



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**COSTEO DE UNA UNIDAD DE
TRANSFERENCIA DE POTENCIA**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Eduardo Sicardo Ricaño

ASESOR(A) DE INFORME

Dr. Wulfrano Gómez Gallardo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

ÍNDICE

I.	Introducción.....	5
II.	Objetivo.....	5
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PUESTO.....		6
1.1	Historia del nacimiento de la empresa.....	6
1.2	Historia de la empresa en México.....	8
1.3	Misión de la empresa.....	10
1.4	Situación actual de la empresa en el mundo.....	10
1.5	Situación actual de la empresa en México.....	15
1.6	Descripción del puesto de analista de costos.....	19
CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DEL DISEÑO Y PROVEEDOR DE LA UNIDAD DE TRANSFERENCIA DE POTENCIA (PTU POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) PARA UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.....		22
2.1	Alternativas de diseño y configuración seleccionada.....	22
2.2	Selección del proveedor encargado de diseñar y manufacturar el PTU.....	25
2.3	Definición de la línea manufactura con base en el diseño del PTU.....	28
2.3.1	Celda No. 1: Maquinado de la carcasa fundida en aluminio.....	29
2.3.2	Celda No. 5: Tratamiento térmico del piñón (elemento que transmite la potencia a la flecha de salida).....	31
2.3.3	Celda No. 12: Línea de ensamble final.....	32
2.4	Cotización inicial del precio pieza del PTU seleccionado.....	33
2.4.1	Materias primas.....	34
2.4.2	Partes compradas.....	35
2.4.3	Costos de mano de obra y de operación de la maquinaria.....	37
2.4.4	Compensaciones adicionales al costo de manufactura.....	38
2.4.5	Ajustes comerciales.....	40
2.5	Cotización inicial de los instrumentales.....	41
CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DEL ESTIMADO DE COSTOS DEL PTU BASADO EN LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MANUFACTURA OBSERVADAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA EMPRESA.....		42
3.1	Verificación y costeo de la librería de materiales y partes compradas (BOM).....	42
3.2	Costeo del proceso de manufactura.....	50
3.2.1	Depreciación.....	52

3.2.2 Consumo de energía.....	53
3.2.3 Costo de piso.....	53
3.2.4 Costos por mantenimiento y reparaciones de maquinaria	55
3.2.5 Costos de materiales indirectos.....	56
3.2.6 Costo del seguro de la maquinaria.....	57
3.2.7 Mano de obra.....	58
3.2.8 Compensaciones adicionales del estimado de costos.....	60
3.3 Sumario del estimado de costos.....	61
3.3 Estimación y auditoría del costo de los herramientas.....	62

CAPÍTULO 4: NEGOCIACIÓN Y REDUCCIÓN DE LA DISCREPANCIA ENTRE EL ESTIMADO DE COSTOS BASADO EN LAS MEJORES PRÁCTICAS OBSERVADAS Y LA COTIZACIÓN..... 66

4.1 Elaboración de la comparativa línea por línea.....	66
4.2 Alineación de los parámetros físicos del proceso de manufactura observado y la cotización.....	68
4.3 Revisión detallada de los costos de operación de maquinaria.....	71
4.4 Negociación de los costos de herramental.....	74

CONCLUSIONES..... 77

Validez de la metodología de costeo basada en la utilización y casos especiales.....	77
Importancia de los parámetros físicos del proceso de manufactura para el correcto costeo de un producto.....	79
La preparación como elemento fundamental de una negociación altamente efectiva.....	80
Resultados finales.....	81

REFERENCIAS..... 83

Agradecimientos:

A mis padres por el esfuerzo y cariño incondicional brindados durante todos estos años con el objetivo de hacer de mi una persona de bien, a mis hermanos por ser compañeros de juegos en la infancia y mis mejores amigos en la adultez, a todos los profesores con los que compartí un aula en algún momento de mi vida por haber compartido conmigo sus valiosos conocimientos, a mis compañeros y amigos de la vida escolar por haber andado juntos un fragmento del camino de nuestra formación, a mis sobrinos Néstor y Alohani por haber traído alegría en momentos complicados, a mi esposa Carmina por haberme brindado su amor, haber salido junto conmigo de las situaciones más difíciles y por haberme otorgado la dicha de ser padre, a mis hijos Ander, Uker y Aitana por ser el motor de mi inspiración y mi motivación a esforzarme más cada día, por ser mis más grandes maestros al enseñarme las cosas más importantes de la vida y por haberme hecho conocer la alegría máxima.

Finalmente un agradecimiento especial al Dr. Wulfrano Gómez por su valioso apoyo y guía en la elaboración del presente trabajo.

I. Introducción

Dentro de las opciones ofrecidas a sus clientes, la empresa considera una variante con tracción en las cuatro ruedas (All Wheel Drive en inglés) para las versiones de más alta gama de sus vehículos. Tal es el caso del catálogo más equipado del vehículo utilitario deportivo (mejor conocido como SUV, por las siglas del inglés Sport Utility Vehicle) modelo 2013 referido en el presente reporte.

El componente del tren motriz que permite contar con la función mencionada es conocido como Unidad de Transferencia de Potencia (llamado también PTU, por las siglas del inglés Power Transfer Unit).

Existe una serie limitada compañías que diseñan y construyen dichas unidades de transferencia de potencia. Una vez identificada el tipo de unidad ideal para el vehículo en cuestión, empieza la labor de trabajar conjuntamente con el proveedor (dueño del diseño) seleccionado en la definición de los específicos técnicos así como también en la revisión comercial del costo por pieza y el costo de los herramentales requeridos para la producción en masa.

Es aquí donde entra la labor del Analista de Estimación de Costos para en conjunto con el representante del Área de Compras de la empresa llevar los costos declarados por el proveedor a un nivel óptimo que permita a ambas compañías mantenerse competitivas dentro del mercado.

II. Objetivo

Determinar los costos de producción basados en las mejores prácticas de manufactura observadas en la región de Norteamérica para una unidad de transferencia de potencia o PTU. Lo anterior mediante la revisión y evaluación detallada del proceso de manufactura diseñado por el fabricante de la unidad, así como también del costo de los sub-ensambles integrados al mismo.

Asegurar que los costos de los herramentales requeridos para la producción estén acordes a los niveles competitivos que se observan en el mercado dentro de la región de manufactura.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y PUESTO

1.1 Historia del nacimiento de la empresa.

En Agosto 5 de 1899 un grupo de patrocinadores aportaron \$15,000 dólares para crear la "Detroit Automobile Company" (DAC). Henry Ford fue considerado un accionista principal sin embargo no aportó nada de dinero, fue nombrado Superintendente Mecánico de la Compañía.

En Noviembre de 1900, la Compañía dejó de hacer negocios y se disolvió formalmente en Febrero 7 de 1901. Solo construyó y vendió veinte vehículos por \$1,000 dólares cada uno y la inversión fue de \$86,000 dólares.

En Octubre 10 de 1901, Ford ganó una carrera de veinticinco millas con un premio de \$1,000 dólares al recorrer la distancia a una velocidad promedio de 45 mph o 72 kph.

Esta victoria puso a Henry Ford en la mira del círculo de la industria automotriz así como de la prensa que solo hablaba de las virtudes del "nuevo auto Ford".

Después del éxito en la carrera, William Murphy (uno de los inversionistas originales de la DAC) decidió darle a Ford una segunda oportunidad. William reunió a algunos inversionistas quienes aportaron un total de \$30,500 dólares en efectivo de una capitalización total de \$60,000 dólares y además otorgaron a Ford un sexto de las acciones. La nueva compañía recibió el nombre de "The Henry Ford Company" y fue abierta en Noviembre 20 de 1901.

Henry Ford gastaba grandes sumas de dinero en prototipos que no se concretaban en producción real. Esto causó una fuerte fricción con los inversionistas así que estos contrataron a Henry M. Leland para ser el Ingeniero en Jefe de la firma.

En marzo de 1902, Ford dejó la firma con los derechos de su nombre, los diseños de sus autos de carrera y \$900 dólares en efectivo. La Compañía se renombró a si misma Cadillac y no solo sobrevivió sino que eventualmente prosperó.

El 25 de Octubre de 1902 Ford, junto con dos nuevos socios, produjeron el auto denominado el 999 que entró a un carrera en Grosse Point, Michigan contra otros tres competidores. Barney Oldfield (Oldsmobile) estaba al volante y ganó la carrera por casi una vuelta completa.

Después de la carrera Ford invitó a uno de sus asociados, Harold Wills, a empezar a trabajar en los planes de producción de un auto de mediano costo enfocado al mercado de las masas basado en un diseño inicial el cual había desarrollado en su anterior compañía "The Henry Ford Company".

El primer prototipo se empezó a construir en el invierno de 1903. Ford y un nuevo inversionista de apellido Malcomson se dieron cuenta de que no tenían alternativa más que vender participaciones de la compañía para poder capitalizarse y empezar así la producción en masa.

Con la contribución de un banquero adinerado (John Gray) quien aportó \$10,500 dólares en efectivo, en Junio de 16 de 1903, nació Ford Motor Company con un soporte en efectivo de \$28,000 dólares y 12 inversionistas. John Gray fue el primer presidente de la empresa.

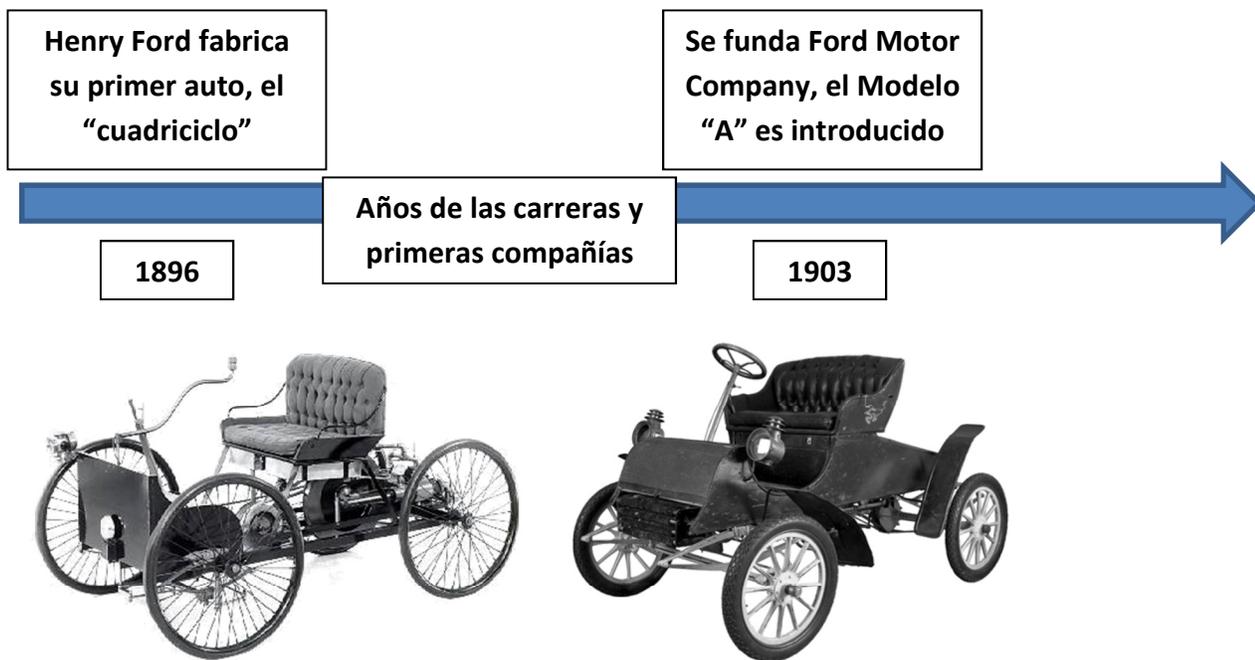


Figura 1.1 Fotografía de cuadriciclo y Ford Modelo "A". Recuperada de la Intranet de Ford de México.

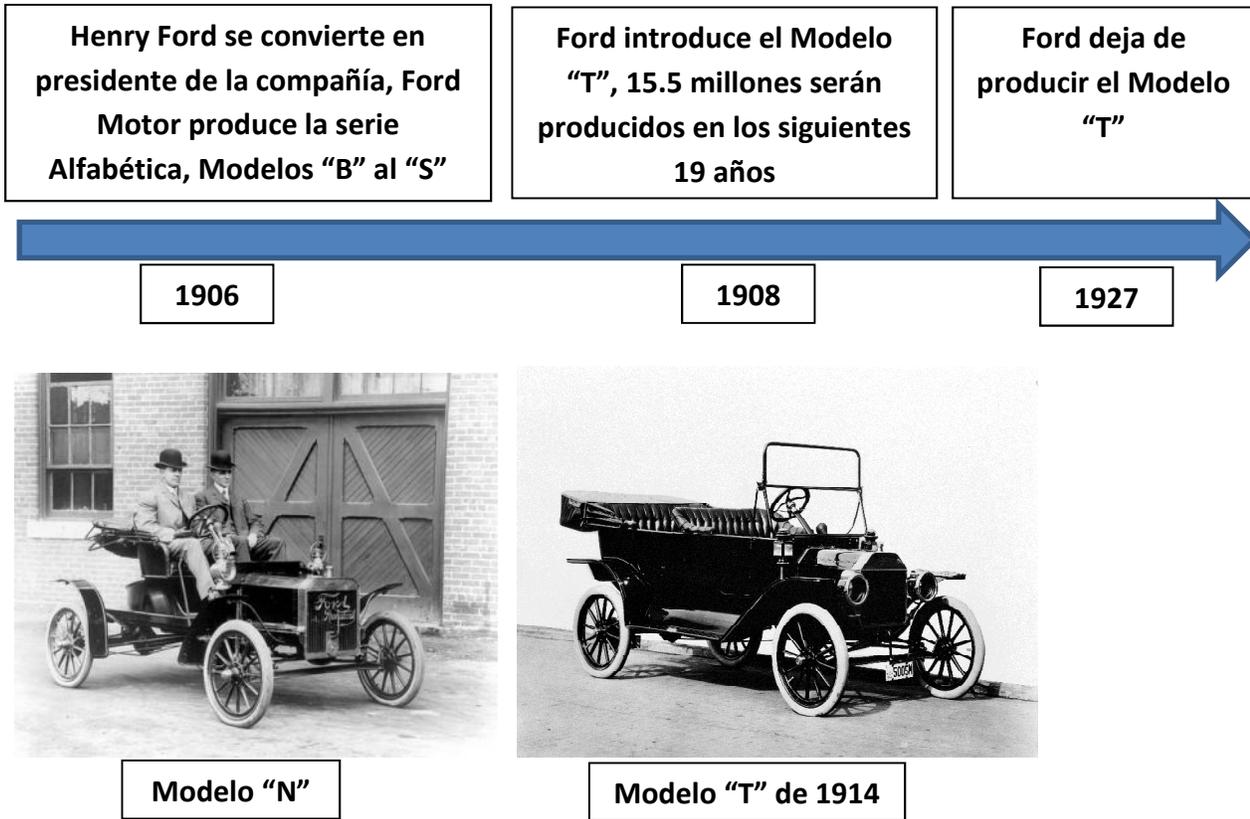


Figura 1.2 Fotografía de Ford Modelo "N" y Ford Modelo "T". Recuperada de la Intranet de Ford de México.

1.2 Historia de la empresa en México.

Los primeros camiones que circularon en México en 1922 fueron de la marca Ford. Con un precio de \$750 pesos se adquiría el esqueleto y el parabrisas, agregando después la carrocería de madera, un tablón sobre el chasis, una banca, cortinas de lona y la banca para pasajeros.

En 1924, un ingeniero de nombre Adrián Lajous convence a Edsel Ford de abrir una planta en la Ciudad de México y al Presidente Plutarco Elías Calles de las ventajas para el país de la inversión de Ford. El 23 de junio de 1925 queda registrada notarialmente la inversión de la empresa "Ford Motor Co S.A."

El 26 de agosto de 1926 se inaugura la planta de montaje y acabado de automóviles, situada en Balbuena en San Lázaro con una capacidad de producción de 25 autos diarios Modelo T. Junto con la inauguración de la planta, se verificó en agosto de 1926 la primera convención de distribuidores Ford en los altos del restaurante Sanborns de Los Azulejos en la calle de Madero.

El 14 de septiembre de 1932 se inaugura la nueva planta automotriz de Ford frente a la calzada de Guadalupe y la recién llamada Avenida Henry.

En el mes de mayo de 1949, el director de Ford Motor Company de México, Fraime B. Rhuberry anunció una inversión de \$14 millones de pesos para incrementar un 50 por ciento la capacidad instalada de la empresa.

A principios de la década de los 50, Ford continuó su desarrollo en México al aumentar el capital social y aprobarse una ampliación de 11,400 metros cuadrados al edificio de la planta de la Villa para refacciones, accesorios y ensamble. El Consejo Nacional de Distribuidores Ford, Lincoln-Mercury fue fundado en el año de 1950 y su primer presidente fue Don Roberto Zapata.

La Secretaría de Hacienda libera la importación de unidades automotrices para ser armadas en México. La producción de vehículos se incrementa un 40% en 1951.

Con el decreto de integración de la industria automotriz (producir con mayor porcentaje de componentes locales), a partir de 1962 se dejaron de ensamblar las líneas de automóviles Lincoln y Mercury. Ford de México, buscaba aprovechar su capacidad instalada y cuidando a su personal, produce el Ford 200, el Galaxie y el Taurus, también introdujo la Econoline. El 4 de noviembre de 1964, el presidente Adolfo López Mateos inauguró el complejo industrial de Cuautitlán con la presencia de Henry Ford II.

El 29 de junio de 1980 Ford de México produce el vehículo 1 millón, un LTD, siendo el último automóvil ensamblado en la planta de La Villa. En 1983 abrió sus puertas la planta de Chihuahua con la presencia del presidente Miguel de la Madrid y Phillip Caldwell, presidente del Consejo de Administración de Ford Motor Company con el objetivo de mejorar su competitividad en los mercados mundiales.

En el año de 1983, la planta industrial de Cuautitlán inicia la producción de un modelo muy apreciado por los consumidores: El Topaz. En 1984 a resultas de la prohibición de incorporar motores de gasolina de 8 cilindros a automóviles destinados al consumo nacional, se dejan de producir el Mustang y Grand Marquis, reemplazándolos por el Thunderbird y Cougar.

En 1986 se inauguró, en la Ciudad de Hermosillo, Sonora, la Planta de Estampado y Ensamble de vehículos de exportación más moderna en su género.

En 1990 se inicia la re-comercialización de productos Lincoln en México después de un nuevo decreto que concluye con la restricción de importar automóviles en 1989.

El 28 de noviembre de 1993 se reanuda la producción de la planta de motores de Chihuahua para producir el nuevo motor Zetec I4.

De 1925 a 2000 Ford Motor Company de México ha producido 4.5 millones de vehículos y 5.5 millones de motores.

Respondiendo a la modernidad, en 2003 el corporativo de Ford de México se traslada a Santa Fe, donde albergó a más de mil empleados de Ford, Ford Credit, Lincoln, Mercury, Land Rover, Jaguar y Mazda hasta que la crisis del 2008 llevó a Ford a venderá estas empresas excepto Lincoln y Mercury desapareciendo esta última en el año 2010.

En 2003 se inician las obras de ampliación en la Planta de Hermosillo y la construcción de un parque industrial con una inversión de más de \$1,200 millones de dólares. A mediados de 2005 se ensamblará y comercializará en dicha planta el nuevo Fusion, un sedán de tamaño mediano, el Lincoln Zephyr y el Mercury Milan.

1.3 Misión de la empresa

Contar con equipo que trabaje junto como una empresa esbelta y a la vez global para hacer la vida de las personas mejor a través del liderazgo en el área automotriz y de soluciones de movilidad, midiéndose por medio de la satisfacción de sus clientes, empleados, distribuidores, inversionistas, proveedores, sindicatos y de la comunidad en general.

1.4 Situación actual de la empresa en el mundo

Ford Motor Company es en la actualidad el segundo productor de autos más grande en Estados Unidos, el mayor mercado del mundo con un volumen anual de casi 11 millones de vehículos, solo por detrás de General Motors. Sin embargo con sus 114 años de historia Ford de pronto se encuentra ante la situación de valer menos que su competidor Tesla con tan sólo 14 años de existencia. Las acciones de la compañía han caído 40% desde 2014 a Abril de 2017. Ante el nerviosismo de los inversionistas la Mesa Directiva tomó la decisión de separar del cargo al anterior Presidente de la Compañía, Mark Fields, y nombró en su lugar a Jim Hackett. La visión de Hackett consiste en hacer que Ford Motor Company sea un jugador clave en la construcción del

futuro de la transportación mundial, esto en un tiempo donde existen compañías más jóvenes y ágiles buscando lograr lo mismo. Hackett considera que el diseño será el diferenciador clave en esta carrera.

Se viven tiempos de cambios sin precedentes en la industria de la transportación. Los automóviles personales dominaron por décadas pero hoy en día la gente compra menos vehículos nuevos. Los viajes colectivos se han convertido en una industria de billones de dólares, este auge ha sido fomentado en gran medida por compañías agresivas como Uber y Lyft. Los autos autónomos están asomándose en el horizonte y las armadoras tradicionales así como las compañías de alta tecnología se apresuran todas para ser las primeras en esta nueva senda.

Pero volviendo al tema tradicional de la venta de autos nuevos, Ford es un sólido jugador al reportar ventas globales totales por \$39.1 billones de dólares en el primer cuarto de 2017, lo cual representa un incremento de 4% con respecto al mismo periodo de 2016.

Sin embargo a pesar de la mejora en ventas totales Ford también reportó ganancias menores con respecto a las obtenidas en el primer cuarto de 2016. Las ganancias (antes de impuestos) en el primer cuarto de 2017 fueron de \$2.2 billones de dólares, \$1.6 billones menos que las obtenidas en los primeros 3 meses de 2016. Algunas de las principales variables responsables por esta reducción son el incremento en los costos de producción, condiciones desfavorables en los tipos de cambio, mayores costos de garantía, las inversiones realizadas para el desarrollo de nuevos productos así como los precios a la alza de las materias primas.

El precio promedio de las transacciones de Ford (venta de unidades) en los Estados Unidos se incrementó en \$1,971 dólares año contra año, esto es casi 4 veces más que el promedio de la industria el cual se incrementó en \$506 dólares. Los principales vehículos impulsores de este incremento en el precio promedio de venta de los autos Ford fueron la F-150 y los vehículos Lincoln.

Norteamérica sigue siendo por mucho la región que reporta mayores ventas y ganancias para la compañía globalmente, seguida de Europa y Asia Pacífico.

La división de servicios financieros de Ford, "Ford Credit", reportó ganancias globales antes de impuestos por \$481 millones de dólares.

Para el año completo de 2017 Ford espera tener ganancias globales antes de impuestos por \$9 billones de dólares, así mismo, espera lograr eficiencias de costo por hasta \$3 billones dólares.

A continuación se detalla el desempeño de la compañía en base a los principales indicadores en cada una de las regiones mundiales donde opera.

