "A comparison of computerized predetermined time systems", 1ra ed. Vol 17, published by Elsevier Science Ltd, pp. 480 – 485 Hodson WK. Caprace, JD. & Rigo, P. J Mar Sci Technol (2012). Towards a short time "featured-based costing" for ship design. 17: 216. <https://ebiblio.cetys.mx:4083/10.1007/s00773-012-0163-4>

Yowder, M. (2019). Consolidated Standard Cost. Smyrna, TN. Confidential Property of Schneider Electric

Capítulo 9. Anexos

Producto	categ_id	Categ_Desc	LC	Line_Desc
MCLD	14	NON-NEG RTA PNLBD PARTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	16	I-LINE PB RTA	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	160	DE1 MISC	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	199	DE5 MISC. SERVICE PARTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	908	C60N SUPP PROTECTORS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	1081	INTRA-COMPANY COMPONENTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	1408	UFD SUBWAY	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	2618	M4,UNASSEMBLED MISC PARTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	7921	OBS - SF6 M/C 5KV 250MVA 2000A	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	7939	VR METAL CLAD 27KV SWGR	7574	VR M/C 27KV 25KA 1200A, INDOOR
MCLD	7939	VR METAL CLAD 27KV SWGR	7577	VR M/C 27KV 40KA 1200A, INDOOR
MCLD	7939	VR METAL CLAD 27KV SWGR	7580	VR M/C 27KV 16KA 1200A,3R NWI
MCLD	7939	VR METAL CLAD 27KV SWGR	7583	VR M/C 27KV 25KA 1200A, 3R NWI
MCLD	7939	VR METAL CLAD 27KV SWGR	7586	VR M/C 27KV 40KA 1200A,3R NWI

MCLD	7940	MCLD 27KV 16-40KA N3R	7580	VR M/C 27KV 16KA 1200A,3R NWI
MCLD	7940	MCLD 27KV 16-40KA N3R	7583	VR M/C 27KV 25KA 1200A, 3R NWI
MCLD	7942	5KV N1 DIGEST HVL	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	7901	VR M/C 5KV 250 MVA 1200A, INDOOR
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	7907	VR M\C 7.2KV 500MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	7947	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 2000A. 3R. WI
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	9623	VACUUM OEM CRADLE (5-15KV)
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	9625	VACARC VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	9654	REPAIR METAL-CLAD SWGR ASS'Y/SUB-ASS'Y
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	9828	MASTERCLAD SEMI-ASSY SEGR 27KV
MCLD	7947	MCLD SPARE PARTS	9890	MASTERCLAD SEMI-ASSY SWGR, 5KV
MCLD	7971	POWER-ZONE CENTER (HOUSE)	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	7972	BATTERY SYSTEM	7972	VAD-3 M\C 13.8KV 500 MVA 2000A, 3R, NWI
MCLD	7974	OBS - VAD-3 M/C 15/750/2000/NWI	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8130	MCC PARTS / UNASSEMBLED	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS

MCLD	8384	VR M/C 5/250/1200 N1	7901	VR M/C 5KV 250 MVA 1200A, INDOOR
MCLD	8385	VR M/C 5/250/2000 N1	7902	VR M\C 5KV 250 MVA 2000A, INDOOR
MCLD	8388	VR M/C 5/350/2000 N1	7905	VR M\C 5KV 350 MVA 2000A, INDOOR
MCLD	8389	VR M/C 5/350/3000 N1	7906	VR M\C 5KV 350 MVA 3000A, INDOOR
MCLD	8390	VR M/C 7.2/500/1200 N1	7907	VR M\C 7.2KV 500MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	8393	VR M/C 15/500/1200 N1	7910	VR M\C 15KV 500MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	8393	VR M/C 15/500/1200 N1	7911	VR M\C 15KV 500MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	8393	VR M/C 15/500/1200 N1	7912	VR M\C 15KV 500MVA, 3000A,INDOOR
MCLD	8393	VR M/C 15/500/1200 N1	7913	VR M\C 15KV 750 MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	8393	VR M/C 15/500/1200 N1	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8394	VR M/C 15/500/2000 N1	7911	VR M\C 15KV 500MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	8395	VR M/C 15/500/3000 N1	7912	VR M\C 15KV 500MVA, 3000A,INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7901	VR M/C 5KV 250 MVA 1200A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7902	VR M\C 5KV 250 MVA 2000A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7903	VR M\C 5KV 250 MVA 3000A, INDOOR

MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7907	VR M\C 7.2KV 500MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7908	VR M\C 7.2KV 500MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7913	VR M\C 15KV 750 MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7914	VR M\C 15KV 750 MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	7915	VR M\C 15KV 750 MVA, 3000A, INDOOR
MCLD	8396	VR M/C 15/750/1200 N1	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8397	VR M/C 15/750/2000 N1	7914	VR M\C 15KV 750 MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	8398	VR M/C 15/750/3000 N1	7915	VR M\C 15KV 750 MVA, 3000A, INDOOR
MCLD	8399	VR M/C 15/1000/1200 N1	7904	VR M\C 5KV 350 MVA 1200A, INDOOR
MCLD	8399	VR M/C 15/1000/1200 N1	7905	VR M\C 5KV 350 MVA 2000A, INDOOR
MCLD	8399	VR M/C 15/1000/1200 N1	7906	VR M\C 5KV 350 MVA 3000A, INDOOR
MCLD	8399	VR M/C 15/1000/1200 N1	7916	VR M\C\15KV 1000 MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	8399	VR M/C 15/1000/1200 N1	7917	VR M\C 15KV 1000 MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	8401	VR M/C 15/1000/3000 N1	7918	VR M\C 15KV 1000 MVA, 3000A, INDOOR
MCLD	8402	VR M/C 5/250/1200 3R NWI	7919	VR M\C 5KV 250 MVA, 1200A, 3R, NWI

MCLD	8406	VR M/C 5/350/2000 NWI	7923	VR M\C 5KV 350 MVA, 2000A, 3R, NWI
MCLD	8411	VR M/C13.8/500/1200 3R NWI	7928	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	8411	VR M/C13.8/500/1200 3R NWI	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	7919	VR M\C 5KV 250 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	7920	VR M\C 5KV 250 MVA, 2000A, 3R, NWI
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	7923	VR M\C 5KV 350 MVA, 2000A, 3R, NWI
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	7931	VR M\C 13.8KV 750 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	7937	VR M\C 5KV, 250 MVA, 1200A, 3R, WI
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	7949	VR M\C 13.8KV, 750 MVA, 1200A, 3R, WI
MCLD	8414	VR M/C13.8/750/1200 3R NWI	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8418	VR M/C 13.8/1000/2000 NWI	7922	VR M\C 5KV 350 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	8418	VR M/C 13.8/1000/2000 NWI	7934	VR M\C 13.8KV, 1000 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	8418	VR M/C 13.8/1000/2000 NWI	7941	VR M\C 5KV, 350 MVA, 2000A, 3R, WI
MCLD	8418	VR M/C 13.8/1000/2000 NWI	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8429	VR M/C 13.8/500/1200 3R WI	7928	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 1200A, 3R, NWI

MCLD	8429	VR M/C 13.8/500/1200 3R WI	7929	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 2000A, 3R, NWI
MCLD	8429	VR M/C 13.8/500/1200 3R WI	7946	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 1200A, 3R, WI
MCLD	8438	VR M/C 5KV ARC RESISTANT INDOOR	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8438	VR M/C 5KV ARC RESISTANT INDOOR	DL8N	VR M/C 5KV 350 MVA 1200A, INDOOR AR
MCLD	8440	VR M/C 15KV ARC RESISTANT INDOOR	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8476	MCLD 15KV 63KA N1	17X3	MCLD 5KV 63KA N1
MCLD	8476	MCLD 15KV 63KA N1	17XF	MCLD 15KV 63KA N1
MCLD	8891	SUB HVL/CC 15KV N3R	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8897	SUB HVL/CC 38KV N1	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8980	DIGEST C/LIMITING FUSE KIT	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8981	DIGEST LIGHTNING ARRESTOR	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	8982	DIGEST BORIC ACID FUSE KIT	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	9618	HVL OEM STYLE (5-38KV)	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	9622	MCLD 5-15KV SEMI 25-50KA N3R	9890	MASTERCLAD SEMI-ASSY SWGR, 5KV
MCLD	9622	MCLD 5-15KV SEMI 25-50KA N3R	9891	MASTERCLAD SEMI-ASSY SWGR, 15KV
MCLD	9623	VACUUM OEM STRUCTURE	9623	VACUUM OEM CRADLE (5-15KV)
MCLD	9623	VACUUM OEM STRUCTURE	9625	VACARC VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE

MCLD	9623	VACUUM OEM STRUCTURE	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	9623	VACUUM OEM STRUCTURE	9890	MASTERCLAD SEMI-ASSY SWGR, 5KV
MCLD	9623	VACUUM OEM STRUCTURE	9891	MASTERCLAD SEMI-ASSY SWGR, 15KV
MCLD	9625	VACUUM OEM BREAKER (5KV)	9625	VACARC VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE
MCLD	9626	VACUUM OEM BREAKER (15KV)	9625	VACARC VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE
MCLD	9627	VACUUM OEM BREAKER 27KV	9827	VR VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE 27K
MCLD	9628	VACUUM OEM STRUCTURE 27KV	9623	VACUUM OEM CRADLE (5-15KV)
MCLD	9628	VACUUM OEM STRUCTURE 27KV	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	9628	VACUUM OEM STRUCTURE 27KV	9826	VR OEM CRADLE 27KV
MCLD	9628	VACUUM OEM STRUCTURE 27KV	9828	MASTERCLAD SEMI-ASSY SEGR 27KV
MCLD	9628	VACUUM OEM STRUCTURE 27KV	9829	OEM 2-HIGH STRUCTURE 27KV
MCLD	9629	MCLD 27KV SEMI N3R	7583	VR M/C 27KV 25KA 1200A, 3R NWI
MCLD	9629	MCLD 27KV SEMI N3R	9828	MASTERCLAD SEMI-ASSY SEGR 27KV
MCLD	9652	POWERLINK EHBPL BREAKERS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	9688	MISC SWBD & PANEL PARTS - PE1	9623	VACUUM OEM CRADLE (5-15KV)

MCLD	9688	MISC SWBD & PANEL PARTS - PE1	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	9827	27KV VR BREAKERS	9827	VR VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE 27K
MCLD	11200	WITNESS TESTING	6560	WITNESS TESTING - MCLD
MCLD	11300	MISC. ITEMS	6560	WITNESS TESTING - MCLD
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7583	VR M/C 27KV 25KA 1200A, 3R NWI
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7901	VR M/C 5KV 250 MVA 1200A, INDOOR
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7910	VR M\C 15KV 500MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7914	VR M\C 15KV 750 MVA, 2000A, INDOOR
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7919	VR M\C 5KV 250 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7920	VR M\C 5KV 250 MVA, 2000A, 3R, NWI
MCLD	11300	MISC. ITEMS	7929	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 2000A, 3R, NWI
MCLD	11300	MISC. ITEMS	9623	VACUUM OEM CRADLE (5-15KV)
MCLD	11300	MISC. ITEMS	9625	VACARC VACUUM CKT BRKR OPEN STYLE
MCLD	11300	MISC. ITEMS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	11300	MISC. ITEMS	NL8 N	VR M/C 15KV 750 MVA 2000A, INDOOR AR
MCLD	11302	EXPEDITE FEES ON INTERPLANT ORDERS	7913	VR M\C 15KV 750 MVA, 1200A, INDOOR
MCLD	11302	EXPEDITE FEES ON INTERPLANT ORDERS	7949	VR M\C 13.8KV, 750 MVA, 1200A, 3R, WI

MCLD	11302	EXPEDITE FEES ON INTERPLANT ORDERS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	11305	PEC BUYOUT ITEMS (NET)	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	11930	CANCELLATION CHARGES	7928	VR M\C 13.8KV 500 MVA, 1200A, 3R, NWI
MCLD	11930	CANCELLATION CHARGES	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	11930	CANCELLATION CHARGES	9829	OEM 2-HIGH STRUCTURE 27KV
MCLD	11931	MISCELLANEOUS ITEMS AT LIST PRICE	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	15500	CLASS 4210 CT'S (LC 5101)	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	18063	SPARE PARTS DISCOUNT CP3	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	18079	SPARE PARTS DISCOUNT CP10	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	18225	PLC NTRWK HRDWR & PROWORX SOFTWARE	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	20206	MISC BUSWAY PARTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	20207	MISC BUSWAY PIU PARTS	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	20530	MVMCC,FVNR,800A	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	21090	MVMCC, FVNR, 400A	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	21433	9001 ACCESS FOR K,KX,SK	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	21702	9080 G (NOT GCB)	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS

MCLD	21716	9080 M - DIN RAIL & END CLAMP	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	21974	CRANE SPARES(CP9C)	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	22300	FSD START UP SERVICES	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	23100	INFRA RED WINDOW - SALES & SERVICE	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS
MCLD	23190	ENGINEERING ANALYSIS - SERVICES	9652	METALCLAD SWITCHGEAR SPARE PARTS