Norteamérica:

- Mayores ingresos debido a la mezcla de vehículos vendidos (se han vendido más vehículos de los modelos que poseen mejor margen), las ventas totales han disminuido con respecto al año pasado debido a la reducción de la participación en el mercado y la reducción del inventario de los distribuidores.
- La reducción en la participación en el mercado se debió a las menores ventas de flotillas, sin embargo las ventas directas a los consumidores regulares se incrementaron principalmente debido al alza en las ventas de las pick ups, los deportivos utilitarios y la marca Lincoln.
- Para el 2017 se espera que el margen operativo y las ganancias se mantengan fuertes pero menores a las de 2016 debido al incremento en el costo de las materias primas así como al incremento en la inversión en oportunidades emergentes lo cual será parcialmente contrarrestado por eficiencias en las demás categorías de los costos operativos.

	<u>Ventas Totales</u> (miles de unidades)	<u>Ingresos</u> (Billones de dólares)	<u>Participación del mercado</u> (%)	<u>Margen Operativo</u> (%)	<u>Resultados antes de impuestos</u> (Billones de dólares)
1Q 2017	771	\$24.0	14.1%	8.3%	\$2.0
Mejor / (Peor) que 2016	(43)	\$0.1	(0.5)pts	(4.6)pts	(\$1.1)

Tabla 1.1 Principales indicadores de desempeño de ventas de Ford Motor Company durante el primer trimestre de 2017 en Norteamérica. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Sudamérica:

- Todos los métricos claves mejoraron por segundo trimestre consecutivo.
- Las ventas totales (unidades) subieron 11%, los ingresos subieron 29%.

- La participación del mercado mejoró gracias al desempeño del “Ka” y la “Ranger”.
- Para el 2017 se espera que el nivel de pérdida en la región siga disminuyendo como resultado de la mejoría en la economía.

	<u>Ventas Totales</u> (miles de unidades)	<u>Ingresos</u> (Billones de dólares)	<u>Participación del mercado</u> (%)	<u>Margen Operativo</u> (%)	<u>Resultados antes de impuestos</u> (Millones de dólares)
1Q 2017	70	\$1.1	9.0%	-22.5%	(\$224.0)
Mejor / (Peor) que 2016	7	\$0.3	0.6pts	7.9pts	\$12.0

Tabla 1.2 Principales indicadores de desempeño de ventas de Ford Motor Company durante el primer trimestre de 2017 en Sudamérica. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Europa:

- La región tuvo un crecimiento de doble dígito y continua rentabilidad en el primer trimestre del año.
- Incremento en la participación del mercado gracias al desempeño del “Kuga” y los vehículos comerciales.
- Para 2017 se espera que el negocio en la región se mantenga rentable aunque por debajo de los niveles de 2016 debido a una libra esterlina más débil, altos costos relacionados a los lanzamientos del nuevo “Fiesta” y la “EcoSport”, así como la inversión constante con miras al futuro.

	<u>Ventas Totales</u> (miles de unidades)	<u>Ingresos</u> (Billones de dólares)	<u>Participación del mercado</u> (%)	<u>Margen Operativo</u> (%)	<u>Resultados antes de impuestos</u> (Millones de dólares)
1Q 2017	449	\$7.6	8.1%	2.3%	\$176.0
Mejor / (Peor) que 2016	50	\$0.7	0.2pts	(4.0)pts	(\$258.0)

Tabla 1.3 Principales indicadores de desempeño de ventas de Ford Motor Company durante el primer trimestre de 2017 en Europa. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Medio Oriente y África:

- Los indicadores clave estuvieron influenciados por cambios desfavorables de inventario en los distribuidores, menor participación del mercado y contracción de la industria en la región.
- Para 2017 se espera que los resultados en la región mejoren con respecto a 2016 debido a reducciones en los costos operativos así como un tipo de cambio más favorable lo cual será parcialmente contrarrestado de manera negativa por un volumen de ventas más bajo.

	<u>Ventas Totales</u> (miles de unidades)	<u>Ingresos</u> (Billones de dólares)	<u>Participación del mercado</u> (%)	<u>Margen Operativo</u> (%)	<u>Resultados antes de impuestos</u> (Millones de dólares)
1Q 2017	30	\$0.6	3.8%	-12.4%	(\$80.0)
Mejor / (Peor) que 2016	(16)	(\$0.3)	(0.8)pts	(10.9)pts	(\$66.0)

Tabla 1.4 Principales indicadores de desempeño de ventas de Ford Motor Company durante el primer trimestre de 2017 en Norteamérica. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Asia pacífico:

- Los resultados en China fueron preponderantes en la variación año contra año de los métricos claves en la región excepto en los ingresos totales, se obtuvieron volúmenes de venta menores debido a que las ventas se concentraron en el último cuarto del año pasado dado que los incentivos fiscales otorgados por el gobierno Chino para la compra de autos expiraban al final del mismo.
- Los resultados en todos los principales mercados de la región exceptuando China mejoraron.
- Para el resto del 2017 se espera que las ganancias en la región mejoren con respecto al 2016 debido a un mayor volumen de ventas. El precio neto será menor debido a la reducción de los precios de la industria en China, así mismo se espera un tipo de cambio desfavorable debido a un Yuan Chino más débil.

	<u>Ventas Totales</u> (miles de unidades)	<u>Ingresos</u> (Billones de dólares)	<u>Participación del mercado</u> (%)	<u>Margen Operativo</u> (%)	<u>Resultados antes de impuestos</u> (Millones de dólares)
1Q 2017	383	\$3.2	3.4%	3.9%	\$124.0
Mejor / (Peor) que 2016	(15)	\$0.5	(0.4)pts	(4.3)pts	(\$96.0)

Tabla 1.5 Principales indicadores de desempeño de ventas de Ford Motor Company durante el primer trimestre de 2017 en Asia pacífico. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Si bien es cierto los resultados mostrados representan una reducción en las ganancias de la empresa en prácticamente todas las regiones (exceptuando Sudamérica), estos han sido anticipados por la compañía en sus proyecciones y las razones de los mismos se han identificado plenamente siendo las principales: contracción de la industria en algunas regiones, variaciones desfavorables en los tipos de cambio y alza en el costo de las materias primas.

Ford Motor Company al igual que el resto de las armadoras se enfrenta a un entorno de cambios acelerados así como de incertidumbre del futuro próximo y ante ello ha apostado por desarrollar un catálogo de productos y servicios que se reinventa continuamente para así adaptarse de manera rápida y efectiva a los vaivenes del mercado.

1.5 Situación actual de la empresa en México

Ford enfrenta una situación complicada en México con solo un 5.4% de participación del mercado contra el 12% del año 2006.

Además de la baja participación del mercado, las noticias alrededor de la empresa en México durante la primera mitad del 2017 como la cancelación del proyecto de una nueva planta en San Luis Potosí, con una supuesta influencia del actual Presidente de los Estados Unidos, Donald Trump, han creado una fuerte presión sobre la imagen de la marca en tierras mexicanas.

Posteriormente se había anunciado que se movería la producción del que alguna vez fuera el auto más vendido del mundo, el Focus, de la planta de Wayne en Estados Unidos a la planta de Ensamble de Hermosillo en México. Sin embargo el nuevo presidente de la compañía, Jim Hackett, anunció en junio del 2017 que este proyecto también fue cancelado pues el volumen de Focus que se trasladaría a Hermosillo será enviado finalmente a una planta en China.

VENTA AL PUBLICO

JUNIO y acumulado, 2017 vs 2016

GRUPO	Subgrupo	JUNIO 2017			JUNIO 2016		ENERO - JUNIO		
		Autos	Camiones ligeros	Total	Total	Var. %	2017	2016	Var. %
ACURA		77	100	177	182	-2.7	1,022	925	10.5
BMW		1,465	0	1,465	1,405	4.3	7,867	6,720	17.1
FCA MÉXICO		3,949	4,061	8,010	8,279	-3.2	48,424	46,591	3.9
FORD MOTOR		3,014	3,648	6,662	7,779	-14.4	40,113	43,702	-8.2
GENERAL MOTORS		15,752	5,510	21,262	29,153	-27.1	123,250	134,570	-8.4
HONDA		3,014	4,180	7,194	6,769	6.3	43,727	40,154	8.9
HYUNDAI		1,452	2,251	3,703	3,082	20.1	20,561	16,768	22.6
INFINITI		72	94	166	190	-12.6	988	1,016	-2.8
ISUZU		0	108	108	160	-32.5	646	572	12.9
JAGUAR		14	0	14	13	7.7	87	122	-28.7
KIA		4,941	2,489	7,430	5,216	42.4	41,055	23,496	74.7
LAND ROVER		0	35	35	66	-47.0	213	491	-56.6
LINCOLN		11	77	88	187	-52.9	728	1,121	-35.1
MAZDA		1,852	2,589	4,441	3,972	11.8	25,117	25,300	-0.7
MERCEDES BENZ*		1,419	0	1,419	928	52.9	8,426	6,174	36.5
MINI		530	0	530	455	16.5	2,870	2,707	6.0
NISSAN		20,570	10,311	30,881	33,484	-7.8	183,565	180,937	1.5
PEUGEOT		316	488	804	680	18.2	4,158	3,767	10.4
RENAULT		1,142	1,247	2,389	2,635	-9.3	13,515	13,842	-2.4
SMART		92	0	92	33	178.8	515	267	92.9
SUBARU		52	67	119	75	58.7	609	632	-3.6
SUZUKI		1,158	555	1,713	1,164	47.2	7,765	7,033	10.4
TOYOTA		4,089	3,761	7,850	7,824	0.3	51,313	45,930	11.7
VOLKSWAGEN		18,304	2,448	20,752	20,651	0.5	115,898	118,314	-2.0
	AUDI	1,379	0	1,379	1,325	4.1	6,980	7,379	-5.4
	PORSCHE	124	0	124	122	1.6	718	677	6.1
	SEAT	1,862	165	2,027	2,011	0.8	12,931	12,158	6.4
	VOLKSWAGEN	14,939	2,283	17,222	17,193	0.2	95,269	98,100	-2.9
VOLVO		39	67	106	154	-31.2	619	705	-12.2

JUNIO 2017	83,324	44,086	127,410	134,536	-5.3	743,051	721,856	2.9
JUNIO 2016	90,995	43,541	134,536					
Variación %	-8.4%	1.3%	-5.3%					
Diferencia	-7,671	545	-7,126					

Ene - Jun 2017	484,402	258,649	743,051					
Ene - Jun 2016	474,217	247,638	721,856					
Variación %	2.1%	4.4%	2.9%					
Diferencia	10,185	11,011	21,195					

N.D. No Disponible

N.C. No Calculable

* A partir de noviembre de 2012 Mercedes Benz no proporciona información de camiones ligeros.

Tabla 1.6 Reporte de venta de vehículos al público general en México, comparativo 2016 vs. 2017 del mes de Junio y total acumulado. Recuperada el 7 de Julio de 2017, de <http://www.amia.com.mx/descargarb.html>

Sin duda alguna este par de decisiones han jugado en contra de la empresa en México durante los primeros meses del 2017, sin embargo a continuación se detallan algunas de las razones que jugaron un papel primordial en la toma de las mismas:

- En enero de 2017 el entonces Presidente de la Compañía, Mark Fields, aclaró a los medios de comunicación que la decisión de cancelar el proyecto de una nueva planta de ensamble en el estado mexicano de San Luis Potosí por una inversión total de \$1.6 billones de dólares obedeció más al análisis del mercado presente y futuro que al discurso nacionalista del entonces Presidente Electo de los Estados Unidos de América, Donald Trump.
- Ford observó que el mercado internacional, dominado por Estados Unidos, no está generando la demanda suficiente en vehículos compactos, como el que se construiría en la planta de San Luis Potosí, por lo que la decisión consistió en utilizar capacidad ya instalada para producir dicho vehículo.
- Así mismo la decisión de la empresa, anunciada conjuntamente con la cancelación del proyecto en San Luis, en invertir \$700 millones de dólares en su planta de Flat Rock en Estados Unidos obedece al requerimiento que tiene la compañía de invertir en las nuevas tecnologías que dominarán la industria automotriz en los años por venir como son los autos eléctricos autónomos.
- Este nuevo campo en la manufactura de automóviles requerirá una mayor preparación en los operarios que fabricarán esta nueva generación de vehículos. Entre las habilidades que se demandarán están el dominio de herramientas computacionales de avanzada y grados técnicos especializados que están por encima del certificado de preparatoria terminada requerido para la mayoría de las posiciones en la línea de ensamble de hoy en día.
- Las nuevas líneas de ensamble contarán cada vez con mayor automatización dejando lugar a menos empleos los cuales serán para los trabajadores mejor capacitados quienes contarán con una paga sustancialmente mayor al promedio de hoy en día.

- Los ingenieros de Ford encargados de desarrollar estos nuevos esquemas de producción trabajan en la ciudad de Dearborn, Michigan a unos 30 kilómetros de la planta de ensamble de Flat Rock por lo que de haber movido la producción inicial a México hubiera resultado en complicaciones adicionales. Es importante mantener el lanzamiento de estas nuevas tecnologías cerca del centro de desarrollo de las mismas al menos en la primera generación, pues esto facilita el monitoreo del sistema en su totalidad.

Así pues al menos al día de hoy la plataforma manufacturera de México, sigue siendo esencialmente una región de bajo costo de producción, con suficiente mano de obra calificada para los esquemas tradicionales, pero aún falta camino por recorrer para convertirse en un lugar de alta innovación tecnológica así como de desarrollo de nuevos productos.

Hablando de la decisión de mover la producción de la siguiente generación del Focus Norteamérica de México a China, una vez más la caída de los volúmenes de ventas de autos compactos como el Focus jugó un papel preponderante en la decisión de mover la producción del mismo a la capacidad ya instalada en el país asiático. La inversión inicial para producir el volumen adicional para Norteamérica será considerablemente menor de la que se hubiera requerido para adecuar la planta de Hermosillo en México.

Si bien es cierto que esta nueva decisión de la empresa afecta los empleos manufactureros que estaban destinados a nuestro país existen otros datos, menos conocidos por los medios, que hablan del constante desarrollo y transferencia de empleos de mayor nivel por parte de Ford a México:

- El equipo de Ingeniería de Desarrollo del Producto ha crecido de aproximadamente 200 posiciones en 2006 a alrededor de 1,400 en 2017.
- La organización de Estimación de Costos pasó de 8 puestos en 2006 a cerca de 70 en 2017.
- Departamentos como Compras de Material Productivo y Asistencia Técnica a Proveedores (STA por sus siglas en inglés) han experimentado crecimientos similares al de Estimación de costos en los últimos años.

En conclusión podemos decir que Ford al igual que cualquier otra organización con fines de lucro está moviendo sus piezas de acuerdo a la estrategia que

considera le hará más rentable en el mercado no solo de Norteamérica sino Global por lo que las decisiones que han impactado los proyectos que estaban planeados para nuestro país tienen que ser analizados de una manera objetiva procurando tener una visión global e informada de lo que representa la industria automotriz a nivel no solo regional sino mundial.

1.6 Descripción del puesto de analista de costos

La posición de analista de costos dentro de Ford de México requiere de una formación en alguna de las diferentes áreas de la Ingeniería incluyendo la química.

El aspirante a ocupar la posición debe de contar de manera ideal con las siguientes credenciales:

- Profundo entendimiento de especificaciones de diversos materiales como aleaciones ferrosas y no ferrosas, resinas plásticas, materiales textiles, etc.
- Deseable contar con experiencia de al menos tres años en procesos de manufactura tales como:
 - Moldeo de Partes: inyección de plástico, moldeo por soplado, extrusión de plástico y/o hule, termo-formado, laminado, vertido de espuma, etc.
 - Formado y/o corte metal-mecánico: forja, rolado, extrusión de metales, fundición a presión, doblado, estampado, electro-formado, hidro-formado, maquinado CNC, fresado, torneado, sinterizado, etc.
 - Procesos de unión: soldadura ultrasónica, por vibración, arco eléctrico, resistencia, inducción, laser, acoplamientos a presión, etc.
 - Pruebas de calidad: prueba de fugas, inspección dimensional y/o visual, pruebas eléctricas, etc.

- Acabos superficiales y/o tratamientos térmicos: zincado, galvanizado, pintura, electro-recubrimientos, cromado, etc.
 - Ensamblajes: Procesos de ensamble manuales, semi-automáticos o totalmente automatizados.
- Capacidad para entender e interpretar dibujos técnicos en dos dimensiones y modelos en tres dimensiones de componentes automotrices.

Las principales actividades y/o responsabilidades soportadas son:

- Desarrollar estimados de costos basados en las mejores prácticas observadas tanto del precio pieza como de herramientas para vehículos en fase de desarrollo como también para vehículos de producción corriente. Lo anterior para los ensambles y/o subcomponentes comprados por la empresa a la base de proveedores de los sistemas de tren motriz, chasis, interiores, exteriores así como el sistema eléctrico.
- Desarrollar análisis de varianzas entre los estimados de costos basados en las mejores prácticas observadas y las cotizaciones de los proveedores. Utilizar dichos análisis para soportar negociaciones con los proveedores apoyando al Departamento de Compras con el fin de que los precios acordados para los ensambles y/o subcomponentes que integran los vehículos próximos a lanzarse sean competitivos y justos para ambas partes monitoreando la evolución de los mismos en cada una de las etapas clave del desarrollo de dichos vehículos.
- Identificar oportunidades de reducción de costos en los ensambles y/o subcomponentes de vehículos de producción corriente. Comunicar estas oportunidades a los departamentos de Ingeniería del Producto y Compras. Soportar las revisiones técnicas para establecer la viabilidad de implementación de las ideas de reducción así como las discusiones comerciales con proveedores.
- Soportar análisis de competitividad del diseño a través del desarrollo de estimados de costos para componentes seleccionados de los vehículos Ford y sus competidores en cada uno de los segmentos (sedanes, camionetas, pick ups, etc.). Elaborar comparativos de costo entre los

diseños de Ford y el de sus competidores y comunicar las áreas de oportunidad así como las áreas donde Ford es más competitivo al departamento de Ingeniería del Producto.

Lo anterior representa una visión simplificada de las actividades que realiza el analista de costos pues además de estas actividades base también lleva a cabo una serie de análisis especiales para calcular y/o evaluar costos de mano de obra y/o maquinaria en una región determinada, estimación de costos asociados a cambios de ingeniería, elaboración y presentación de reportes de tipo financiero para sintetizar la situación comercial de un producto determinado en una región y en un punto del tiempo específicos, entrenamiento a otros departamentos acerca de las herramientas utilizadas para evaluar los costos así como los documentos que estas generan, además de soportar estudios de manufactura esbelta así como análisis de capacidad de producción, etc.

Para poder cumplir con los requerimientos de la posición además de la formación ingenieril el analista de costos debe tener buenas habilidades de comunicación, una actitud proactiva, capacidad de solución de problemas, habilidad para el trabajo en equipo, amplia capacidad analítica y buen uso de herramientas computacionales como Excel avanzado, visualizadores de piezas mecánicas en tres dimensiones, bases de datos, etc.

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DEL DISEÑO Y PROVEEDOR DE LA UNIDAD DE TRANSFERENCIA DE POTENCIA (PTU) PARA UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.

2.1 Alternativas de diseño y configuración seleccionada

La Unidad de Transferencia de Potencia es básicamente una caja de engranes que se monta en un vehículo de tracción delantera para así obtener tracción en las cuatro ruedas.

Arquitectura de tren motriz con tracción en las cuatro ruedas

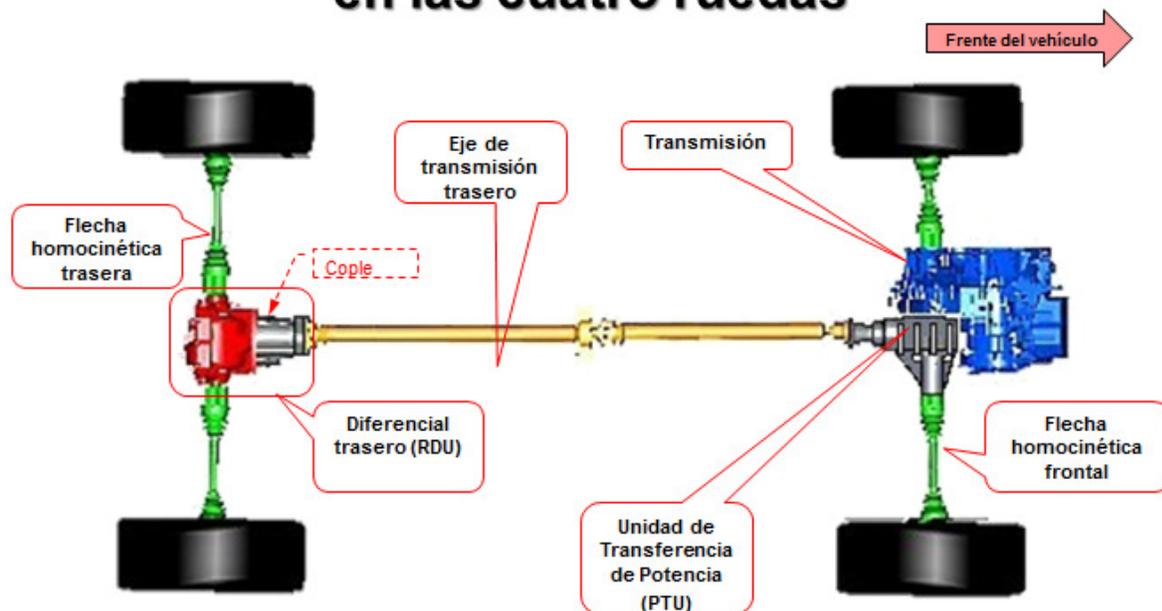


Figura 2.1 Esquema de la configuración del tren motriz de un vehículo con tracción en las cuatro ruedas. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Son dos las configuraciones de uso más extendido de PTU de acuerdo al número de pasos en el mecanismo de engrane: el PTU de 3 ejes y el de eje único.

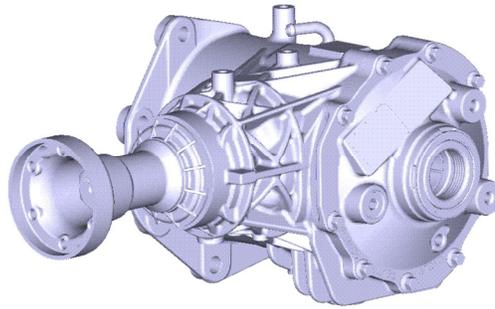


Figura 2.2 PTU de eje único sin mecanismo de desconexión. Recuperada de la Intranet de Ford de México.



Figura 2.3 PTU de tres ejes. Recuperada el 14 de Julio de 2017, de <http://www.linamar.com/sites/all/themes/shoot/assets/images/powertrain2-tab.png>

Dentro de las dos configuraciones básicas existen variantes adicionales como son: PTU de bajo o alto torque, con tecnología de desconexión (básicamente en los modelos de eje único) o sin desconexión.

Cada una de las configuraciones mencionadas cuenta con una serie específica de ventajas y desventajas como se resume en la Tabla 2.1 mostrada a continuación.

	PTU de 3 ejes	PTU de eje único
Característica Principal	Múltiples pasos de engranes helicoidales antes del engrane hipoide de salida	Un solo set de engranes helicoidales antes del engrane hipoide de salida
Ventajas	Mayor flexibilidad en la relación de transferencia de potencia	Eficiencia mejorada entre 2 y 3%. Costo \$100 dólares menor al PTU de 3 ejes en promedio. Mejor rendimiento de combustible
Desventajas	Eficiencia menor al 90% en la transferencia de potencia	Poca flexibilidad en la relación de transferencia de potencia
PTU de alto y bajo torque (opciones disponibles en PTU´s de 3 ejes y eje único)		
Aplicaciones	El PTU de alto torque se utiliza en vehículos deportivos utilitarios de gran tamaño, autos de la plataforma "CD" y "D". El de bajo torque en vehículos deportivos utilitarios de tamaño mediano y pequeño, autos de la plataforma "C" y "B"	
	PTU de 3 ejes con mecanismo de desconexión	PTU de eje único con mecanismo de desconexión
Característica Principal	No hay datos disponibles	Cuenta con mecanismo de conexión y desconexión permitiendo la opción de activar o desactivar la función de tracción en las cuatro ruedas.
Ventajas	No hay datos disponibles	Mejora considerablemente el rendimiento de combustible acercándose al nivel de un auto de tracción delantera.
Desventajas	No hay datos disponibles	El mecanismo de conexión y desconexión eleva el costo del PTU aproximadamente en \$50 dólares

Tabla 2.1 Cuadro resumen de ventajas y desventajas de las diferentes configuraciones de PTU



Figura 2.4 Fotografía de PTU de eje único con mecanismo de desconexión. Recuperada el 14 de Julio de 2017, de [http://www.gkngroup.com/frankfurt/technology-and-solutions/state-of-the-art/Pages/Power-Transfer-Unit-\(PTU\).aspx](http://www.gkngroup.com/frankfurt/technology-and-solutions/state-of-the-art/Pages/Power-Transfer-Unit-(PTU).aspx)

Con base a las características del vehículo en cuestión, un deportivo utilitario de tamaño mediano, la alternativa de diseño seleccionada fue el PTU de eje único de bajo torque sin mecanismo de desconexión (la tecnología de desconexión estará disponible a partir de los modelos 2019) dado la simplicidad del diseño con la consecuente disminución en el número de componentes asociados, reducción de peso y costo bajos, así como la mejora en el rendimiento de combustible.

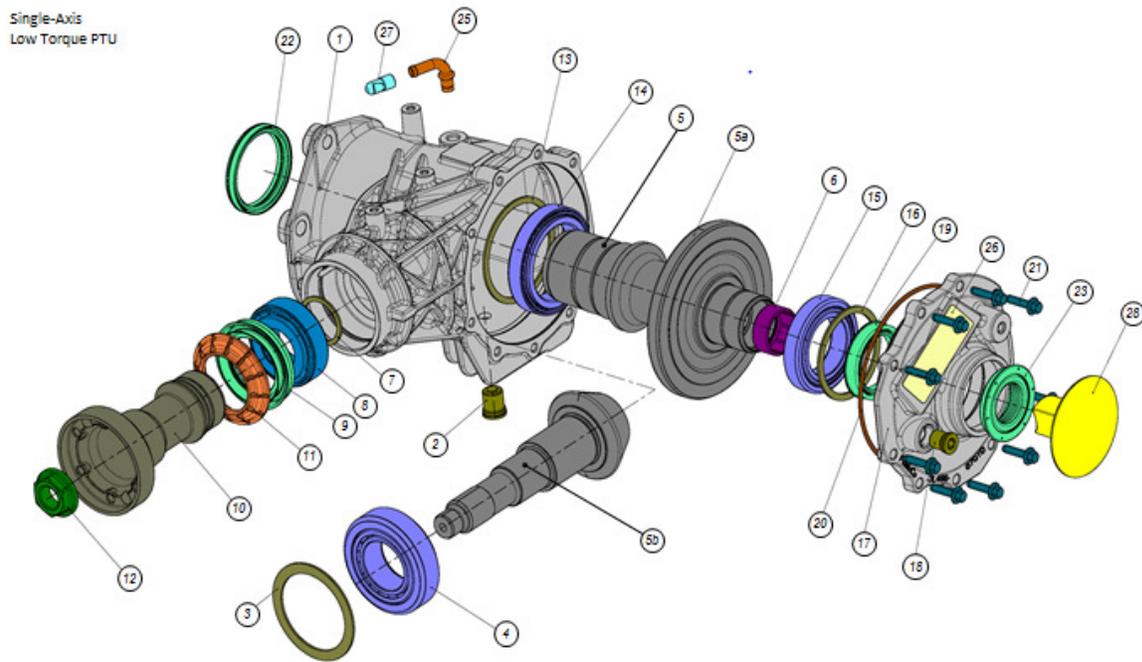


Figura 2.5 Vista explotada del PTU de eje único y bajo torque sin mecanismo de desconexión. Recuperada de la Intranet de Ford de México

2.2 Selección del proveedor encargado de diseñar y manufacturar el PTU

Al día de hoy existen básicamente tres proveedores de PTU's para Ford Motor Company, uno de ellos, el proveedor "A" tiene producción de PTU's únicamente en Norteamérica con su planta en el norte de México mientras que el proveedor "B" y el proveedor "C" tienen producción de PTU's tanto en Norteamérica como en Asia-Pacífico.

El proveedor "A" es una empresa de capital canadiense con presencia global pero que solo cuenta con una planta de PTU's en el norte de México siendo evidente que el desarrollo de este producto no es su prioridad número uno al contar con divisiones tan diversas como la energética, grúas para todo tipo de aplicaciones, transportación y logística, agricultura y finalmente la división automotriz. Esta compañía no se ha caracterizado por proveer los avances tecnológicos más innovadores en cuanto a componentes del tren motriz automotriz se refiere. Es el encargado de proveer a Ford Motor Company los PTU's más robustos con tecnología de generación anterior para aplicaciones como camionetas deportivas utilitarias de gran tamaño.

El proveedor "B" es una empresa de capital estadounidense con presencia global y que cuenta con divisiones en fundición de aluminio, tren motriz y formado de metales como forja, maquinado, tratamientos térmicos, etc. Esta compañía posee desarrollos importantes en el área de las unidades de transferencia de potencia con tecnología de desconexión la cual mejora el rendimiento de combustible.

Ford Motor Company ha hecho negocios con esta empresa sobre todo en el mercado asiático y potencialmente empezará a hacerlo en el mercado de Norteamérica en el corto plazo.

Finalmente el proveedor "C" cuenta con tres divisiones de ingeniería avanzada: la división aeroespacial, la de tren motriz para la industria automotriz y la división de metalurgia de sinterizados. Esta compañía se ha caracterizado a lo largo de su historia por apostar a estar siempre a la vanguardia en el desarrollo de nuevas tecnologías, fue una de las pioneras en el desarrollo del PTU de eje único el cual resulta más ligero, barato y eficiente que el tradicional PTU de múltiples ejes. Así mismo es una de las más avanzadas en el desarrollo de la tecnología desconexión de los componentes de tren motriz, la cual mejora el rendimiento de combustible de los vehículos con tracción en las cuatro ruedas.

Además de lo anterior este proveedor también es pionero en el desarrollo de nuevas tecnologías para aplicaciones en autos eléctricos y/o híbridos, como el multi-eje eléctrico, el cual transforma la energía de salida del motor eléctrico en alta velocidad a un torque alto entregado a las ruedas del auto. Este tipo de tecnología es muy importante para las empresas armadoras que quieren

ofrecer a sus clientes alternativas realmente eficientes en la transmisión de potencia para vehículos con tracción en las cuatro ruedas híbridos o puramente eléctricos.

Un ejemplo específico de lo anterior es el eje para auto eléctrico de dos velocidades, el cual ofrece al auto potencia eléctrica a través de todo el rango de velocidades. El hecho de proveer al motor eléctrico de una relación de engranes adicional mejora la aceleración y el rango de potencia puramente eléctrica, beneficiando tanto al desempeño como al nivel de emisiones de CO2. Este sistema ganador de varios premios permite que el diseño del motor y sus sistemas periféricos sea más compacto, reduciendo así la masa y por lo tanto mejorando aún más la eficiencia del vehículo.



Figura 2.6 Fotografía del eje de dos velocidades para auto eléctrico.
Recuperada el 16 de Julio de 20147, de <http://www.gkn.com/en/our-divisions/gkn-driveline/our-solutions/electric-drivelines/edrive-solutions/>

Los avances en tecnologías de mejora en la eficiencia de la transmisión de potencia del tren motriz así como la confiabilidad de sus productos fueron razones de peso en la decisión de otorgar el negocio del diseño y manufactura del PTU para el vehículo deportivo utilitario en cuestión al proveedor "C".

2.3 Definición de la línea de manufactura con base al diseño del PTU

Hasta aquí el contenido presentado ha tenido la intención de proveer los antecedentes que nos llevan al caso analizado en este proyecto el cual fue el costeo de la unidad de transferencia de potencia vendida por el proveedor "C" a Ford Motor Company.

El trabajo del analista de costos consiste en entender el diseño del componente en cuestión y como este determina a su vez el diseño de la línea de manufactura donde será producido. Es responsabilidad de este profesional el asistir a la locación de producción e identificar variables críticas del proceso de manufactura, como lo son tiempos ciclos, cantidad de operadores "justificables" en cada una de las áreas, tipo y capacidad de producción de cada una de las máquinas utilizadas, niveles de eficiencia, espacio aproximado de planta utilizado, "takt time" (tiempo ciclo máximo permisible de acuerdo al volumen a producir y al patrón de producción: número de turnos por día / horas trabajadas por turno / días trabajados por semana), etc.

El proveedor produciría el PTU del caso de estudio en una planta en Estados Unidos en el estado de Carolina del Norte. Un componente del nivel de complejidad del PTU ocupa diferentes áreas de procesamiento y una línea final de ensamble con un gran número de estaciones (alrededor de 70 operaciones diferentes en total) lo cual nos lleva a una primer conclusión dado la localidad de producción: se requiere un alto grado de automatización para ahorrar costos de mano de obra. La mano de obra en un país de primer mundo como Estados Unidos es aproximadamente seis veces más cara que la mano de obra en México en términos promedio.

Otra variable importante en el diseño de cualquier línea de producción es la capacidad o volumen de unidades anuales requeridas, para nuestro caso se requiere producir 150,000 PTU's al año. Esta variable determinará el tiempo ciclo máximo de la línea así como el esquema de producción (número de turnos al día, horas por turno y días de trabajo a la semana) además de ser un factor crítico en la definición del número y capacidad de las máquinas que se utilizarán para la producción.

Con base a lo anterior el proveedor definió la configuración o "layout" de cada una de las celdas de producción. A continuación se describen tres de estas celdas para ejemplificar cuales son las variables clave que el analista de estimación de costos tiene que tomar en cuenta para realizar un estimado de

costos (algunos datos fueron modificados para conservar la confidencialidad de la información del proceso de manufactura del proveedor).

2.3.1. Celda No.1: Maquinado de la carcasa fundida en aluminio

La carcasa del PTU se compra a un tercero el cual realiza la fundición en aluminio, ya en la planta de nuestro proveedor la carcasa es maquinada para obtener las superficies y geometrías exactas así como realizar todos los barrenos de ensamble y de localización para las operaciones posteriores. Todo esto se realiza en una primera celda o célula de maquinado la cual consta de tres centros de maquinado horizontales de la marca Excell-O, un equipo automático de carga y descarga así como un sistema robótico de transferencia de piezas entre los centros de maquinado y la estación de carga y descarga.

La configuración de la celda con tres centros de maquinado corriendo en paralelo permite que el tiempo ciclo de la misma sea de 1.5 minutos por pieza, al considerar la eficiencia al 85% se obtienen 34 piezas por hora.

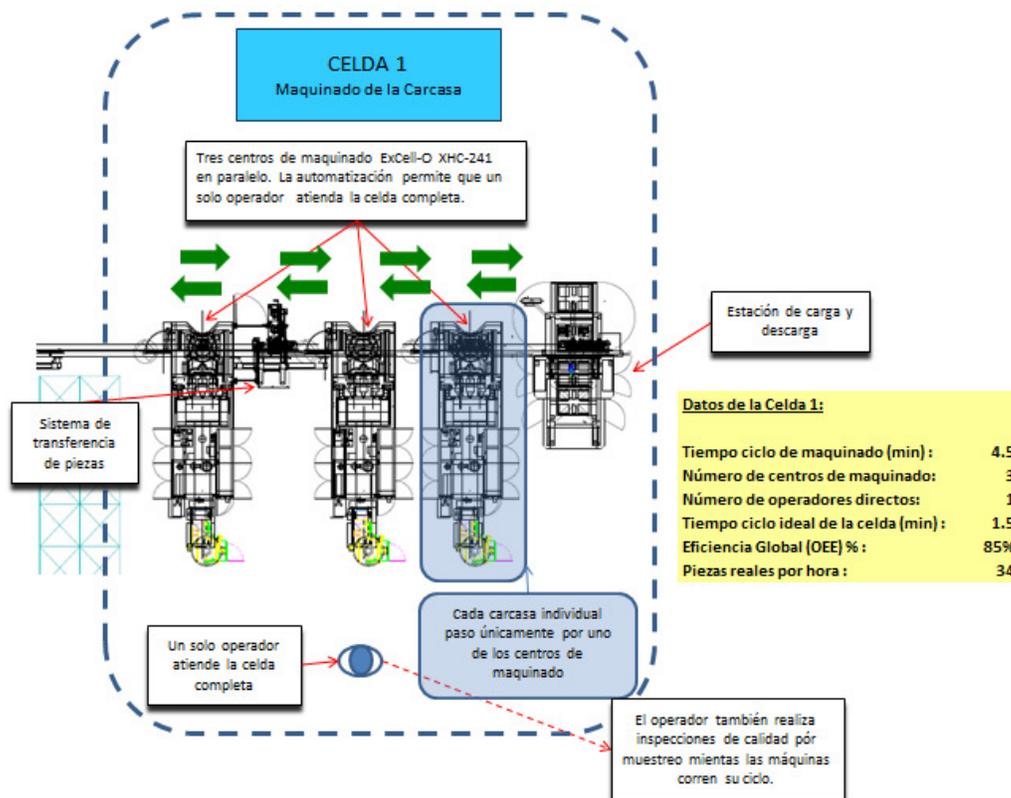


Figura 2.7 Configuración o layout de la celda de maquinado de la carcasa.

¿Porque el proveedor determinó diseñar la celda con tres centros de maquinado corriendo en paralelo (maquinas realizando la misma operación de manera simultánea)? Para responder esta pregunta se tiene que revisar el concepto de "takt time" o tiempo ciclo máximo de la celda para poder cumplir con el volumen de PTU's requeridos al año.

El tiempo ciclo de maquinado en la máquina Excell-O es de 4.5 minutos, al colocar las tres máquinas en paralelo se acelera el ritmo de producción de la celda hasta 1.5 min por pieza, esto debe de estar en línea con el "takt time" que se calcula como sigue:

Número de horas de producción al año

Horas trabajadas por turno: 8

Turnos por día: 2

Días laborados al año (promedio en EUA): 237

Total de horas disponibles al año = $8 * 2 * 237 = 3,792$

Número de PTU's requeridos al año = 150,000 unidades

Takt time = Horas disponibles al año / Unidades requeridas al año =

$$= 3,792 / 150,000 = .025 \text{ horas/unidad}$$

$$= 1.52 \text{ minutos/unidad}$$

Como puede verse en estos cálculos el tiempo ciclo ideal (sin considerar ineficiencias) de la celda o "takt time" calculado a partir del volumen anual de PTU's requeridos es de 1.52 minutos/pieza. Al considerar las pérdidas o ineficiencias inherentes a cualquier proceso de manufactura el tiempo ciclo de la celda tendría que ser aún más rápido para compensar dichas pérdidas, alrededor de 1.29 minutos por unidad.

Parecería que la configuración de la celda no sería capaz de soportar la producción requerida de 150,000 PTU's al año, sin embargo los 237 días laborales al año considerados en el cálculo del "takt time" asumen 5.5 días de

trabajo por semana de manera que si aumentamos los días trabajados por semana o utilizando una fracción de turno adicional se cubre la demanda anual sin necesidad de invertir \$690,000 dólares en un Excell-O adicional.

Así mismo, se contemplaron dos turnos de producción para el PTU ya que el tercer turno se reservó para el volumen incremental que se requerirá cuando los vehículos adicionales que incorporarán este mismo PTU sean lanzados al mercado un año después del vehículo utilitario deportivo del caso de estudio.

2.3.2. Celda No. 5: Tratamiento térmico del piñón (elemento que transmite la potencia a la flecha de salida).

En esta área se le da el tratamiento térmico al piñón el cual parte de una proforma forjada hecha por un tercero y posteriormente maquinada por nuestro proveedor para darle la geometría final. Este proceso es realizado en un sistema de templado y carburizado el cual es automatizado por medio de bandas transportadoras y sistemas robóticos de carga y descarga de manera que un solo operario altamente capacitado se encarga de correr toda la línea.

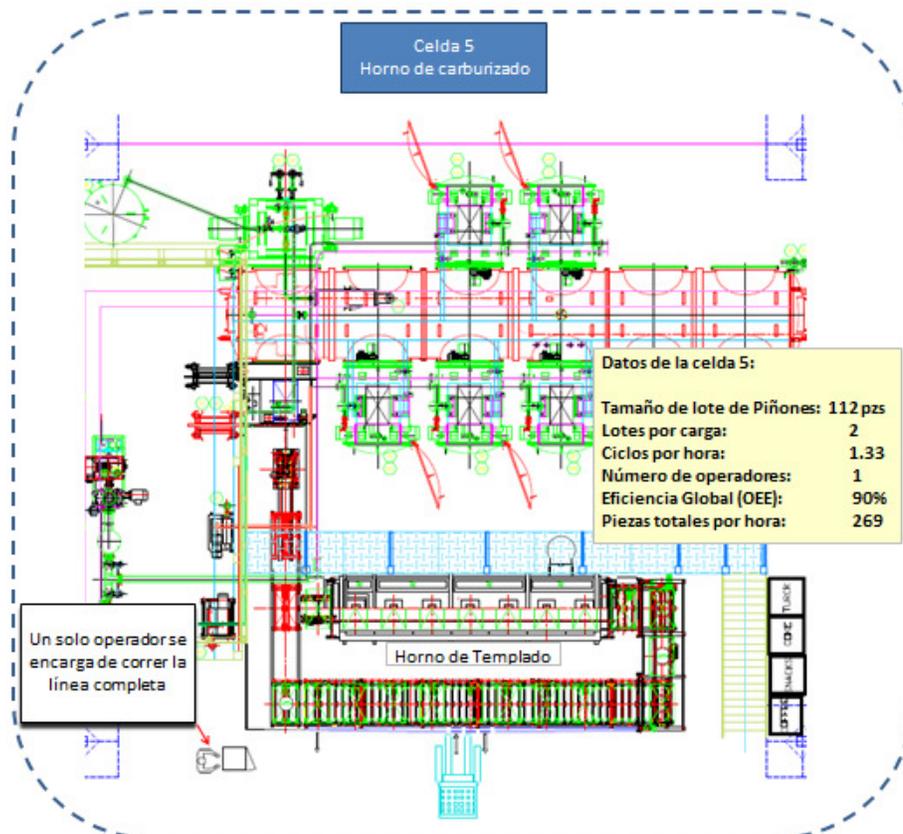


Figura 2.8 Configuración o layout del tratamiento térmico del piñón

2.3.3. Celda No. 12: Línea de ensamble final

La línea de ensamble final constituye la última etapa de la manufactura del PTU, se trata de una línea semi-automatizada de 20 estaciones diferentes en la que participan un total de 13 operadores por turno. La línea tiene una configuración en "U", la cual representa una configuración ideal para este tipo de proyectos pues optimiza el uso del espacio en la planta así como también maximiza la utilización de la mano de obra al permitir tener operarios multifuncionales ya que los desplazamientos de los mismos entre las estaciones es mínimo permitiéndoles realizar más de una operación. Este último factor es muy importante en localidades de producción con costos de mano de obra elevados como por ejemplo los Estados Unidos de América.

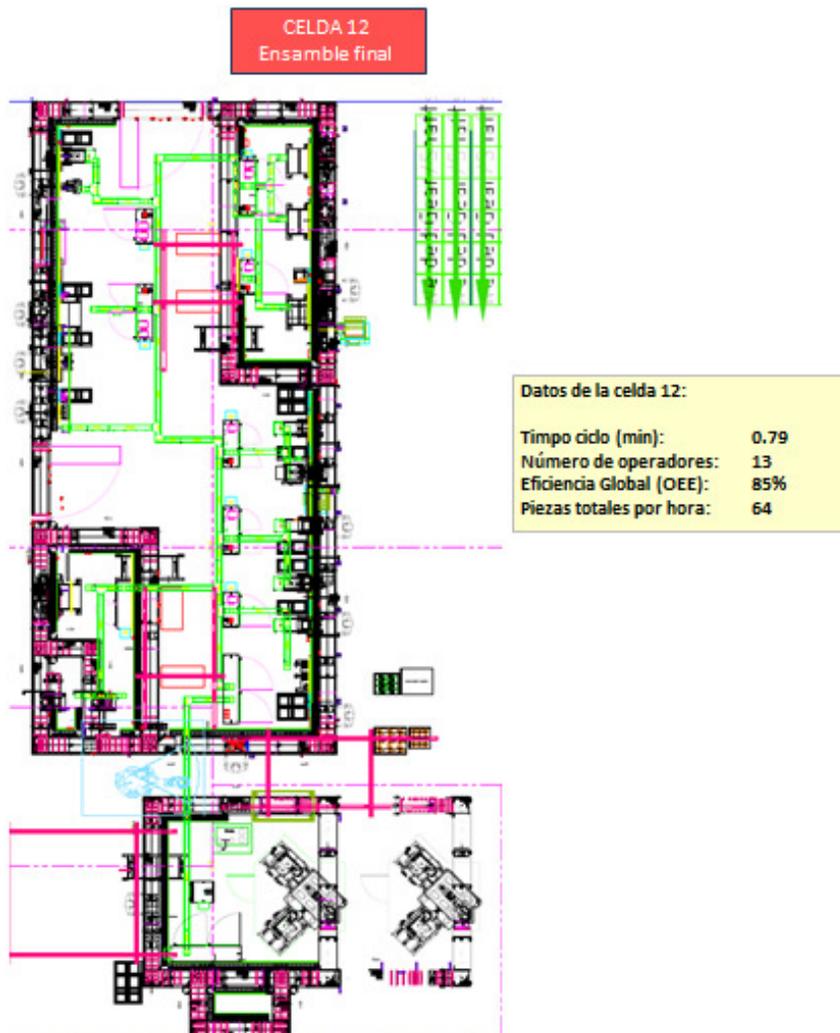


Figura 2.9 Configuración o layout de la línea de ensamble final del PTU

Lo anterior representa una sola una muestra del total de las celdas de producción de nuestro PTU el cual requiere un total de 12 celdas de manufactura, alrededor de 70 equipos diferentes así como la participación de 25 operadores directos y un aproximado de 10 operadores indirectos por turno. Este último dato representa un número bajo de operadores si se toma en cuenta la complejidad del proceso de producción, uno de los "beneficios" de la automatización cada vez más utilizada en los procesos de manufactura.

2.4 Cotización inicial del precio pieza del PTU seleccionado

Otra pieza crítica la revisión del precio del componente es la cotización desglosada. En nuestro caso el proveedor presentó su cotización detallada de acuerdo a los estándares que se observan en la industria automotriz.

1. Purchased Parts (Non-Value Added)																			
Directed Source Y/N?	OEM Engineering Part Number	Supplier Part Number	Description	Tier 2, 3, or 4?	Country of Origin	Actual Purchased Parts Cost (Each)		Part Quantity Per End Item	Inbound Trans Cost (Per Unit)	Tax and Duty (Per Unit)	Price (New) Per Unit	Price (Previous) Per Unit							
						From	To												
			Vent	2		0.000	0.543	1	0.038		0.581								
			Vent Cap	2		0.000	0.026	1	0.002		0.028								
			Seal-Radial Shaft, Dbl Lip	2		0.000	1.400	1	0.088		1.498								
Purchase Parts Continuation Sheet.?											Yes	< Yes or No..?	Sub total (1)	77.010					
2. Raw Material (Value Added)																			
Auto Materials Y/N?	Raw Material Part Number (MATS)	Desc./Type/Grade	Country of Origin	Unit of Measure	Price per UOM	Economics - Material	Gross Usage		Net Usage	Re-claim Revenue (Per Unit)	Tax and Duty (Per Unit)	Price (New) Per Unit	Price (Previous) Per Unit						
							From	To											
N/A		Hypoid Pinion		ea	8.231		1.010	1.000	1.000	0.025		8.206							
		Hypoid Ring Gear		ea	6.935		1.010	1.000	1.000	0.023		6.912							
Raw Material Continuation Sheet.?											Yes	< Yes or No..?	Sub total (2)	36.020					
3. Process / Assembly (Value Added)																			
Op. #.	Operation Description	Heads (Direct Labor)	Actual Realized (No./Hr.)		Dir. Labor Fully Fringed (rate/hour)	Ind. Labor Fully Fringed (rate/hour)	Dir. Labor Fully Fringed	Ind. Labor Fully Fringed	Fxed Mtg. O/H (rate/hour)	Variable Mtg. O/H (rate/hour)	Tot. Mtg. O/H Cost	Price (New) Per Unit	Price (Previous) Per Unit						
			From	To															
	Machine Center	8.00		79	24.900	18.750	2.522	1.899	340.000	305.000	8.165	12.585							
	Spiral Bevel Gear	24.00		57	24.900	14.300	10.484	6.021	490.000	385.000	15.351	31.856							
	Assembly	33.00		56	24.900	14.300	14.673	8.427	630.000	195.000	14.732	37.832							
Process Costs Continuation Sheet.?											NO	<Yes or No?	Totals	27.68	16.35	Sub total (3)	38.25	82.273	
TOTAL MANUFACTURING COST (Value Add) = (2) + (3)																	118.293		
4. Non-Manufacturing Costs																			
End Item Scrap (Value Added)											Enter Calculations...		Price (New)	Price (Previous)					
Corporate Overhead/SG&A (Value Added)											Finance cost + SG&A + Warranty cost		4.930						
Profit (Value Added)													16.300						
Purchased Part Markup (Non-Value Added)																			
Research & Development											N/A								
Engineering, Design & Testing											+ \$5.00 on first 500,000 units (not included in piece price)								
											Sub total (4)		21.230						
TOTAL PART COST (1) + (2) + (3) +(4)													216.533						

Tabla 2.2 Sumario de la cotización inicial del PTU. Recuperada de la Intranet de Ford de México

La Tabla anterior representa la hoja sumaria de la cotización del proveedor, a continuación se muestran extractos de las secciones de materias primas, partes compradas, costos de mano de obra y de operación de la maquinaria, compensaciones agregadas al costo de manufactura, así como ajustes comerciales con el fin de explicar en qué consiste cada uno de estos rubros (algunos valores fueron modificados con el fin de proteger la naturaleza confidencial de la información).

2.4.1. Materias primas (Raw materials)

Raw Material Cost Detail Continuation Sheet													
Date:	21-Nov-11	Sheet:	2b	Eng. or Drawing Level (Previous):	see Nov. 11, 2011 qt letter	New Eng. or Drawing Level (Now):	see Nov. 11, 2011 qt letter						
Ref. No.:		Sheets:	4	Part Number (Previous):	does not	incl. eng'g changes	open now	Part Number (Now):		various			
2 Raw Material (Value Added)													
Auto Materials Y/N?	Raw Material Part Number (MATS)	Desc./Type/Grade	Mfg. D-U-N-S Number or Country of Origin	Unit of Measure	Price per UOM	Economics - Material	Gross Usage		Net Usage	Re-claim Revenue (Per Unit)	Tax and Duty (Per Unit)	Price (New) Per Unit	Price (Previous) Per Unit
							From	To					
N/A		Hypoid Pinion		ea	8.231		1.010	1.000	1.000	0.025		8.206	
		Hypoid Ring Gear		ea	6.935		1.010	1.000	1.000	0.023		6.912	
		PTU Cover		ea	6.377		1.010	1.000	1.000	0.027		6.350	
	XXXXXXXXXX	PTU Housing		ea	14.608		1.010	1.000	1.000	0.056		14.552	
Totals													
										Sub Total (2) =	36.020		

Tabla 2.3 Sección de materias primas de la cotización del PTU. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

La sección de materias primas incluye materiales en bruto como pueden ser hojas de acero, pellets de resinas plásticas o en nuestro caso, componentes parcialmente procesados como una proforma forjada para el piñón hipoide, igualmente una proforma de acero forjado para un engrane dentado en el diámetro interior así como la carcasa del PTU fundida en aluminio. Algunos aspectos que el analista de costos de Ford analiza y/o audita en esta sección de materias primas son:

- La cantidad de material declarado por el proveedor para cada uno de los componentes, esto incluye el peso del componente acorde al nivel de procesamiento al cual es recibido por el proveedor y además se debe de estimar la cantidad de material que se perdió en el proceso de

manufactura aplicado previamente por el vendedor de dicho componente, esto se conoce como merma.

Por ejemplo la proforma forjada del piñón partió de un tocho de forja el cual al ser golpeado para darle la forma aproximada del piñón perdió cierta masa que fluyó y se fracturó cayendo por fuera de la cavidad de los dados de forja, usualmente para este tipo de tamaños y geometrías estamos hablando de alrededor de un 10% de pérdida o merma de material.

- Otro aspecto importante a evaluar es el costo por unidad de masa (ya sean kilogramos o libras) que declara el proveedor. Por ejemplo materiales como el aluminio tienen precios globales, es decir cuestan prácticamente lo mismo en México que en China. Sin embargo en el caso de los Estados Unidos materiales como el magnesio tienen un "sobrepeso" con respecto a otras regiones por cuestiones arancelarias para proteger la industria interna del aluminio (ambos materiales son utilizables para las mismas aplicaciones). Para garantizar que el proveedor cotice el precio adecuado de material, Ford Motor Company (y por ende el analista de costos) cuenta con acceso a una serie de bases de datos, índices (por ejemplo el Índice de Scrap de Acero de Chicago) y reportes diversos que lo mantienen al día en la industria de las materias primas.

2.4.2. Partes compradas (Purchased parts)

Un componente muy importante del costo total de un PTU son las partes compradas por el proveedor. Debido a la amplia variedad de subcomponentes con diferentes procesos de manufactura (inyección de hule, forja de acero, fundición de aluminio, etc.) sería imposible que el proveedor del PTU tuviera la producción de todos esos elementos dentro de su planta, es por esto que se tiene una gran cantidad de piezas compradas a terceros.

Los costos de las partes compradas también pueden y deben ser estimados por el analista de costos siempre que se tenga el conocimiento necesario para desarrollar tales estimados ya sea por parte del mismo analista o consultando a otros analistas con el conocimiento adecuado dentro del departamento.

En adición al costo de las partes compradas el proveedor agrega un costo por transportación de las mismas a su planta así como costos adicionales bajo la

En el caso de nuestro PTU las partes compradas suman un total de \$77 dólares, comparado contra el costo total del PTU de \$216.5 dólares esto representa un 36%. De ahí la importancia para el analista de costos de Ford de estimar el costo de la mayor cantidad de partes compradas posible.

Algunos de los aspectos importantes a tener en mente al momento de analizar los costos de las partes compradas son:

- Localización los proveedores de las partes.
- Los proveedores de las partes compradas son o no compañías "hermanas" de nuestro proveedor.
- El balance entre partes compradas y los procesos de manufactura realizados en la planta del proveedor deben reflejar un nivel de integración vertical óptimo desde el punto de vista de los costos.
- Verificar cual es el proceso que sigue el proveedor para asegurarse que está obteniendo costos competitivos para cada una de las partes compradas.

La complejidad extra que conlleva el revisar y/o negociar los precios de los componentes comprados es que al no tener Ford relación comercial directa con los proveedores de dichos componentes, se depende en buena medida de la actitud colaborativa que aporte nuestro proveedor, aun cuando reducir los costos de las partes compradas no esté en línea con sus propios intereses ya que el obtiene una compensación agregada al costo total de las mismas.

2.4.3. Costos de mano de obra y de operación de la maquinaria (Labor and overhead)

En este apartado el proveedor cotiza todos aquellos costos de manufactura en los que el incurre por el hecho de fabricar el PTU.

Podemos empezar por el costo de mano de obra, este rubro incluye el salario base por hora promedio que perciben los operarios directos. Por operario directo se entiende la persona que trabaja en la línea de producción aportando valor al producto, es decir participa del proceso de transformación de las materias primas y/o ensamble de los componentes comprados.

Así mismo se debe compensar a los proveedores por la mano de obra indirecta la cual a su vez consta de dos categorías: operarios indirectos con salario por hora (movedores de material, líderes de línea, etc.) y el equipo administrativo y de ingeniería de la planta con salario mensual (gerente de planta, ingenieros de procesos, recursos humanos de la planta, etc.).

Es práctica común de muchos proveedores alojar los costos de mano de obra indirecta junto con los costos de operación de la maquinaria lo cual dificulta, al menos de manera inicial, el objetivo de alinear línea por línea el estimado de costos de Ford contra la cotización del proveedor a fin de identificar claramente las principales áreas de discrepancia entre ambos.

Process Cost Detail Continuation Sheet													
Date:	21-Nov-11	Sheet:	2c	Eng. or Drawing Level (Previous):	see Nov. 11, 2011 qt letter			New Eng. or Drawing Level (New):	see Nov. 11, 2011 qt letter				
Ref. No.:		Sheets:	4	Part Number (Previous):	does not	incl. eng'g changes	open now	Part Number (New):	various				
3. Process / Assembly (Value Added)													
Op. #.	Operation	Heads (Direct Labor)	Actual Realized (No./Hr.)		Dir. Labor Fully Fringed (rate/hour)	Ind. Labor Fully Fringed (rate/hour)	Dir. Labor Fully Fringed	Ind. Labor Fully Fringed	Fixed Mfg. O/H (rate/hour)	Variable Mfg. O/H (rate/hour)	Tot. Mfg. O/H Cost	Price (New) Per Unit	Price (Previous) Per Unit
			From	To									
	Machine Center	8.00		79	24.900	18.750	2.522	1.899	340.000	305.000	8.165	12.585	
	Spiral Bevel Gear	24.00		57	24.900	14.300	10.484	6.021	490.000	385.000	15.351	31.856	
	Assembly	33.00		56	24.900	14.300	14.673	8.427	630.000	195.000	14.732	37.832	
Totals							27.679	16.347	Sub-Total (3)		38.248	82.273	

Tabla 2.5 Sección de procesos de manufactura realizados en la planta del proveedor o "value add" de la cotización del PTU. Recuperada de la Intranet de Ford.

Como se aprecia en la Tabla 2.5, el proveedor cotizó inicialmente la mano de obra y los costos de operación de la maquinaria agrupando una gran cantidad de procesos en tan solo tres líneas, esto dificultó el análisis de varianzas en una primera instancia sin embargo esto se fue trabajando a lo largo de meses de continuas discusiones.

2.4.4. Compensaciones agregadas al costo de manufactura (Mark Ups).

Hasta aquí todos los conceptos descritos compensan al proveedor exclusivamente por los costos de producción (ejercidos por la planta manufacturera) en los que incurre para poder fabricar el PTU.

Sin embargo, existen lo que en el medio de la industria automotriz se conocen como "Mark Ups", una traducción razonable para este término sería

“Compensaciones agregadas al costo de manufactura”, los cuales son porcentajes que se aplican al costo de manufactura para obtener el precio de venta de un producto determinado antes de ajustes comerciales (estos últimos se definen más adelante).

Estas compensaciones se dividen en tres conceptos como se detalla a continuación:

- Perdida de producto terminado (End Item Scrap): Este concepto compensa al proveedor por aquellas partes totalmente terminadas que se pierden por pruebas destructivas, daños durante la transportación, etc. Representa un porcentaje muy bajo, generalmente 1% como máximo.
- Gastos corporativos de ventas, administración y conceptos generales (SG&A): Este rubro compensa al proveedor por todos aquellos departamentos que son necesarios para el funcionamiento de la empresa pero que no están directamente relacionados con la operación de la planta de manufactura del PTU como son los departamentos de ingeniería de desarrollo de nuevas tecnologías, recursos humanos de la corporación, compras, departamento legal, servicios de IT corporativos, el área de mercadotecnia, etc.
- Finalmente se tiene el “mark up” de retorno de la inversión o ganancia del proveedor (profit): Este porcentaje se determina a partir del nivel de inversión en el cual incurre el proveedor para ser capaz de producir un producto determinado. A mayor inversión mayor será el porcentaje de profit otorgado, así mismo cuanto mayor sea el nivel de riesgo en la región de producción mayor deberá ser la ganancia del proveedor.

4. Non-Manufacturing Costs	Enter Calculations...	Price (New)	Price (Previous)
End Item Scrap (Value Added)			
Corporate Overhead/SG&A (Value Added)	Finance cost + SG&A + Warranty cost	4.930	
Profit (Value Added)		16.300	
Purchased Part Markup (Non-Value Added)			
Research & Development	N/A		
Engineering, Design & Testing	+ \$5.00 on first 500,000 units (not included in piece price)		
	Sub total (4)	21.230	
TOTAL PART COST (1) + (2) + (3) +(4)		216.533	

Tabla 2.6 Sección de mark ups de la cotización del PTU. Recuperada de la Intranet de Ford de México

2.4.5. Ajustes comerciales

Finalmente se tiene un último conjunto de costos que se pueden agregar, cuando así se requiera, a la cotización del proveedor para obtener el precio final de transacción. Estos se conocen como Ajustes Comerciales (Commercial Adjustments) los cuales compensan al proveedor en los siguientes rubros.

- Ingeniería de diseño y pruebas (ED&T, siglas del inglés: Engineering Design & Testing): este concepto se refiere a los recursos de ingeniería que el proveedor invierte en el desarrollo y pruebas del producto específico para Ford o cualquier otro cliente, esto es diferente al equipo de Ingeniería Central el cual realiza investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Otra manera de explicar lo anterior es decir que el proveedor tiene un grupo de ingeniería que desarrolla un diseño de PTU genérico y luego otros equipos de ingeniería se encargan de tomar el diseño base y adaptarlo a las necesidades específicas de cada cliente creando versiones únicas ligeramente diferentes al diseño base.
- Empaque (Packaging): compensa al proveedor por costos de empaque ya sea retornable (usualmente contenedores plásticos) o desechable (separadores de cartón, bolsas de plástico, etc.), utilizados en la transportación del producto terminado de la planta del proveedor a la planta de ensamble de Ford en este caso.
- Secuenciado en línea (ILVS, siglas del inglés: In line vehicle sequencing): este rubro cubre los gastos en los que incurre el proveedor cuando se requiere del secuenciado de las partes producidas por este debido a un esquema de producción "Justo a tiempo". Un ejemplo de esto ocurre en los asientos de los autos, los cuales se producen bajo un esquema de justo a tiempo ya que estos ingresan a la planta de ensamble de Ford en la secuencia exacta de acuerdo al patrón de producción de las diferentes versiones del vehículo ensamblado en dicha planta. El proveedor del asiento contratará a un tercero que se encargará de la logística para que los asientos sean producidos exactamente en la misma secuencia que los vehículos en los que serán montados manteniendo así el nivel de inventarios prácticamente en cero.

Los ajustes comerciales descritos nunca forman parte del estimado de costos basado en las mejores prácticas observadas desarrollado por el analista de

costos de Ford. Los departamentos de Compras y de Ingeniería del Producto de Ford son los encargados de evaluar estos costos.

2.5 Cotización inicial de los herramentales

El proveedor también presentó la cotización inicial de los herramentales requeridos para la producción por un total de \$3.9 millones de dólares.

La cotización de los herramentales se basa obviamente en el tipo de herramienta requerida para cada uno de los procesos de manufactura, de manera que se tienen moldes de inyección de hule para la fabricación de los sellos, dados de forja las proformas de engranes, moldes de fundición para la carcasa, troqueles de estampado, herramientas de corte altamente especializadas para la generación de engranes helicoidales e hipoides, herramientas de ensamble (fixtures), racks para tratamientos térmicos, herramientas para validación dimensional (gauges), etc.

5. Tooling													
Line Number	Description	Country of Ongoing Residence	Tool Life (in # of Pieces)	Country of Origin	Lead Time Weeks	Parts Per Tool Cycle	Cycle Time	Ave. Capacity/ Week	Max. Capacity/ Week	Design Cost	Mfg. Cost	Material Cost	Total Cost
	Pinion Radial Sealing		118000										130,500
	Hypoid Pinion Forging		118000										69,600
	Hypoid Gear Forging		118000										69,600
	Tubular Shaft Forging		118000										43,500
	PTU Cover Casting		118000										478,500
	PTU Housing Casting		118000										696,000
	Cartridge		118000										43,500
	Shims Cartridge/Housing		118000										13,050
	Sleeve PTU to Gearbox		118000										13,050
	Spiral Bevel Gear		118000										360,487
	Machine Center		118000										349,199
	Assembly		118000										623,014
	CD4.1 Addition		118000										
	Purchasing		118000										48,952
	Spiral Bevel Gear		118000										190,762
	Machine Center		118000										329,346
	Assembly		118000										205,001
	Logistics		118000										25,939
	CD4.2 Addition												
	Purchasing		118000										117,700
	Spiral Bevel Gear		118000										80,000
	Machine Center		118000										90,975
	Assembly		118000										25,000

Tabla 2.7 Cotización inicial de los herramentales. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DEL ESTIMADO DE COSTOS DEL PTU BASADO EN LAS MEJORES PRÁCTICAS DE MANUFACTURA OBSERVADAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LA EMPRESA

3.1 Verificación y costeo de la librería de materiales y componentes (BOM)

Una vez que el analista de costos de Ford tiene un claro entendimiento de la configuración de la línea de manufactura es momento de entrar 100% en materia del desarrollo del estimado de costos basado en las mejores prácticas observadas desde la perspectiva de la empresa.

El siguiente paso es obtener la librería de materiales y componentes que constituyen el diseño del PTU, este documento es conocido como el "BOM" (siglas en inglés para "Bill of Materials").

En este caso el proveedor es quien se encarga de diseñar el PTU de manera que la información se le solicita a este a través del área de compras.

Exploded View Identifiers	Part Description	Part Number Reference	Material	Mass - kg
	CV61-7L486-GB (Unique Components)			
1	Housing - Main	7550014600	SAE 380 Alum	2.5600
5	Shaft - Pinion (n=12, r=2.583)	7554015600	SAE Grade A8615-8627 Hot Rolled Alloy	1.6329
5	Gear - Ring (n=31; r=2.583)	7554015700	SAE Grade A8615-8627 Hot Rolled Alloy	1.6920
5	Shaft - Input	7556015050	SAE Grade C1522-1566 Cold Finish	3.5380
	CV61-7L486-JB (Unique Components)			
	Housing - Main	7550014700		
	Shaft - Pinion (n=12, r=2.583)	7554015600		
	Gear - Ring (n=31; r=2.583)	7554015700		
	Shaft - Input	7556015250		
	Stud, M8	9009017713		
	V-Ring (Ø49.5 x Ø55.55)	9009061960		
	CV61-7L486-HB (Unique Components)			
	Housing - Main	7550014800		
	Shaft - Pinion (n=12, r=2.583)	7554015600		
	Gear - Ring (n=31; r=2.583)	7554015700		
	Shaft - Input	7556015450		
	Stud, M8	9009017713		
	Common Components			
17	Housing - Cover	7550014101	SAE 380 Alum	0.7850
3	Chart - Shim (65 x 81.5 x h)	9009430044	CR Strip 1020	0.0364
4	Bearing - Tapered Roller - ASM (41.275 x 82.55 x 26.543)	9009109473	n/a	n/a
6	Bushing	9009023207	PPA 31-37% Glass Reinforced	0.0040
7	Chart - Shim (33.4 x 41 x h)	9009430144	HR P&O-DGSK	0.0081
14	Bearing - Tapered Roller - Asm (33.338 x 68.263 x 22.225)	9009110073	n/a	n/a

Tabla 3.1 Extracto del BOM del PTU. Recuperada de la Intranet de Ford de México

El BOM debe incluir información suficiente para poder estimar los costos de manufactura, la información requerida es la siguiente.

Para materias primas con o sin procesamiento previo:

- Especificación del material, en el caso de la carcasa del PTU no basta con decir que está hecha de Aluminio sino que se define la especificación exacta: Aluminio ADC12.

ALEACIONES DE ALUMINIO					
PRESENTACIÓN: Lingotes Forma 34, de 10 Kg de peso, aproximado.					
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS		ALEACIONES DE ALUMINIO			
		AlSi 12Cu	AlSiCo A-380	AlSi DC-12	AlSi 7Mg
Composición Química, %	Al	Remanente	Remanente	Remanente	Remanente
	Si	12,00	8,50	10,50	7,00
	Fe	0,80	0,85	0,90	0,80
	Cu	0,60	3,50	2,50	0,25
	Mg	0,30	0,10	0,30	0,33
	Mn	0,35	0,50	0,50	0,35
	Zn	0,50	2,90	1,00	0,35
Normas Internacionales correspondientes	ASTM	-	B 179/SC84AB	JIS ADC-12	B 26/356.0
	SAE	305	306/8	-	323
	DIN	ENAB-ALSi12(Cu)	-	-	-
Intervalo de Fusión, °C		575	550 - 595	560 - 610	557 - 613
Temperatura de Fundición, °C		650 - 750	640 - 700	650 - 700	675 - 790
Densidad, g/ cm³		2,66	2,73	2,75	2,69
Contracción lineal en proporción al molde, %		1,2	1,2	1,2	1,2
Coefficiente de dilatación lineal, µm / m °C		20,4	21	21,5	21,5
Resistencia a la tracción, (N / mm²)		290	315	280	175
Indicaciones para el uso		Excelente capacidad para el llenado del molde, alta resistencia a la formación de grietas térmicas.	Múltiples fines, como piezas coladas complicadas de paredes delgadas y resistentes al calor; para fundición inyectada; poca tendencia a hundimientos y a la formación de rechupes internos.	Piezas para automóviles o motocicletas, para fundición en procesos de inyección.	Para piezas a fundir en arena y en coquilla, de espesor de pared medios y gruesos, alta resistencia mecánica y tenacidad (endurecimiento térmico), resistente a la corrosión.
Aplicaciones		Fundición inyectada de piezas automotrices e industriales de diseño complejo y paredes delgadas.	Piezas complicadas de máquinas y motores para la industria automotriz, electrodomésticos, mineras, carcazas para cigüeñales, piezas de motores eléctricos, placas y soportes para cojinetes, culetas, etc.	Piezas para automóviles o motocicletas, como suspensiones, partes del chasis y carrocería.	Aeronáutica, automoción.
Descripción: El aluminio por su baja densidad se emplea en la producción de aleaciones enriquecidas con Silicio, Cobre, Magnesio, Zinc o Manganeseo; formando aleaciones binarias o terciarias para fundición en arena, inyección o molde permanente. Estas aleaciones son livianas y han sido desarrolladas teniendo en cuenta las características que proporcionan calidades de fundición idóneas, como fluidez y capacidad de alimentación, así como valores optimizados para propiedades como resistencia a la tensión, ductilidad y resistencia a la corrosión.					
Presentación: Lingotes Forma 57, de 10 Kg de peso, aproximado. Suelos o zunchados según lo requiera el cliente.					

Tabla 3.2 Propiedades y composición química del aluminio ADC12.
 Recuperada el 19 de Julio de 2017, de <http://propulsora.com.co/wp-content/uploads/2015/12/FICHA-TECNICA-ALEACIONES-DE-ALUMINIO.pdf>

- La siguiente información imprescindible es la cantidad de material utilizado ya sea que se exprese en kilogramos o en libras. Aunque este pudiera parecer un aspecto trivial no lo es tanto. Volviendo al caso de la carcasa del PTU, ya sabemos que está hecha de Aluminio ADC12 lo siguiente es determinar cuanto material se utiliza desde que se parte de lingotes de aluminio hasta llegar a la pieza final con las dimensiones exactas.

Para determinar lo anterior se obtiene el dato de cuanto pesa la pieza fundida a presión y de ahí se hace el cálculo inverso, es decir a partir de la carcasa fundida se estima cuanto material se perdió en el proceso de fundición a presión y cuanto se perdió el proceso de fundido de los lingotes.

La Tabla 3.3 muestra un extracto de la herramienta de costo que se utilizó para determinar los parámetros del proceso de manufactura de la fundición a presión de la carcasa, en ella se muestran los campos donde se consideran las pérdidas en el proceso de fundido de los lingotes y luego en el proceso de fundición a presión.

USER PET Inputs	
Cost Analyst	Eduardo Sicardo
Manufacturing Location	US
Program/Platform	
Part Name	Housing
Part Number	
Capacity Planning Volume	171039
Financial Planning Volume	156841
Material	380 / 383 / EM24 / ADC12
Finished Casting Part Weight	2.7008 kg
Dross / Melting Loss	5.0%
Dross Part Weight	0.1350 kg
Number of Cavities	1
Yield Applied	33%
Override	0%
Weight	3.5921 kg
Position	260.0 mm
Y extent (Width in tool position)	180.0 mm
Z extent (Depth across parting line)	215.0 mm
Projected Area of parts only	468.0 cm ²

NOTE: Standard GRIMM operating	
Peso final de la pieza fundida	
Print Volume (ccm)=>	0
5.9543 lbs	Part Weight (kgs)=> 0.0000
0.2977 lbs	

Porcentaje de material perdido en el proceso de fundición a presión	
7.9191	Porcentaje de material perdido en el proceso de fundido de los lingotes de aluminio.

10.2	inches
7.1	inches
8.5	inches
72.5	inches ²

Tabla 3.3 Extracto de la herramienta de costo de piezas fundidas a presión. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Haciendo el cálculo correspondiente tenemos lo siguiente:

Peso total = Peso de la pieza fundida*(1+% de desperdicio en la fundición a presión)*(1+% de desperdicio en el fundido de lingotes)

Peso total = 2.7kg*(1+.33)*(1+.05)=3.77kg

Como se puede ver en este ejemplo la diferencia entre considerar solo el peso de la parte fundida contra lo que en realidad se ocupa en todo el proceso contemplando las pérdidas inherentes es de alrededor del 40%, de ahí la importancia de que el analista de costos entienda adecuadamente estos aspectos.

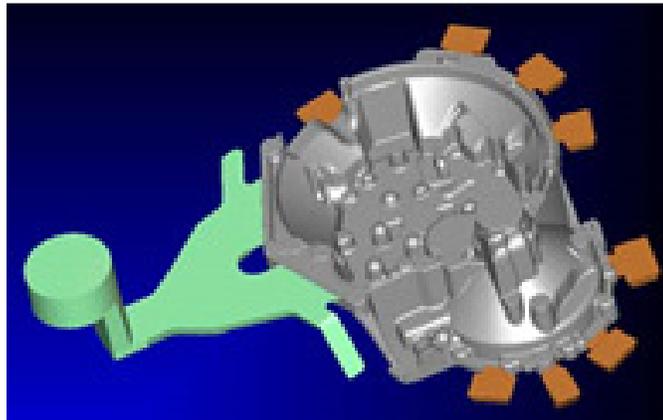
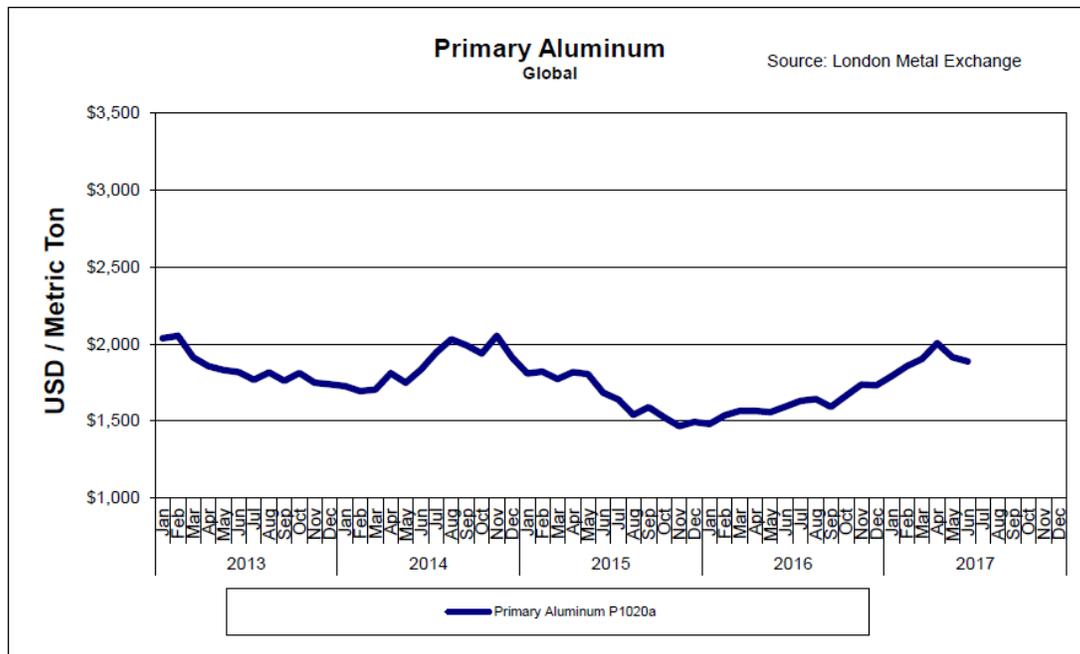


Figura 3.1 Modelo de una pieza fundida a presión incluyendo las "coladas".
Recuperada de la Intranet de Ford de México.

- Finalmente para costear correctamente las materias primas es necesario que tanto el estimado de costos de Ford como la cotización del proveedor asuman el mismo punto en el tiempo para establecer el precio de las mismas ya que de lo contrario se pueden generar diferencias significativas. Este aspecto aplica para los demás componentes del costo total, por ello en existen procedimientos para asegurar que ambas partes consideren los económicos al mismo punto en el tiempo.

La Gráfica 3.1 muestra el comportamiento del precio global de aluminio, en ella se aprecian las fluctuaciones significativas que pueden tener algunos materiales en periodos de tiempo relativamente cortos.



Gráfica 3.1 Variación mensual del precio de aluminio primario de enero de 2013 a junio de 2017. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

Después de haber revisado los aspectos relativos a la materia prima de la carcasa el cálculo del costo de la misma se remite a una simple multiplicación:

$$\text{Costo total de aluminio} = \text{Costo / kg} * \text{No. de kilogramos}$$

$$\text{Costo total de aluminio} = \$2.32/\text{kg} * 3.77\text{kg} = \$8.75 \text{ dólares}$$

Adicionalmente a los cálculos descritos se podría considerar el cálculo de la porción del “desperdicio” de material que es reciclable y por ende representar un ahorro tanto para el proveedor como para Ford, este tema generalmente se deja al criterio del comprador como herramienta de negociación.

Además de las materias primas (procesadas o en bruto) también se consideran en el BOM las partes compradas. Estas pueden o no ser estimadas por el analista de costos de Ford dependiendo de si se tiene el conocimiento para hacerlo ya sea por parte del mismo analista o consultando a algún experto dentro del equipo de Estimación de Costos que cuente con el conocimiento requerido.

A continuación se explica el costeo de la flecha de salida del PTU ("flange output"). Esta es una pieza forjada, comprada a un tercero, la cual es maquinada posteriormente para darle la forma y dimensiones finales.

El costeo se desarrolló consultando a un experto en procesos de forja. En base a su herramienta de cálculo, esta forja tiene un alto porcentaje de merma de material debido a su geometría, se determinó una pérdida de alrededor de 30% del "tocho" inicial de acero de forja 545C.

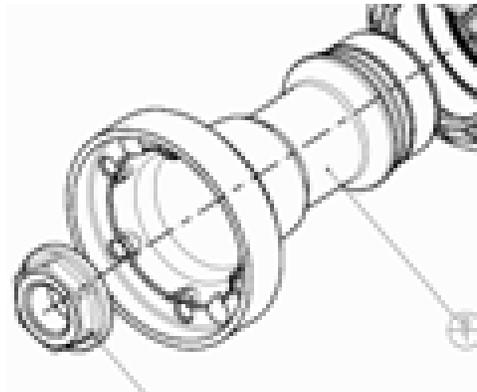


Figura 3.2 Flecha de salida o Flange Output del PTU. Recuperada de la Intranet de Ford

Así pues a partir del peso final de la pieza de 0.85kg y agregando un porcentaje de 30% de merma total (incluyendo el proceso de forja y el maquinado) se llega al peso del tocho inicial de 1.12kg.

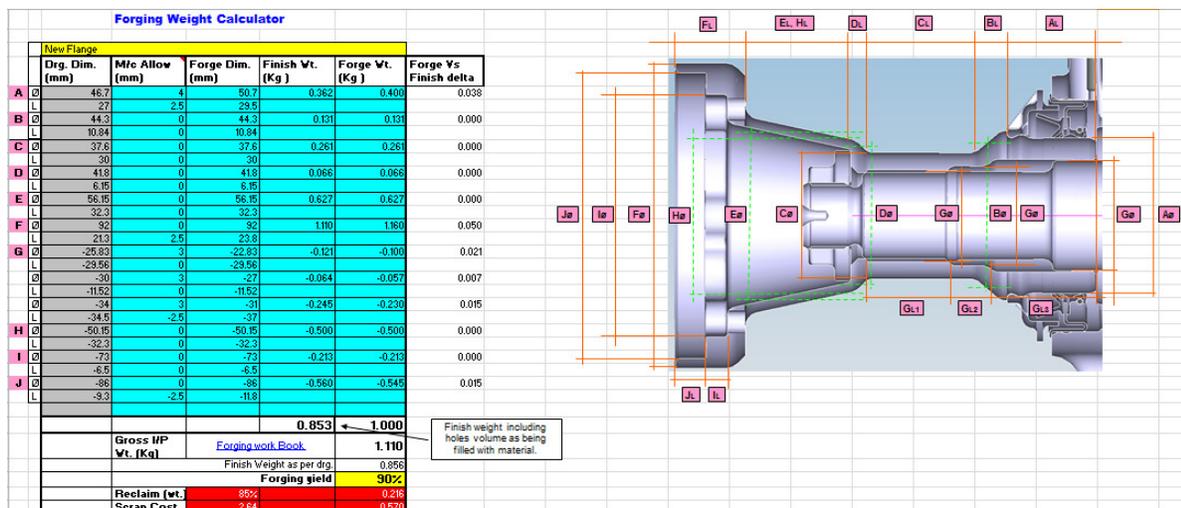


Figura 3.3 Extracto de la herramienta de costeo de piezas forjadas. Recuperada de la Intranet de Ford de México

Una vez calculada la cantidad de material utilizado, se agrega un 1% por pérdidas del proceso de manufactura y contando con el costo acero 545C (bases de datos de Ford) de \$0.9/kg se llega a un costo de material de \$1.01 dólares. Pero ese aun no es el costo final, recordando que esta es una pieza comprada, entonces se tienen que agregar las compensaciones al costo de manufactura para el proveedor de dicha pieza. El porcentaje total agregado es de 17.12% lo cual nos da un costo total de material de \$1.19 dólares.

Dado que el proveedor de la flecha de salida o "flange output" se encuentra en Tailandia no hubo posibilidad de observar su proceso de manufactura sin embargo esto no era imprescindible ya que el experto de forja de Ford ha observado diferentes plantas que producen forjas en Norte América y además este proceso es bastante estándar alrededor del mundo.

En base a lo anterior se utilizó un estimado de costos creado anteriormente para un componente similar y solo se adecuaron algunos parámetros alineándolos a las características de la pieza específica.

El costeo empieza por considerar una prensa de forja en caliente:

Descripción de la máquina	Modelo	Costo de Operación (\$/Hr)
Prensa de formado en caliente de 560 Toneladas y 4 estaciones	HOTMATIC AMP 40-S	\$ 146

Tabla 3.4 Cuadro sumario de las características y costos de operación de la prensa de forja



Figura 3.4 Fotografía de la prensa de forja en caliente. Recuperada el 21 de Julio de 2017, de <https://www.hatebur.com/en/machines-accessories/machines/hatebur/hotmatic/amp-20-s/>

Adicionalmente el proveedor del "flange output" realiza un proceso de granallado para remover las "costras" dejadas en la pieza por el proceso de forja. También se realiza un proceso de fosfatado y una extrusión para hacer la forma de "caja" del "flange output". Finalmente se realiza una primera operación de torneado para acercar más la proforma a la forma final de la pieza así como el barrenado de los orificios donde se montarán los tornillos para hacer el acoplamiento con la flecha "cardán".

La Tabla 3.5 muestra un extracto del estimado de la pieza forjada, todos los procesos mostrados son realizados por el proveedor de la forja no por el proveedor del PTU por lo tanto el costo asociado forma parte del rubro de partes compradas. Los montos son originalmente estimados en la moneda local (Baht tailandés) y finalmente convertidos a dólares americanos en la última columna.

Description	Material Usage	Material Rate	Material Cost	Manning Level	Labour Minutes	Labour Rate	Labour Cost	Overhead Minutes	Pieces / Hour	Overhead Rate	Overhead Cost	IP Scrap %	2nd Tier	Item Cost	Component Currency	Manuf. Cost Estimate
C70 STEEL, FORGING Gross wgt estimated using Forging Wgt Calculator as follows: Finish Wgt/.85= Forge Wgt Forge Wgt/.90= Gross Wgt 0.8544/.85=1.0052 k 1.0052/.90=1.1169 kg	1.1169	27.5613	31.0910									1.00	17.12	36.4138	THB	1.1868
HOTFORMER - 560 TON, 4 FORMING STATIONS				3.00	0.6000	2.1466	1.2880	0.2000	300	146.0865	29.2173		17.12	35.7278	THB	1.1644
SHOT BLAST TO REMOVE FORGING SCALE				1.00	0.1000	1.7010	0.1701	0.1000	600	17.7807	1.7781	0.00	17.12	2.2817	THB	0.0744
PHOSPHATE EQUIP, CAPACITY: 1500 kg/hr				2.00	0.4000	1.7010	0.6804	0.2000	300	25.3454	5.0691	0.00	17.12	6.7338	THB	0.2195
EXTRUDE 1ST STAGE IN A 500 TON HYD FORGING PRESS				1.00	0.4000	2.1466	0.8672	0.4000	150	15.7014	6.3434	1.00	17.12	8.4450	THB	0.2752
2 AXIS CNC TURNING CTR CHUCK:12" RPM:3000				0.50	0.4616	1.7010	0.7851	0.9231	65	7.1626	6.6118		17.12	8.6633	THB	0.2823
2 AXIS CNC TURNING CTR CHUCK:12" RPM:3000				0.50	0.3334	1.7010	0.5670	0.6667	90	7.1626	4.7753		17.12	6.2570	THB	0.2039
DRILLING & TAPPING MACHINE (GEARED HEAD)				0.50	0.6667	1.7010	1.1340	1.3333	45	1.4447	1.9262		17.12	3.5841	THB	0.1168
VISUAL FINAL INSPECTION				1.00	0.3000	1.7010	0.5103	0.3000	200	0.0917	0.0275		17.12	0.6299	THB	0.0205
SUB			31.0910		3.2616		6.0020	4.1231			55.7487		17.12	#####	THB	3.5438

Tabla 3.5 Extracto del estimado de costos de Ford para la flecha de salida o "Flange Output". Recuperado de la Intranet de Ford

También existen partes compradas que no se estiman sino que simplemente se compara el precio contra los registros que se tengan de partes similares o si no se tienen referencias se toma el precio tal cual cotizó el proveedor.

Existen diferentes razones por las que algunos componentes no se estiman, en ocasiones se tratan de tecnologías poco conocidas y por ende no se cuenta con suficiente información para generar estimados de costos. Otra razón es por tratarse de componentes con precios estándar totalmente establecidos como tornillería, rodamientos, sellos, etc.

En el caso del PTU se tienen varios componentes en esta situación, en la Tabla 3.6 se muestran algunos ejemplos.

Descripción del componente	Costo Unitario (Dólares)
Rodamiento de (41.725x82.55x26.543)	\$ 5.02
Sello Radial (47x70x11)	\$ 2.53
Tuerca para la flecha de salida	\$ 0.26

Tabla 3.6 Ejemplos de componentes comprados no estimados del PTU

3.2 Costeo del proceso de manufactura

Después de costear los materiales el siguiente rubro a costear es el proceso de manufactura en la planta del proveedor del PTU, el cual consta de dos grandes categorías: mano de obra y costos de operación de maquinaria.

Para explicar esta parte se analizará la celda de maquinado de la carcasa.

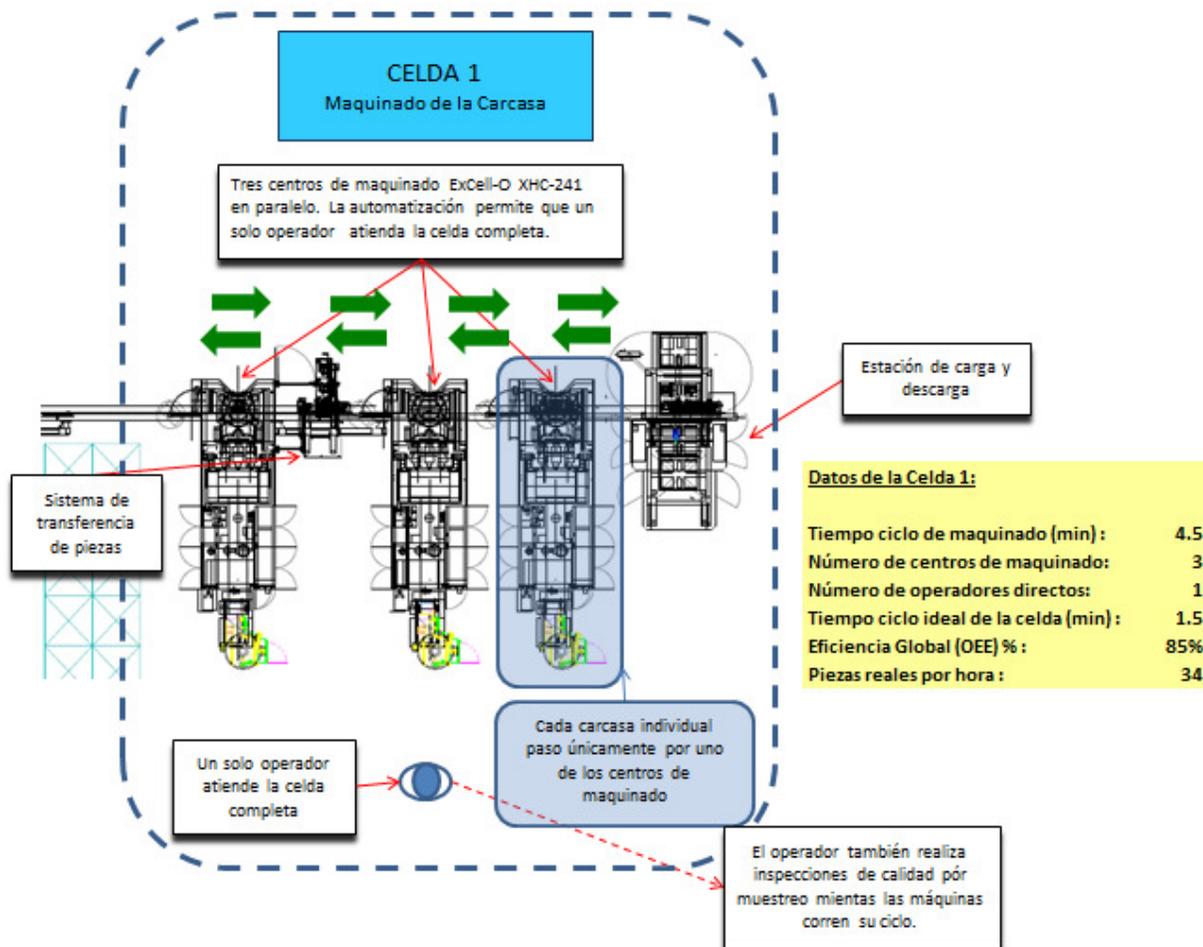


Figura 2.7 Configuración o layout de la celda de maquinado de la carcasa.

El análisis de la celda empieza por observarla corriendo y estableciendo algunos aspectos clave:

- Dado que el proveedor es el dueño del diseño del PTU de eje único, el diseño del PTU de Ford es muy similar al diseño de que vende a otras empresas armadoras de automóviles (OEM's) lo cual permite que la capacidad instalada pueda ser compartida por diferentes clientes, es decir en una misma línea de producción se pueden fabricar los PTU's para diferentes marcas. Lo anterior implica cambios rápidos de herramientas en la línea para pasar de una versión a otra, tales cambios se encuentran contemplados en el factor de eficiencia de 85% atribuida al proceso de manufactura.
- Lo anterior lleva a una de las consideraciones fundamentales de la metodología de estimación de costos de Ford la cual consiste en que Ford no paga por la capacidad instalada total del proveedor sino que solo paga por el tiempo que utiliza dicha capacidad a menos que el volumen de producción requerido por Ford demande el 100% de la utilización de la capacidad entonces claramente se estará pagando el total del costo de la misma. A este concepto se le domina "ABC" siglas del inglés "Activity Based Costing" o en español "Costeo Basado en la Utilización". En el caso de nuestro PTU la línea está dedicada 100% a Ford debido al volumen de producción requerido.
- Como se observa de la Figura 2.7, la configuración de la celda o "layout" se encuentra constituida por:
 - Tres centros de maquinado en paralelo
 - Una estación de carga y descarga automática
 - Un sistema robotizado o "gantry" para transferencia de piezas entre la estación de carga y descarga y los centros de maquinado
 - Un operador directo encargado de la línea completa

Correr cada una de las máquinas genera costos de operación conocidos comúnmente como "overhead", el valor de estos costos depende de seis variables principales. Se utilizará uno de los centros de maquinado

Excell-O para explicar como se determina el costo por hora para una cada una de estas variables.

3.2.1. Depreciación

Este rubro compensa al proveedor por la pérdida de valor que tiene el capital asociado a la maquinaria conforme pasa el tiempo de su vida útil. Existen varios métodos de depreciación, un método muy socorrido entre los proveedores es la depreciación acelerada por ejemplo a 3 años ya que esto conlleva varios beneficios para ellos como son recuperar su inversión en un tiempo corto mejorando así su flujo de capital además de tener ventajas fiscales al reducir el pago de impuestos por un menor monto de activos en sus libros.

El método considerado por Ford como el más justo para ambas partes es el método de depreciación lineal a lo largo de la vida útil de la máquina. Este método contempla depreciar el costo de reposición de la máquina en montos iguales a lo largo de todo el periodo que se considere que durará productiva la máquina, usualmente este último supuesto (generalmente 10 años) resulta bastante conservador ya que en la práctica real una gran cantidad de equipos duran productivos en las plantas de los proveedores mucho tiempo (alrededor 20 años o inclusive 30 años en algunos casos).

A continuación se muestra el cálculo de la depreciación del centro de maquinado incluido en el estimado de costos de Ford para el PTU:

Inversión inicial = \$690,369 dólares

Costo de flete e instalación (10%) = \$69,037 dólares

Valor residual = \$34,518 dólares

Depreciación x hora = (Inversión inicial + Flete e Instalación - Valor residual) / Horas totales de vida útil de la máquina

Depreciación x hora = $(\$690,369 + \$69,037 - \$34,518) / (20 \text{ horas/día} * 237 \text{ días laborables/año} * 10 \text{ años vida útil} * 95\% \text{ de disponibilidad técnica de la máquina})$

Depreciación x hora = $(\$724,888) / (45,030 \text{ horas}) = \$16.1 \text{ dólares por hora}$

Nota:

Valor residual: valor de la máquina al final de su vida útil

Disponibilidad de la máquina: tiempo productivo neto restando paros programados y no programados.

3.2.2. Consumo de energía

Este rubro tiene que ver con el costo de la energía consumida por la máquina durante su operación. Para el caso del centro de maquinado se tiene el siguiente cálculo:

Consumo de energía eléctrica por hora: 25 KWATTS

Costo por KWATT = \$0.066 dólares (costo en Estados Unidos en 2012)

Costo de consumo de energía por hora: 25 KWATTS * \$0.066 = \$1.65 dólares por hora.

3.2.3. Costo de piso

El costo de piso depende del tipo de ambiente de manufactura que corresponda a la máquina en cuestión. Ford reconoce tres tipos de ambiente de manufactura: manufactura ligera, fundición y estampados de alto tonelaje. En el caso del centro de maquinado bajo revisión este considera dentro del ambiente de manufactura ligera.

El costo por metro cuadrado de cualquier planta productiva está conformado por tres conceptos: insumos para la operación de la planta, depreciación del inmueble y labor de mantenimiento. Cada uno de los cuales se define como sigue:

- Insumos para la operación de la planta: energía eléctrica consumida por la planta en iluminación, materiales para la limpieza y mantenimiento de las instalaciones, servicios comprados para recolección de residuos tóxicos, etc.
- Depreciación del inmueble: Depreciación y seguro del edificio de la planta.
- Labor de mantenimiento: Técnicos de mantenimiento que laboran en las funciones de plomería, electricidad, pintura, etc., del edificio de la planta.

Para el caso del ambiente de manufactura ligera se tienen los siguientes valores:

- Insumos para la operación de la planta: \$52.48 dólares por metro cuadrado
- Depreciación del inmueble: \$38.65 dólares por metro cuadrado
- Labor de mantenimiento: \$34.41 dólares por metro cuadrado

De manera que:

- Costo por metro cuadrado = Insumos para la operación de la planta + Depreciación del inmueble + Labor de mantenimiento
- Costo por metro cuadrado = $\$52.48 + \$38.65 + \$34.41 = \125.54 dólares por metro cuadrado

Ahora para determinar el costo total de piso para el centro de maquinado se tienen las dimensiones de la máquina:

Largo = 6.5 metros

Ancho = 5.1 metros

Hay que agregar 2 metros al largo y 2 metros al ancho para considerar zonas de seguridad, pasillos y accesos entre máquinas, de manera que:

Largo ajustado = 8.5 metros

Ancho ajustado = 7.1 metros

Área ajustada = $8.5 * 7.1 = 60.35$ metros

Y por último se agrega un 50% adicional al área ajustada para compensar por el área de embarque y de recibo de material, espacio de oficinas de la planta, laboratorios de calidad, baños, comedor, etc.

Área total = $60.35 * 1.5 = 90.53$ metros

Así finalmente se multiplica el área total por el costo por metro cuadrado:

Costo de piso = $90.53 * 125.54 = \$11,364.51$ dólares

Los costos descritos arriba están en base anual así que para llevarlos a costos por hora basta con dividirlos entre el número de horas trabajadas por año:

Costo de piso por hora = \$11,364.51 dólares / 4,503 horas al año

Costo de piso por hora = \$2.52 dólares por hora

3.2.4. Costo por mantenimiento y reparaciones de maquinaria (MRO)

Este rubro compensa los gastos ejercidos por el proveedor para mantener su maquinaria y herramientas en estado óptimo. Dado que Ford asume que el proveedor utiliza todo el tiempo equipo nuevo al entregarle depreciación al 100% entonces la compensación que se otorga por mantenimiento está en línea con este supuesto otorgando así un monto relativamente bajo para este rubro.

De manera similar al costo de piso, el costo por mantenimiento y reparaciones de maquinaria está conformado por tres conceptos: insumos, capital y labor de mantenimiento. Cada uno de los cuales contempla los siguientes elementos:

- Insumos: refacciones, herramientas percederos, equipo de seguridad, etc.
- Capital: Equipo destinado al mantenimiento de la maquinaria y/o herramientas del producción.
- Labor de mantenimiento: Técnicos especializados en mantenimiento a maquinaria así como a los herramientas propiedad de Ford Motor Company.

La manera de calcular el "MRO" (siglas del inglés "Maintenance Repairs and Others") es utilizando ciertos porcentajes aplicados al costo de inversión inicial y dividiendo el resultado entre el número de horas disponibles al año:

- Porcentaje para insumos de mantenimiento de maquinaria: 2.25%
- Costo por hora de insumos para mantenimiento de maquinaria = $((\$690,369 + \$69,037) * .0225) / 4,503 = \3.79 dólares por hora

- Porcentaje para insumos de mantenimiento de herramientas: 1.62%
- Costo por hora de insumos para mantenimiento de herramientas = $((\$690,369 + \$69,037) \cdot 0.0162) / 4,503 = \2.73 dólares por hora
- Porcentaje para mano de obra de mantenimiento de maquinaria: 3.62%
- Costo por hora de mano de obra para mantenimiento de maquinaria = $((\$690,369 + \$69,037) \cdot 0.0362) / 4,503 = \6.1 dólares por hora
- Porcentaje para mano de obra de mantenimiento de herramientas: 2%
- Costo por hora de mano de obra para mantenimiento de herramientas = $((\$690,369 + \$69,037) \cdot 0.02) / 4,503 = \3.37 dólares por hora
- Porcentaje para capital de mantenimiento de maquinaria: 0.37%
- Costo por hora de capital para mantenimiento de maquinaria = $((\$690,369 + \$69,037) \cdot 0.0037) / 4,503 = \0.62 dólares por hora
- Porcentaje para capital de mantenimiento de herramientas: 0.5%
- Costo por hora de capital para mantenimiento de herramientas = $((\$690,369 + \$69,037) \cdot 0.005) / 4,503 = \0.84 dólares por hora

Así si sumamos todos los conceptos anteriores llegamos al costo por hora para el mantenimiento o "MRO" del centro de maquinado:

$$\begin{aligned} \text{MRO} &= \text{Insumos mantenimiento maquinaria} + \text{Insumos mantenimiento} \\ &\text{herramientales} + \text{Mano de obra mantenimiento maquinaria} + \text{Mano de} \\ &\text{obra mantenimiento herramientas} + \text{Capital mantenimiento de} \\ &\text{maquinaria} + \text{Capital mantenimiento de herramientas} = \$3.79 + \$2.73 \\ &+ \$6.1 + \$3.37 + \$0.62 + \$0.84 = \$17.45 \text{ dólares por hora} \end{aligned}$$

3.2.5. Costo de materiales indirectos

Este concepto compensa al proveedor por los materiales indirectos que son consumidos por la máquina durante la manufactura de un producto. Ejemplos de materiales indirectos son: aceites para prensas hidráulicas, fluidos de corte, gas acetileno, etc.

En el caso del centro de maquinado en estudio se tiene aceite para el sistema hidráulico de la máquina y fluido de corte:

- Consumo de aceite hidráulico por hora (Litros) = 0.10 L
- Costo por litro de aceite hidráulico = \$0.87 dólares
- Costo por hora de aceite hidráulico = \$0.09 dólares por hora
- Consumo de fluido de corte por hora (Litros) = 0.15 L
- Costo por litro de fluido de corte = \$0.59 dólares
- Costo por hora de fluido de corte = \$0.09 dólares por hora
- Costo de materiales indirectos por hora = \$0.18 dólares por hora

3.2.6. Costo del seguro de la maquinaria

Finalmente este rubro compensa al proveedor por el costo de asegurar el capital invertido en maquinaria. Este monto se calcula aplicando un porcentaje al costo de la máquina de manera que a mayor sea el monto de la inversión mayor será el costo de asegurarla:

Porcentaje para seguro de la máquina: 0.5%

Costo del seguro de la máquina = (Porcentaje del seguro * Valor de reposición del equipo) / Horas productivas anuales

Costo del seguro de la máquina = $(0.5\% * (\$690,369 + \$69,037 - \$34,518)) / 4,503 = \0.84 dólares por hora

Así pues sumalizando los diferentes conceptos que conforman el costo de operativo de la maquinaria u "Overhead" tenemos lo siguiente:

Overhead = Depreciación + Consumo de Energía + Costo de Piso + Mantenimiento de Maquinaria y Herramental + Materiales Indirectos + Seguro de la Maquinaria

En nuestro ejemplo del centro de maquinado el costo por hora queda:

Overhead = $\$16.1 + \$1.65 + \$2.52 + \$17.45 + \$0.18 + \$0.84 = \$38.74$

Replicando la metodología recién descrita a la celda completa de maquinado de la carcasa del PTU y multiplicando cada uno de los costos por hora de los equipos que la conforman por su tiempo ciclo tenemos:

Equipo	Costo de Overhead por hora (\$/Hr)	No. de Equipos	Tiempo Ciclo Real de la Celda (min)	Pérdidas del Proceso (Scrap) %	Costo (\$)
Centro de Maquinado	\$ 38.74	3	1.8	1%	\$ 3.45
Estación de carga y descarga	\$ 46.58	1	1.8	1%	\$ 1.38
Equipo Robótico de Transferencia de Piezas	\$ 13.97	1	1.8	1%	\$ 0.42
Total					\$ 5.25

Tabla 3.7 Costos operativos de maquinaria u “overhead” de la celda de maquinado de la carcasa

Hasta aquí se ha ejemplificado como se calculan los costos de materia prima así como los costos de operación de la maquinaria u “overhead”, lo siguiente que hay que considerar son los costos de mano de obra.

3.2.7. Mano de obra (Labor)

Observando la celda de maquinado de la carcasa vemos que un solo operador se encarga de la operación de la celda completa, a continuación se explican las consideraciones en relación al costo de mano de obra.

El costo de labor por hora reflejado en el estimado de costos de Ford es la combinación de tres conceptos:

- Salario base de mano de obra directa (operadores de línea que participan en el proceso de transformación/ensamble de un producto determinado).
- Salario base de mano de obra indirecta (empleados que soportan la actividad productiva de la planta sin participar directamente en el proceso de manufactura). Dentro de la mano de obra indirecta se tienen dos categorías: mano de obra indirecta con salario por hora (movedores de material, supervisores de línea, inspectores de calidad, etc.) y staff de la planta con salario mensual (Gerente de Planta, ingenieros de manufactura, recursos humanos de la planta, etc.).
- Prestaciones tanto para mano de obra directa como para mano de obra indirecta, este rubro incluye conceptos como aguinaldos, primas

vacacionales, reparto de utilidades, bonos de puntualidad, fondos de ahorro, etc.

En el caso del proveedor del PTU localizado en los Estados Unidos se tiene lo siguiente: salario base por hora para mano de obra directa: \$18.04 dólares por hora.

Luego, estudios (basados en fuentes gubernamentales así como consultorías externas) han concluido que en ese país por cada dólar que se paga de mano de obra directa se pagan aproximadamente \$0.55 dólares de mano de obra indirecta de manera que para nuestro ejemplo tenemos para mano de obra indirecta: $\$18.04 * 0.55 = \9.92 dólares por hora.

Una vez calculados los costos de salario base por hora tanto para mano de obra directa como para mano de obra indirecta se debe de agregar el paquete de prestaciones que se le otorgan a ambas categorías. Los mismos estudios que establecieron la relación entre ambas categorías de mano de obra establecen también que el porcentaje de compensación adicional por concepto de prestaciones es de aproximadamente 53% de esta manera obtenemos el costo total de mano de obra por hora como sigue:

- Costo total de mano de obra por hora = (Mano de obra directa + mano de obra indirecta)*Porcentaje de prestaciones
- Costo total de mano de obra por hora = $(\$18.04 + \$9.92)*1.53$
- Costo total de mano de obra por hora = \$42.78 dólares por hora

Calculando el costo total de mano de obra para la celda de maquinado de la carcasa:

- Costo de mano de obra = Costo de mano de obra por hora * Tiempo ciclo real de la maquina * Factor de pérdidas del proceso de manufactura
- Costo de mano de obra = $\$42.78 * (1.8/60) * 1.01 = \1.27 dólares

Hasta este punto se han mostrado ejemplos de como calcular los costos de manufactura como son: materias primas, componentes comprados, costos de

operación de maquinaria y mano de obra. Ahora exploraremos las compensaciones agregadas a los costos de manufactura o "Mark Ups".

3.2.8. Compensaciones adicionales del estimado de costos (Mark Ups)

Las compensaciones agregadas al costo de manufactura o "Mark Ups" se dividen en tres conceptos como se explica a continuación:

- Pérdidas de producto terminado: este concepto compensa al proveedor por defectos de calidad detectados en producto totalmente terminado, daños en transportación, pruebas destructivas, etc. El porcentaje establecido para este mark up es uno solo para todo el universo de ensamblajes comprados a la base de proveedores y es de 0.7%.
- Gastos de Venta, Administrativos y Corporativos en general, mejor conocido en el medio como "SG&A", siglas del inglés "Sales, general & administrative": este rubro compensa al proveedor por los departamentos corporativos de mercadotecnia y ventas, finanzas, sistemas, recursos humanos, legal, etc. El porcentaje asignado depende del producto en cuestión ya que su valor está estrechamente relacionado con el tamaño y/o complejidad de la organización requerida para producir un producto determinado. Para el caso de nuestro PTU el porcentaje de SG&A es de 8.8%.
- Retorno de la inversión o "Profit": este porcentaje compensa al proveedor por el riesgo incurrido al invertir en capital para ser capaz de producir un producto determinado, a mayor inversión mayor será el riesgo y por ende mayor será el retorno de la inversión. Este mark up depende tanto del producto como de la localidad donde se fabrica pues no es lo mismo invertir y adquirir deuda dentro de una economía desarrollada y estable a hacerlo en una economía emergente de mayor inestabilidad ante las fluctuaciones de la economía global. En el caso de nuestro PTU producido en EUA se tiene un profit de 6.9%.

Los mark ups se aplican en secuencia empezando por las pérdidas de producto terminado, siguiendo por el SG&A y finalmente el profit. Así mismo se aplican de manera escalonada, tomando una vez más el ejemplo de la celda de maquinado de la carcasa (incluyendo la materia prima) tenemos lo siguiente:

<u>Rubro</u>	<u>Costo</u>
Material \$	8.75
Overhead \$	5.25
Mano de Obra \$	1.27
Costo de Manufactura \$	15.27

<u>Mark Ups</u>	
Pérdidas de Producto Terminado (Costo de Manufactura * 0.7%) \$	0.11
SG&A ((Costo de Manufactura + Pérdidas de Producto Terminado) * 8.8%) \$	1.35
Profit ((Costo de Manufactura + Pérdidas de Producto Terminado + SG&A) * 6.9%) \$	1.15
Costo total del proceso de maquinado de la carcasa (incluyendo material) \$	17.88

Tabla 3.8 Compensaciones agregadas al costo de manufactura de la carcasa del PTU.

3.3. Sumario del estimado de costos (8 bin)

Completado el proceso de estimación se obtiene el documento llamado "OCE" (siglas del inglés "Optimal Cost Estimate") el cual se resume en ocho rubros.

Estimator	MX15	SICARDO, EDUARDO (E.)	Estimate Category	OCE	
			Ford	Supplier	Variance Supplier (o)/u Ford
Total Raw Materials			0.00	0.00	0.00
Total Bought-Out Content			89.65	0.00	89.65
Labour					
Direct Labour			7.88		
Direct Fringe			4.18		
Direct Labour			12.06	0.00	12.06
Indirect Labour			5.05		
Indirect Fringe			2.68		
Indirect Labour			7.73	0.00	7.73
Total Labour			19.79	0.00	19.79
Total Burden			26.70	0.00	26.70
Total Manufacturing Cost			136.15	0.00	136.15
1st Tier Mark-Ups					
Scrap			0.33		
SG&A			4.12		
Profit			3.52		
Total 1st Tier Mark-Ups			7.96	0.00	7.96
Total Bought-Out Mark-Ups			15.35	0.00	15.35
Sub-Total Piece Cost (ex-works)			159.46	0.00	159.46

Tabla 3.9 Sumario del estimados de costos de Ford (8 bin). Recuperada de la Intranet de Ford de México.

3.4 Estimación y auditoría del costo de los herramientas

A diferencia del costeo de los componentes del auto, el costeo de los herramientas requiere conocimientos muy específicos los cuales tienen que ver con las horas de diseño, fabricación y pruebas de la herramienta.

Al representar los herramientas un costo relativamente pequeño comparado con el dinero invertido en la compra de los componentes en si, el costeo de los mismos representa una actividad secundaria.

Esto no quiere decir que no se tenga manera de evaluar los costos de ningún herramienta. Se cuenta con un software llamado Schmale que permite crear estimados detallados para herramientas clave como son moldes de inyección de plásticos, de fundición a presión así como troqueles de estampado. Este software se utilizó para costear el molde de fundición de la carcasa.

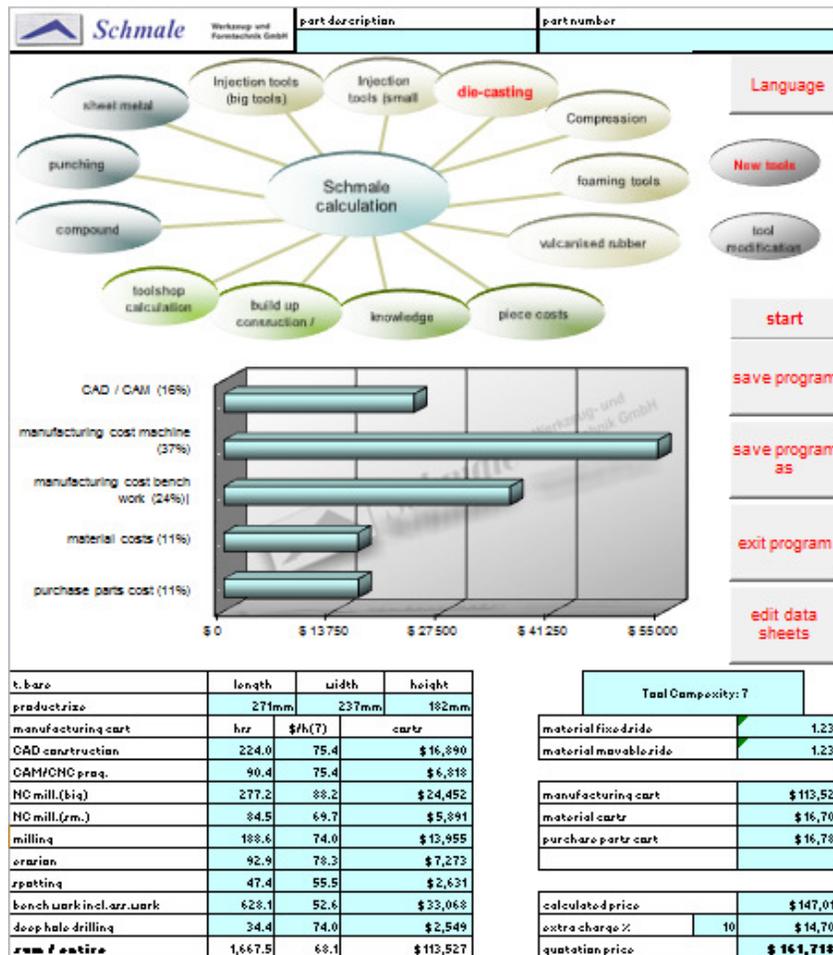


Figura 3.5 Pantalla del software Schmale para costeo de herramientas. Recuperada de la Intranet de Ford de México.

La información de entrada para Schmale es la geometría de la pieza con todos sus detalles: dimensiones, número y tamaño de "costillas" o refuerzos, espesor de la pared, etc., también toma en cuenta el material a inyectar.

Una vez ingresada la información el software completa la estimación del costo del herramental desglosando el mismo en los siguientes rubros:

- Costo por diseño: aquí se incluyen las horas que el diseñador del herramental ocupa en un programa CAD/CAM para hacer el diseño mecánico, realizar análisis de elemento finito y por último hacer la programación CNC para fabricar la herramienta. En el caso del análisis del molde de la carcasa de nuestro PTU este concepto representa el 16% del costo total del herramental.

Concepto	Horas	Costo por hora (Dólares/Hora)	Costo
Diseño y análisis CAD/CAE	224	\$ 75.4	\$ 16,890
Programación CAM/CNC para fabricación	90.4	\$ 75.4	\$ 6,818
Costo Total			\$ 23,708

Nota:

El costo por hora incluye el salario del diseñador así como el uso de la estación de trabajo y software de diseño y análisis

Tabla 3.10 Sumario de costos de diseño del molde de la carcasa

- Fabricación del molde: incluye los costos de fabricación.

Concepto	Horas	Costo por hora (Dólares/Hora)	Costo
Fresado CNC (secciones grande)	277.2	\$ 88.2	\$ 24,449
Fresado CNC (secciones pequeñas)	84.5	\$ 69.7	\$ 5,890
Fresado fino	188.6	\$ 74.0	\$ 13,956
Erosión	92.9	\$ 78.3	\$ 7,274
Punteado	47.4	\$ 55.5	\$ 2,631
Ensamble	628.1	\$ 52.6	\$ 33,038
Barrenado profundo	34.4	\$ 74.0	\$ 2,546
Costo Total			\$ 89,784

Nota:

El costo por hora incluye el salario del técnico especializado así como el uso de la maquinaria correspondiente

Tabla 3.11 Sumario de costos de fabricación del molde de la carcasa

Además de los costos de diseño y fabricación de la herramienta se tienen los costos del material (acero de alta resistencia X40CrMoV5-1) y los costos de partes compradas (tornillería de alta resistencia, válvulas para el sistema de enfriamiento, etc.) quedando como sigue:

Concepto	Costo
Material (Acero X40CrMoV5-1)	\$ 16,703
Partes compradas (válvulas, tornillería, etc.)	\$ 16,786
Costo Total	\$ 33,489

Tabla 3.12 Sumario de costos de material y partes compradas del molde de la carcasa

Así pues el costo de manufactura del molde queda como sigue:

Concepto	Costo
Diseño y análisis	\$ 23,708
Fabricación	\$ 89,784
Materiales	\$ 33,489
Costo Total	\$ 146,981

Tabla 3.13 Sumario de costos de manufactura del molde de la carcasa

Finalmente se asignan los mark ups o compensaciones agregadas al costo de manufactura, se agrega un 10% más quedando el precio del molde:

Precio final = Costo de manufactura + Compensaciones agregadas

Precio final = \$146,981 + \$14,702 = \$161,683 dólares

El precio estimado obtenido para el molde de fundición de la carcasa fue luego cotejado contra la cotización del proveedor que fue de \$172,500 dólares, es decir una diferencia \$10,817 dólares o 6% lo cual no representa una discrepancia escandalosa.

Como se mencionó anteriormente Ford cuenta con una herramienta computacional altamente sofisticada para estimar costos solo de los herramientas de mayor impacto. Sin embargo existen otros muchos tipos de herramientas que si bien tienen un costo menor, al sumarse en grandes cantidades pueden representar un monto considerable.

Tal es el caso de los herramientas de maquinado que se requieren para el PTU y para los cuales no se cuenta con un software costeo. En estos casos la alternativa es utilizar los registros históricos de costos de herramientas similares para así poder realizar un análisis de costo/valor o "VFM" por las siglas del inglés "Value for money".

La Tabla 3.14 a continuación muestra como el analista de costos de Ford comparte al área de compras una cotización de herramental de maquinado de un proyecto muy similar revisado anteriormente esto con el fin de tener un punto de referencia que permita tener mayor fuerza en la negociación con el proveedor. En este caso un parámetro clave en la comparación es el volumen de producción del proyecto referenciado, el cual es de 280,000 unidades por año contra las 150,000 unidades de nuestro PTU y aun así ambas cotizaciones estaban casi al mismo nivel lo cual no suena lógico dado que el herramental de maquinado al igual que cualquier otro está estrechamente relacionado con el volumen de producción (a mayor producción mayor número de herramientas requeridas).

Is Item a Main Gap Driver? Y/(N)	Supplier (150k pcs/yr)	Ford	Variance	Project C1 Quote (280K pcs/yr) (Only for Reference)	
Y	Spiral Bevel Gear Tooling	\$ 657,280	\$ 261,323	\$ (395,957)	\$ 389,391
	Heat Treat Tooling	\$ 48,820	\$ 9,382	\$ (39,438)	\$ 64,000
Y	Machining Centers Tooling	\$ 353,500	\$ 80,759	\$ (272,741)	\$ 245,483
	Machining Centers Design Changes	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ -	n/a
	Machining Centers Edmunds Gage Tooling	\$ 145,895	\$ 145,895	\$ -	\$ 145,895
	Machining Centers Leak Test Tooling	\$ 55,400	\$ 50,000	\$ (5,400)	\$ 50,000
Y	Assembly Line and Test Stand Tooling	\$ 805,145	\$ 559,212	\$ (245,933)	\$ 580,750
	Assembly Line Tooling for design Changes	\$ 14,750	\$ 14,750	\$ -	n/a
	Logistics Tooling	\$ 50,000	Pending	\$ (50,000)	\$ -
	Customer Quality - CMM Tooling	\$ 15,000	\$ 15,000	\$ -	\$ -
	Rec'g Inspection Tooling	\$ 66,500	\$ 40,000	\$ (26,500)	\$ 40,000
Y	Housing and Cover Tooling	\$ 333,400	Pending	\$ (333,400)	\$ 1,029,100
	Input Shaft Tooling	\$ 92,000	\$ 92,000	\$ -	\$ 287,000
	Ring Gear Tooling	\$ 37,600	\$ -	\$ (37,600)	\$ 25,000
	Pinion Gear Tooling	\$ 9,400	\$ 9,400	\$ -	\$ 25,000
	Shim Tooling - LH	\$ 24,000	\$ 24,000	\$ -	n/a
	Shim Tooling - RH	\$ 23,000	\$ 23,000	\$ -	n/a
	Tooling - Face Seal (change #5)	\$ 37,000	Pending	\$ (37,000)	\$ -
	Tooling - Baffle Plate	\$ 4,000	\$ 4,000	\$ -	n/a
	Total	\$ 2,797,690	\$ 1,353,721	\$ (1,443,969)	\$ 2,881,619

Tabla 3.14 Tabla comparativa de costos de herramental de corte de dos proyectos similares.

CAPÍTULO 4: RECONCILIACIÓN DE LOS FÍSICOS Y COSTOS CON EL PROVEEDOR.

4.1 Elaboración de la comparativa línea por línea

Una vez terminado el estimado de costos de Ford, este se coteja contra la cotización del proveedor para identificar plenamente las áreas de discrepancia entre ambos documentos.

Para realizar lo anterior se puede usar cualquier formato en Excel que permita alinear claramente los diferentes elementos que conforman el costo de PTU.

A continuación se presentan diversas tablas que muestran el comparativo inicial para las diferentes secciones de la estructura de costos empezando por las partes compradas:

PTU GAP ANALYSIS										
PURCHASED PARTS					PURCHASED PARTS					
SUPPLIER					FORD					
Description	Unit Cost (USD)	Freight (USD)	Qty	Total Cost (USD)	Description	Unit Cost (USD)	Freight (USD)	Qty	Total Cost (USD)	Variance (USD)
Vent (tube elbow)	\$ 0.54	\$ 0.04	1	\$ 0.58	Vent (tube elbow)	\$ 0.54	\$ 0.01	1	\$ 0.55	\$ (0.03)
Vent Cap	0.03	0.00	1	0.03	Vent Cap	0.03	0.00	1	0.03	(0.00)
Seal-Radial Shaft, Dbl Lip	1.40	0.10	1	1.50	Seal-Radial Shaft, Dbl Lip	1.40	0.03	1	1.43	(0.07)
Seal-Radial Shaft 47x70x11	2.53	0.18	1	2.70	Seal-Radial Shaft 47x70x11	2.53	0.05	1	2.58	(0.13)
Seal-Radial Shaft 58x70x10	2.63	0.18	1	2.81	Seal-Radial Shaft 58x70x10	2.63	0.05	1	2.68	(0.13)
Seal-Radial Shaft-Unitized	3.26	0.23	1	3.49	Seal-Radial Shaft-Unitized	3.26	0.07	1	3.33	(0.16)
Tapered roller bearing 41x82x26 tubeshaft	5.02	0.35	1	5.38	Tapered roller bearing 41x82x26 tubeshaft	5.02	0.10	1	5.12	(0.25)
Tapered roller bearing 46x75x18 head pinion	4.63	0.32	1	4.96	Tapered roller bearing 46x75x18 head pinion	4.63	0.09	1	4.73	(0.23)
Tapered roller bearing 33x68x22 tail pinion	4.01	0.28	1	4.29	Tapered roller bearing 33x68x22 tail pinion	4.01	0.08	1	4.09	(0.20)
Tapered roller bearing	4.61	0.32	1	4.94	Tapered roller bearing	4.61	0.09	1	4.71	(0.23)
Magnetic oil plug assembly	1.54	0.11	1	1.65	M14 Plug, Magnaseal 9009026615M14 Plug, Magi	0.34	0.01	1	0.35	(1.30)
	-	-	0	-	M16 Plug, Magnaseal, Magnetic	0.30	0.01	1	0.31	0.31
Flange Nut Pinion	1.90	0.13	1	2.03	Flange Nut Pinion	0.31	0.01	1	0.32	(1.72)
O-ring 134, 5x3	1.01	0.07	1	1.08	O-ring 134, 5x3	0.55	0.01	1	0.56	(0.52)
Flange Output	11.25	0.79	1	12.04	Flange Output	7.43	0.15	1	7.58	(4.46)
Shims series tubular shaft	0.78	0.05	1	0.83	Shims series tubular shaft	0.40	0.01	1	0.41	(0.42)
Hypoid oil SAF-XO	2.77	0.19	1	2.96	Hypoid oil SAF-XO	2.84	0.06	1	2.90	(0.07)
Shims	0.61	0.04	1	0.65	Shims	0.40	0.01	1	0.41	(0.24)
M6x1x25 Taptite	0.32	0.02	9	2.90	M6x1x25 Taptite	0.08	0.00	9	0.72	(2.19)
Input shaft	18.44	1.29	1	19.73	Input shaft	17.49	0.35	1	17.84	(1.89)
Shim	0.38	0.03	1	0.41	Shim	0.23	0.00	1	0.23	(0.17)
Shim	0.28	0.02	1	0.30	Shim	0.19	0.00	1	0.19	(0.11)
Shipping cap	0.22	0.02	1	0.24	Shipping cap	0.22	0.00	1	0.22	(0.01)
Bushing	0.34	0.02	1	0.36	Bushing	0.07	0.00	1	0.07	(0.29)
Stud	0.06	0.00	1	0.06	Stud	0.07	0.00	1	0.07	0.01
V-Seal	0.50	0.04	1	0.54	V-Seal	0.50	0.01	1	0.51	(0.03)
ID Tag	0.04	0.00	1	0.04	ID Tag	0.04	0.00	1	0.04	(0.00)
Slinger	0.20	0.01	1	0.21	Slinger	0.21	0.00	1	0.21	(0.00)
Shipping Plug	0.29	0.02	1	0.31	Shipping Plug	0.14	0.00	1	0.14	(0.17)
SUB-TOTAL PURCHASED PARTS				\$ 77.01	SUB-TOTAL PURCHASED PARTS				\$ 62.31	\$ (14.70)

Tabla 4.1 Comparativo línea a línea de la sección de partes compradas

Continuando con la sección de materias primas:

RAW MATERIAL										
Description	Unit Cost (USD)	Re-claim Revenue (Per Unit)	Net Usage	Total Cost (USD)	Description	Unit Cost (USD)	Re-claim Revenue (Per Unit)	Net Usage	Total Cost (USD)	Variance (USD)
Housing casting	\$ 14.61	\$ 0.06	1	\$ 14.55	Housing Casting	\$ 11.23	\$ -	1	11.23	\$ (3.32)
Cover finished	6.38	0.03	1	\$ 6.35	Cover Finished	4.55	-	1	4.55	(1.80)
Hypoid pinion	8.23	0.03	1	\$ 8.21	Hypoid Pinion	5.42	-	1	5.42	(2.78)
Hypoid ring gear	6.94	0.02	1	\$ 6.91	Hypoid Ring Gear	6.13	-	1	6.13	(0.78)
SUB-TOTAL RAW MATERIAL				\$ 36.02	SUB-TOTAL RAW MATERIAL				\$ 27.33	\$ (8.69)

Tabla 4.2 Comparativo línea a línea de la sección de materias primas

Después se tiene la sección de mano de obra y costos de operación de la maquinaria:

VALUE ADD												
SUPPLIER					FORD							
DL Fully Fringed (\$/Hr):		\$24.90			DL Fully Fringed (\$/Hr):		\$ 27.60					
IL Fully Fringed Mach Center (\$/Hr):		\$18.75			IL Fully Fringed Mach Center (\$/Hr):		\$ 15.18					
IL Fully Fringed SBG/Assy (\$/Hr):		\$14.30			IL Fully Fringed SBG/Assy (\$/Hr):		\$ 15.18					
Description	Heads (Direct Labor)	Actual JPH	DL Fully Fringed	IL Fully Fringed	Fixed Mfg. OH (\$/Hr)	Variable Mfg. OH (\$/Hr)	Total Mfg. OH Cost	Total Value Add Cost per Unit	Total OH Rate, Fixed + Variable (\$/Hr)	Total Mfg. OH Cost	Total Value Add Cost per Unit	Variance (USD)
Machine center	8	79	\$ 2.52	\$ 1.90	\$ 340	\$ 305	\$ 8.16	\$ 12.58				
Subtotal Machine Center									\$ 12.58			
Spiral bevel gear	24	57	10.48	6.02	490	385	15	32				
Subtotal Value Add									\$ 82.27			
Subtotal Machine Center									\$ 8.96			\$ (3.62)
Pinion soft turn, generate, heat treat & finish												
Housing Machine Center - Auto	1.00	34	\$ 0.81	\$ 0.45	\$ 61	\$ 178	\$ 3.07	\$ 1.78	\$ 3.07	\$ 1.78	\$ (9.51)	
Housing Machine Center - ExCe	0.00	11	-	-	39	3.50	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	
Housing Drain Hole Machining	1.00	35	0.79	0.43	39	1.11	2.35	1.11	2.35	1.11	2.35	
Subtotal Machine Center									\$ 8.96		\$ (3.62)	
Pinion soft turning, generate, heat treat & finish												
Pinion Soft Turning / Facing & Cr	1.00	102	0.27	0.15	41	0.41	0.83	0.83	0.83	0.41	0.83	(31.02)
Pinion Soft Turning / OD Machin	0.00	51	-	-	33	0.64	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
Pinion Gauging	0.00	102	-	-	11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
Pinion Generate	0.00	51	-	-	59	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	
Pinion Spline & Thread Forming	0.50	51	0.27	0.15	57	1.11	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	
Pinion Deburr	1.00	102	0.27	0.15	41	0.41	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	
Pinion Heat Treatment	1.00	269	0.10	0.06	343	1.27	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	
Pinion Straightening	0.50	102	0.14	0.07	17	0.17	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
Pinion Grinding	1.00	204	0.14	0.07	48	0.23	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
Pinion Final Inspec & Wash	1.00	102	0.27	0.15	21	0.20	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	
Ring Gear Soft Turning	1.00	68	0.41	0.22	82	1.20	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	
Ring Gear Gauging	0.00	136	-	-	11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Ring Gear Generator	0.00	34	-	-	48	1.42	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	
Ring Gear Heat Treat	1.00	230	0.12	0.07	343	1.49	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	
Ring Gear Grinding	0.50	61	0.23	0.12	29	0.47	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	
Ring Gear Drilling & Tapping	0.00	61	-	-	29	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
Ring Gear Final Inspec & wash	1.00	122	0.23	0.12	13	0.11	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	
Ring Gear/ Input Shaft Welding	3.00	87	0.95	0.52	146	1.67	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	
Pinion/Ring Gear Lapping	1.00	61	0.45	0.25	55	0.91	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	
Assembly	13.00	56	6.41	4.54	370	6.61	17.74	17.74	17.74	17.74	17.74	
Subtotal Value Add									\$ 46.37		\$ (35.90)	

Tabla 4.3 Comparativo línea a línea de la sección de labor y costos operativos de maquinaria

Como se puede observar en la Tabla 4.3 la porción de mano de obra y costos de operación de la maquinaria representa una diferencia muy grande, tan solo en esta sección se tenían \$35.9 dólares o 44% de discrepancia siendo el proveedor más alto que el estimado de Ford. Por esta razón esta fue al área de mayor foco durante los meses de negociación entre Ford y el proveedor.

Finalmente se muestra la sección de compensaciones agregadas al costo de manufactura o mark ups y el precio final estimado tanto por el proveedor como por Ford:

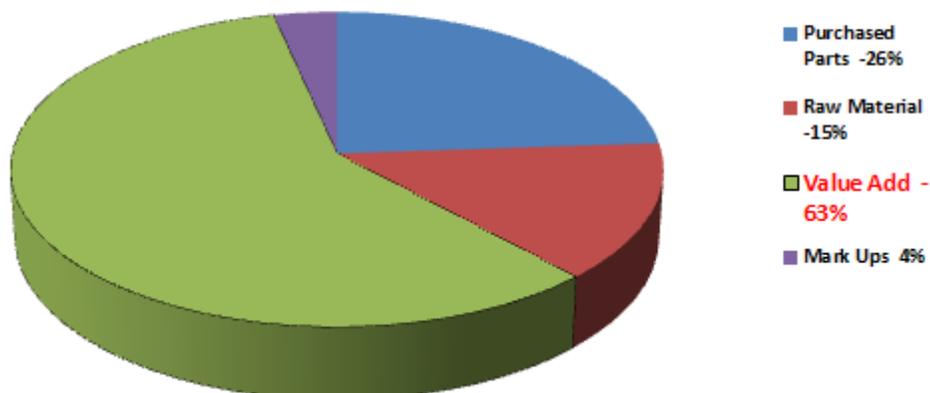
MARK-UPS					
End Item Scrap	\$ -	End Item Scrap	\$ 0.96	\$ 0.96	
Corporate Overhead/SG&A (Finance Cost + SG&A + Warraby Cost)	\$ 4.93	Corporate Overhead/SG&A (Finance Cost + SG&A + Warraby Cost)	\$ 12.09	\$ 7.16	
Profit	\$ 16.30	Profit	\$ 10.31	\$ (5.99)	
	\$ 21.23		\$ 23.36	\$ 2.13	
	\$ 216.53		\$ 159.36	\$ (57.17)	

Tabla 4.4 Comparativo línea a línea de la sección de "mark ups" y precio final

Se puede apreciar que se obtuvo una diferencia total entre la cotización inicial del proveedor y el estimado de Ford de \$57.17 dólares o 26% además de que el proveedor otorgó muy poco detalle en esta sección de la cotización. Ante este nivel de discrepancia la alta gerencia del área de compras no permitía al comprador del PTU cerrar el contrato con el proveedor por lo que había que trabajar como equipo para reducir la diferencia o "gap".

Para hacer más ilustrativa la distribución de la discrepancia o "gap" entre las principales categorías de la estructura de costos se realizó la siguiente gráfica:

Gap Breakdown



Gráfica 4.1 Desglose de la discrepancia entre el estimado de Ford y la cotización del proveedor

4.2 Alineación de los parámetros físicos del proceso de manufactura observado y la cotización

Como se mencionó anteriormente la principal área de discrepancia entre la cotización y el estimado de costos de Ford radicaba en la sección de mano de obra y de costos de operación de maquinaria. Además el proveedor agrupaba

un amplio número de operaciones de manufactura en tan solo tres líneas de cotización lo que presentaba una dificultad adicional para identificar claramente los puntos de discrepancia.

Sin embargo, a pesar de proporcionar poco detalle el proveedor mostró en su cotización una cantidad de 33 operadores directos para el ensamble final. Esto era algo a todas luces cuestionable ya que al visitar su planta se observaron tan solo 13 personas trabajando en esa línea.

Al argumento del proveedor para cotizar 33 operadores es que eventualmente al alcanzar el volumen máximo de producción se requerirían dos turnos y medio para cubrir la demanda de ahí la cantidad de operarios cotizados. Sin embargo desde la perspectiva de Ford no se estuvo de acuerdo con este argumento ya que la cotización se debe realizar para una sola pieza y cuando se multiplica el precio unitario por el volumen total de compra anual se estarán pagando todos los turnos que sean requeridos para la producción total.

El siguiente análisis ilustra este punto:

Cuello de botella del proceso de manufactura del PTU:		Maquinado de la carcasa
Piezas por hora reales del cuello de botella :		34 pcs/hr
Costo de mano de obra y de operación de maquinaria del PTU:	\$	46.37
Número de PTUs requeridos al año:		150,000
Costo total anual de mano de obra y de operación de maquinaria :	\$	6,955,500
PTU´s producidos anualmente en un turno de 8 horas (237 días trabajados):		64,464
Costo de mano de obra y de operación de maquinaria pagado anualmente en un turno:	\$	2,989,196
Costo de mano de obra y de operación de maquinaria pagado anualmente en dos turbo y medio:	\$	7,472,989

Tabla 4.5 Análisis de costos de labor y de operación de maquinaria totales en relación al volumen de producción

Así pues se demuestra que a partir del costo unitario del PTU (considerando solo las 13 personas que trabajan en un turno) se compensa al proveedor por la cantidad de turnos que tenga que trabajar para cumplir la demanda anual de producción.

Lo anterior se replicó para las secciones de maquinado de la carcasa y de los engranes y flechas del PTU.

Para el maquinado de la carcasa el proveedor mostraba 8 personas trabajando en los 2.5 turnos requeridos sin embargo Ford otra vez manifestó su desacuerdo. En este caso ni siquiera se tenían 8 operadores al considerar los 2.5 turnos ya que en esta área solo trabajaban 2 operadores directos en total lo cual al multiplicarlo por 2.5 da un total de 5 operadores. Es en este tipo de casos donde se hace muy importante que el analista de costos de Ford realice un “barrido” a detalle del proceso de manufactura del proveedor como se ilustró en la sección 2.3 del presente trabajo.

Al cuestionarle al proveedor el porque consideraba 8 operarios en esta parte de la cotización aún después de haberle demostrado mediante los diagramas de proceso recabados durante la visita a su planta que no había esa cantidad de personas, entonces este respondió que el conteo de 8 personas consideraba tanto a su mano de obra directa como a la mano de obra indirecta.

Una vez más este argumento fue debatido ya que el costo de mano de obra indirecta se asocia al costo de mano de obra directa mediante la adición de un factor aplicado el número de operadores directos como lo mostraba el formato utilizado para hacer la comparativa a detalle entre la cotización y el estimado de costos de Ford:

VALUE ADD													
SUPPLIER						FORD							
DL Fully Fringed (\$/Hr):						\$24.90						DL Fully Fringed (\$/Hr):	\$ 27.60
IL Fully Fringed Mach Center (\$/Hr):						\$18.75						IL Fully Fringed Mach Center (\$/Hr):	\$ 15.18
IL Fully Fringed SBG/Assy (\$/Hr):						\$14.30						IL Fully Fringed SBG/Assy (\$/Hr):	\$ 15.18
Description	Heads (Direct Labor)	Actual JPH	DL Fully Fringed	IL Fully Fringed	Fixed Mfg. OH (\$/Hr)	Total Value Add Cost per Unit	Description	Heads (Direct Labor)	Actual JPH	DL Fully Fringed	IL Fully Fringed	Total Value Add Cost per Unit	Variance (USD)
Machine center	8	79	\$ 2.52	\$ 1.90	\$ 340	\$ 12.58	Housing Machining, Testing & Gauging						
							Housing Machine Center - Auto	1.00	34	\$ 0.81	\$ 0.45	\$ 3.07	\$ (9.51)
							Housing Machine Center - ExCe	0.00	11	-	-	3.54	3.54
							Housing Drain Hole Machining	1.00	35	0.79	0.43	2.35	2.35
						\$ 12.58						\$ 8.96	\$ (3.62)

Tabla 4.6 Análisis de cantidad de labor requerida para el maquinado de la carcasa

En la Tabla 4.6 se pueden ver un par de renglones “IL Fully Fringed Mach Center (\$/Hr)” y “IL Fully Fringed SBG/Assy (\$/Hr)” que no son otra cosa más que los factores agregados al costo de mano de obra directa por concepto de mano de obra indirecta, de ahí que agregar personas a la cotización bajo el rubro de mano de obra indirecta estaría en realidad duplicando el costo de este concepto lo cual es incorrecto a todas luces.

El proveedor también aumentó la cantidad de operadores en el maquinado y tratamiento térmico de los engranes y flechas al considerar 24 operadores cuando en realidad se observó que solo se requerían 13.5 personas.

4.3 Revisión detallada de los costos de operación de maquinaria

Otro rubro de discrepancia son los costos de operación de maquinaria. En el caso de la celda de maquinado de la carcasa, el proveedor cotizó un costo de \$340 dólares por hora mientras que el estimado consideraba \$138 dólares, esto representaba una gran discrepancia que requería un análisis a detalle.

Se elaboró una calculadora de "overhead" para obtener el desglose del proveedor comenzando por el centro de maquinado Excell-O.

<u>OCE ASSUMPTIONS</u>		
Capital Investment:	\$	690,369
Freight & Installation:	\$	69,037
Residual Value:	\$	34,518
Hours per shift:		10
Shifts per day:		2
Working days per year:		237
Uptime %:		95%
Machine lifetime years:		10
Cost per KWATT:	\$	0.07
KWATT's per hour:		25
Floor Cost O.S. cost per square meter:	\$	125.54
Machine footprint (including safety zones and non production areas) (m^2):		90.5
MRO %:		10.36%
Hydraulic oil cost per liter:	\$	0.87
Hydraulic oil liters per hour:		0.1
Cutting oil cost per liter:		0.6
Cutting oil liters per hour:		0.2
Machine insurance %:		0.5%
Depreciation per hour:	\$	16.10
Utilities per hour:	\$	1.65
Floor cost per hour:	\$	2.52
MRO cost per hour:	\$	17.47
Indirect materials per hour:	\$	0.18
Insurance cost per hour:	\$	0.80
Total OH Rate per Hour	\$	38.72

Tabla 4.7 Detalle de costos operativos del centro de maquinado (datos Ford)

La calculadora de la Tabla 4.7 contiene todos los elementos que conforman el costo de operación de la máquina. Ford requirió al proveedor para llenar el formato con el mismo nivel que le fue compartido para el centro de maquinado y de esta forma conocer que porción de los \$340 dólares por hora que cotizó para la celda de maquinado correspondían a los Excell-O's

El proveedor accedió a llenar el formato solo para el Excell-O con los siguientes resultados:

SUPPLIER ASSUMPTIONS

Capital Investment:	\$	870,000
Freight & Installation:	\$	87,000
Residual Value:	\$	43,500
Hours per shift:		8
Shifts per day:		3
Working days per year:		237
Uptime %:		90%
Machine lifetime years:		10
Cost per KWATT:	\$	0.07
KWATT's per hour:		25
Floor Cost O.S. cost per square meter:	\$	170.00
Machine footprint (including safety zones and non production areas) (m^2):		90.5
MRO %:		15.00%
Hydraulic oil cost per liter:	\$	1.10
Hydraulic oil liters per hour:		0.3
Cutting oil cost per liter:		0.9
Cutting oil liters per hour:		0.5
Machine insurance %:		0.6%
Depreciation per hour:	\$	21.41
Utilities per hour:	\$	1.65
Floor cost per hour:	\$	3.61
MRO cost per hour:	\$	33.65
Indirect materials per hour:	\$	0.71
Insurance cost per hour:	\$	1.28
Total OH Rate per Hour	\$	62.32

Tabla 4.8 Detalle de costos operativos del centro de maquinado (datos proveedor)

Al mostrar sus datos, el proveedor argumentó que había probado que sus costos de overhead eran significativamente mayores a los considerados en el estimado de costos de Ford.

Sin embargo una vez más Ford reto la lógica seguida por el proveedor ya que los tres Excell-O's presentes en la celda constituyen de manera evidente la mayor inversión de capital también los mayores costos operativos de la misma.

Esto se puede apreciar mejor en la Tabla 4.9:

Item: Mfg Process:	PTU Housing Machining		
Cell Equipment	Cost per hour (\$/hr)	Qty	Total Cost per hour (\$/hr)
Excell-O	\$ 62.32	3	\$ 186.96
Auto stacker (load/unload)	?	1	?
Gantry System	?	1	?
Total Cell cost per Hour			\$ 340.00

Auto stacker / Gantry OH \$/hr = Total cell cost per hour - Excell-O's cost per hour

Auto stacker / Gantry OH \$/hr = \$340 - \$196 = \$ 153 \$/hr

Total Excell-O's capital investment: \$2.61 million dollars

A \$153/hr overhead rate will imply a capital investmnet around \$2.25 million dollars which seems extremely high for an auto-stacker and a granty system for which common pricing at \$211,000 and \$231,000 respectively

Tabla 4.9 Análisis de costos operativos de maquinaria en base a datos del proveedor

Al comunicársele al proveedor que si los gastos operativos por hora relacionados a los tres Excell-O's eran de \$187 dólares, entonces no parecía razonable que la estación de carga y descarga junto con el sistema gantry generaran un costo por hora de \$153 dólares. Entonces el proveedor decidió no compartir más detalles de su cotización y se volvió puramente comercial escalándose al nivel del Gerente Global de Compras de Tren Motriz de Ford y al Director de Ventas del proveedor.

En base a la información compartida por estimación de costos de Ford al ejecutivo que tomó la negociación en sus manos este logró que el proveedor redujera en \$17 dólares el precio del PTU quedando así en \$199.53 dólares por unidad contra los \$159.36 dólares del estimado de costos basado en las mejores prácticas de manufactura desde la perspectiva de Ford. Así pues la diferencia entre la cotización y el estimado quedó en \$40.17 dólares o 18.5% lo que generó un plan de acciones para tratar de cerrar aún más la diferencia.

La reducción de \$17 dólares por unidad en el PTU o representó una reducción anual de \$2.55 millones de dólares anuales y \$15.3 millones de dólares durante la vida del programa del vehículo deportivo utilitario en cuestión.

4.4 Negociación de los costos de herramental

Similar al proceso de negociación del precio por unidad del PTU, también los herramientas requeridos para su manufactura pasaron por un proceso de auditoría de costos aunque a un nivel menos detallado.

Breakdown:				Initial Quote	Final Quote	Ford	Variance	Comments
1 Set of Tools: Ring Soft Turning, ring jaws, conveyer	2	Set		\$ 23,000	\$ 11,500	\$ 11,500	(\$11,500)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
1 Set of Tools: Pinion Soft Turning-Face driver body, milling shaft grippers, conveyer fixtures, chuck collet, felsomat grippers	1	Set		11,500	11,500	\$ 11,500	0	-
Pinion-Generate: arbors & robot grippers	2	Sets		31,000	15,500	15,500	(15,500)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Ring-Generate: arbors, deburr & Hob, robot grippers	2	Sets		33,806	16,903	16,903	(16,903)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Soft Tester (contact pattern and backlash developmen	1	Sets		11,000	11,000	11,000	0	
Wera chamfer teeth: pinion jaws	2	Sets		3,500	1,750	3,500	0	
Generate: 3 cutter bodies Ring Left & Right hand Spiro	3	Sets		26,700	8,900	26,700	0	
Generate: 3 cutter bodies Pinion Left & Right hand Spi	3	Sets		26,700	8,900	26,700	0	
Generate: 1 set of blades for ring	1	Sets		4,680	4,680	4,680	0	
Generate: 1 set of blades for Pinion	1	Sets		4,680	4,680	4,680	0	
SMK blade profile profile inspection fixture:	1	Sets		58,000	58,000	26,000	(58,000)	
Spline & Thread Rolling+Felsomat Loader	1	Sets		29,300	29,300	24,500	(4,800)	
Lap: 3 arbors for rings	2	Sets		17,000	8,500	8,500	(8,500)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Lap: 3 arbors for pinions	2	Sets		16,000	8,000	8,000	(8,000)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Test: 3 arbors for rings	2	Sets		17,000	8,500	8,500	(8,500)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Test: 3 arbors for pinions	2	Sets		16,000	8,000	8,000	(8,000)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
OD Grinder Pitch Locating Rings	1	Sets		10,500	10,500	9,000	(1,500)	
OD Grinder Edmunds gage fixture	1	Sets		15,000	15,000	10,000	(5,000)	
OD Grinder Edmunds gage master	1	Each		4,000	4,000	3,500	(500)	
OD Grinder Felsomat Gripper Jaws	1	Sets		4,104	4,104	3,000	(1,104)	
Hard Turning Pitch Locating Ring	2	Sets		36,000	18,000	18,000	(18,000)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Pitch Locating Fixture Face Clamps	2	Sets		14,000	7,000	7,000	(7,000)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Felsomat Gripper Jaws	2	Sets		6,000	3,000	3,000	(3,000)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Internal Robot Jaws	2	Sets		6,000	3,000	3,000	(3,000)	Same as C1 project, this PTU vol is 130K lower
Felsomat Baskets: In process fixtures to locate work pieces with precision for loader gantry. Design				90,000	90,000	14,660	(75,340)	Baskets qty to be reviewed. Approx. \$100K quoted on C1 project for a 191K pcs/yr vol
				Totals	\$515,470	\$370,217	\$287,323	(\$254,147)
				Quote Reduction	\$145,253			
				Reduction Pct.		28%		

Tabla 4.10 Comparativo línea a línea de los costos de herramental

La Tabla 4.10 corresponde a la cotización inicial de los herramientas clasificados como "SBG" por las siglas del inglés "Spiral Bevel Gear" es decir

las diferentes herramientas requeridas para maquinar los diferentes engranes helicoidales e hipoides del PTU. Como se puede apreciar la cotización para este tipo de herramientas disminuyó de \$515,470 dólares iniciales a \$320,217 dólares, es decir una reducción de \$145,253 dólares o 28% lo cual es bastante significativo.

La estrategia seguida para lograr tal reducción no fue establecer un número objetivo de manera arbitraria sino revisar las cotizaciones de proyectos similares cotizados con anterioridad. En este caso la referencia utilizada fue un PTU que se ocuparía en la misma plataforma pero en dos vehículos diferentes al deportivo utilitario en cuestión.

De esta manera se pudieron compartir con el proveedor cotizaciones de algunas herramientas que el mismo había cotizado a Ford en un proyecto anterior.

Customer Owned Tooling Record

Part Number:		Component Description:	HYPOID PINION GEAR	Operation Description:	GENERATE TEETH	Operation #:	30
SAP/Tool/Gage Number:	FRW-285834	Full Tool Description:	SPIRON CUTTER	# of Cavities/Stations:	4	Machine Used On:	C22
Tool Supplier:	KOTC			PO line item #:	50.00	Engineer/Responsible:	
Actual Location Address or Department Used:				Customer & Project:	FORD 755	VTAM / Covisint Tool ID #	
Estimated Tool Life	500,000	Size L x W x H	215 X 150	Weight	35 POUND / EACH	Covisint Part #	

** Tools located at [redacted] suppliers must be permanently marked as property of the customer paying for them and include the assigned part number, VTAM Tool ID Number [redacted] or Covisint ID# and [redacted] which the tool is intended to make [redacted]*

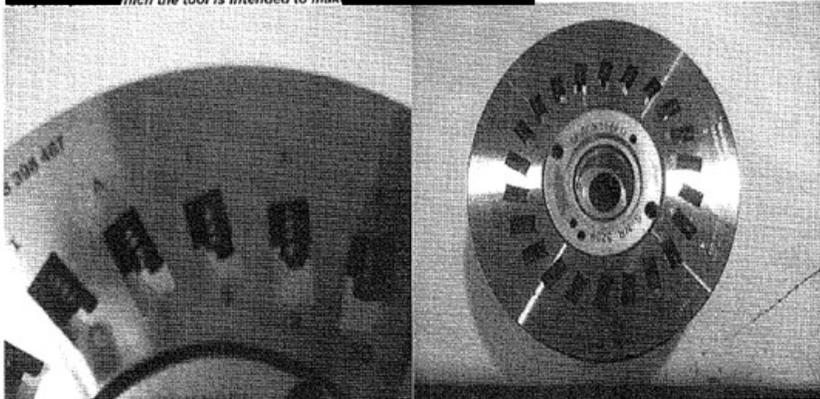


Figura 4.1 Fotografía de cotización de herramienta de corte para engrane helicoidal

Item	Material	Short text	PO qt...	U...	C	Deliv. date	Net price	Per	Q...	Mfg gr...	P...	S...	D	R	Subc...	Batch	Vendor Batch	Info rec	Free	T
10	F		1	PC	D	12/31/2010	7,988.001	PC	Y			1000								
20	F		1	PC	D	12/31/2010	7,985.001	PC	Y			1000								
30	F		2	PC	D	10/22/2010	7,156.001	PC	Y			1000								
40	F		2	PC	D	09/23/2011	7,136.001	PC	Y			1000								
50	F		2	PC	D	10/22/2010	7,156.001	PC	Y			1000								
60	F		2	PC	D	09/23/2011	7,136.001	PC	Y			1000								

Figura 4.2 Fotografía de hoja impresa del sistema de compra de herramientas del proveedor

Las Tablas anteriores muestran fotografías de cotizaciones de herramientas de un proyecto previo utilizadas en la auditoría del herramental del PTU.

Usando estas informaciones se pudo reducir la cotización del herramental de nuestro PTU de \$2,655,880 a \$2,099,454 dólares es decir \$556,426 dólares o 21% menos.

PTU Tooling Summary						
Is Item a Main Gap Driver? Y/(N)		Original Quote	Ford Original Estimate	Updated Quote 12/13/2012	Updated Variance	Expansion Quote 191k pes/gr (Only for Reference)
Y	Spiral Bevel Gear Tooling	\$ 515,470	\$ 287,323	\$ 327,217	\$ (39,894)	\$ 389,391
	Heat Treat Tooling	\$ 48,820	\$ 9,382	\$ 48,820	\$ (39,438)	\$ 64,000
Y	Machining Centers Tooling	\$ 353,500	\$ 80,759	\$ 138,990	\$ (58,231)	\$ 245,483
	Machining Centers Design Changes	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ -	n/a
	Machining Centers Edmunds Gage Tooling	\$ 145,895	\$ 145,895	\$ 145,895	\$ -	\$ 145,895
	Machining Centers Leak Test Tooling	\$ 55,400	\$ 50,000	\$ 55,400	\$ (5,400)	\$ 50,000
Y	Assembly Line and Test Stand Tooling	\$ 805,145	\$ 559,212	\$ 677,020	\$ (117,808)	\$ 580,750
	Assembly Line Tooling for design Changes	\$ 14,750	\$ 14,750	\$ 14,750	\$ -	n/a
	Logistics Tooling	\$ 50,000	\$ 2,300	\$ 50,000	\$ (47,700)	\$ -
	Customer Quality - CMM Tooling	\$ 15,000	\$ 15,000	\$ 15,000	\$ -	\$ -
	Rec'g Inspection Tooling	\$ 66,500	\$ 40,000	\$ 40,000	\$ -	\$ 40,000
Y	Housing and Cover Tooling	\$ 333,400	\$ 245,218	\$ 334,362	\$ (89,144)	\$ 1,029,100
	Input Shaft Tooling	\$ 92,000	\$ 92,000	\$ 92,000	\$ -	\$ 287,000
	Ring Gear Tooling	\$ 37,600	\$ -	\$ 37,600	\$ (37,600)	\$ 25,000
	Pinion Gear Tooling	\$ 9,400	\$ 9,400	\$ 9,400	\$ -	\$ 25,000
	Shim Tooling - LH	\$ 24,000	\$ 24,000	\$ 24,000	\$ -	n/a
	Shim Tooling - RH	\$ 23,000	\$ 23,000	\$ 23,000	\$ -	n/a
	Tooling - Face Seal (change #5)	\$ 37,000	\$ 37,000	\$ 37,000	\$ -	\$ -
	Tooling - Baffle Plate	\$ 4,000	\$ 4,000	\$ 4,000	\$ -	n/a
	Total	\$ 2,655,880	\$ 1,353,721	\$ 2,099,454	\$ (435,215)	\$ 2,881,619

Tabla 4.11 Sumario de la revisión de los costos de herramental

CONCLUSIONES

Validez de la metodología de costeo basada en la utilización y casos especiales

La metodología de costeo expuesta en el presente trabajo tiene como objetivo determinar un costo justo para ambas partes (Ford y su proveedor) de manera que esto permita construir una relación comercial sana, de confianza y duradera que lleve a ambos socios a generar márgenes suficientes y así tener una buena salud financiera que les permita dar las ganancias esperadas a los inversionistas y además poder invertir en investigación continua para desarrollar nuevas tecnologías y así mantenerse vigentes en el muy competido negocio de la industria automotriz.

Recapitulando las características más importantes del estimado de costo basado en las mejores prácticas observadas:

- Debe de estar basado en físicos robustos tanto desde la perspectiva del diseño (especificaciones de materiales, pesos brutos y netos de piezas, contenido de partes compradas, etc.) así como desde la perspectiva del proceso de manufactura (representación precisa de la maquinaria utilizada, cantidad de mano de obra, tiempo ciclo de producción, etc.).
- Debe reflejar un alto grado de detalle que demuestre dominio técnico tanto del diseño como del proceso de manufactura de manera que el analista de costos puede sostener discusiones significativas con el proveedor.
- Debe de ser consistente para todos los proveedores y no alinearse a la situación particular de un solo proveedor ya que esto impediría alcanzar el objetivo primordial de ser una herramienta basada en las mejores prácticas observadas que sirva para mostrar a la compañía las potenciales oportunidades de reducción de costos que pueden lograrse trabajando junto con cada uno de los proveedores.
- Debe de estar basado en la premisa de que Ford no paga la capacidad total instalada del proveedor, únicamente paga la porción utilizada para sus productos. Es responsabilidad del proveedor el mantenerse competitivo y vender su capacidad a diferentes clientes para así maximizar la productividad y disminuir los costos. Esta premisa es en términos generales adecuada salvo ciertos casos especiales los cuales se describen más adelante.

En el caso del análisis de costo del PTU la consideración de pagar solamente por la porción de la capacidad que se utiliza para el producto en cuestión llevo al resultado de acabar pagando la totalidad de la inversión de la línea de ensamble final ya que la combinación del volumen de piezas requeridas anualmente y el tiempo ciclo de la línea hacen que el 100% del tiempo disponible de la misma se utilice exclusivamente en el PTU de Ford.

La premisa de pagar solo por el tiempo que se utiliza la capacidad para producir un componente para Ford funciona bien en la mayoría de las ocasiones pues muchos procesos de manufactura se llevan a cabo en equipos estándares (centros de maquinado, prensas inyectoras de plástico, prensas de estampados, etc.) que pueden ser utilizados en producir partes para otros clientes, basta con hacer cambios de herramental para usar una misma máquina para un producto distinto.

Sin embargo, existen situaciones donde aplicar esta premisa de manera estricta no es factible:

- Cuando el diseño del componente de Ford es tal que demanda la utilización de equipo diseñado específicamente para la producción de dicho componente, el proveedor no lo podrá usar para nada más aun cuando el volumen requerido sea tal que el equipo no se utilice el 100% del tiempo disponible.
- Cuando existió un contrato entre Ford y el proveedor para que este último construyera una planta cerca de una planta de ensamble de Ford y como consecuencia la capacidad total de la nueva fábrica estará destinada, al menos los primeros años solo a producto de Ford.

Las dos anteriores son ejemplos de situaciones donde aplicar la metodología de costeo basada en la utilización se pone en entredicho, no son las únicas pero si las más comunes.

Cuando se presentan este tipo de situaciones queda a criterio del analista de costos de Ford así como del comprador como negociar el precio de manera que resulte justo para ambas partes. Por ejemplo el analista de costos puede considerar cambiar el periodo de depreciación de la máquina de diez a solo tres años de manera que se reconozca la necesidad del proveedor de recuperar su inversión en un periodo de tiempo más corto y con un solo proyecto.

Importancia de los parámetros físicos de la manufactura para el correcto costeo de un producto.

Como se pudo apreciar en el caso expuesto el proceso de desarrollar un estimado de costos para luego contrastarlo contra la cotización empieza invariablemente por un conocimiento profundo de los físicos tanto del diseño del componente en sí, así como del proceso de manufactura.

Tomando el ejemplo de la carcasa del PTU es imprescindible contar con la especificación correcta de la aleación utilizada para establecer el costo por kilogramo correcto. Entender la geometría de la pieza junto con la dureza del material con que está hecha nos puede ayudar a estimar el tiempo ciclo de maquinado y cotejarlo contra las observaciones hechas en la planta del proveedor y así evaluar si su proceso es eficiente.

Es también muy importante contar con información precisa de la librería de los subcomponentes (sellos, tuercas, sensores, etc.) Por ejemplo los sellos del PTU están hechos de un hule de alta resistencia llamado FKM el cual es de un costo relativamente elevado. Es muy importante que el analista de costos de Ford este consciente de este tipo de detalles para así proveer estimados que hagan total sentido en todas sus líneas, de otra forma se estarían potencialmente creando diferencias de precio ficticias que al ser posteriormente identificadas durante el proceso de reconciliación podrían poner en entredicho la veracidad del estimado de costos de Ford.

Hablando del proceso de manufactura se hizo muy evidente que el proveedor estaba sobre-cotizando varios rubros empezando por la cantidad de operarios donde como se demostró en el caso de la línea de ensamble tenía una concepción "equivocada" de la relación entre los físicos del proceso y los costos asociados.

Lo que cotizó al incluir 33 personas en la sección de ensamble final equivale a decir que las 33 personas están trabajando de manera simultánea en dicha línea la cual solo cuenta con 20 estaciones de ahí que resulta físicamente imposible meter 33 personas a trabajar al mismo tiempo en dicha línea.

Es también de suma importancia que el analista de costos de Ford cuente con información robusta y fidedigna en cuanto a los diferentes rubros que conforman los costos de operación de maquinaria u overhead ya que en una negociación a detalle tendrá que hablar con autoridad del origen de sus números ante el proveedor., por ejemplo cual es el consumo de energía de la máquina en una hora, que tan alto puede ser el costo de mantenimiento preventivo que se tiene que dar a la misma. El mantenimiento lo dará

personal de la planta o se contactará a los técnicos especializados del fabricante del equipo.

Todos estos son aspectos que si bien el estimador no tiene que memorizar si es importante que los comprenda adecuadamente para ser capaz de discernir y debatir de manera efectiva con el proveedor durante una reconciliación de costos.

La preparación como elemento fundamental de una negociación efectiva.

Como en muchos otros aspectos de la vida profesional y personal la preparación es un aspecto clave en la búsqueda de cualquier meta. En el caso de la revisión de costo por pieza así como del herramental del PTU en cuestión, la preparación paso por una serie de pasos como se describe a continuación:

- Hacerse de la información completa y detallada del diseño del componente para poder llevar a cabo los cálculos correctos de uso de material con la especificación correcta, contemplar todos los elementos de la librería de materiales o BOM, etc.
- Observar en persona la línea donde se produce el producto es esencial para una comprensión clara del flujo del proceso y los específicos del mismo y así poder evaluar que tan eficiente es el mismo ya que se debe de tener mucho cuidado en no incorporar procesos ineficientes en un estimado de costos basado en las mejores prácticas. Durante la visita a la planta del proveedor se requiere estar 100% concentrado cuando se hace el recorrido por los procesos de manufactura ya que es mucha la información que debe recabarse/validarse estando en piso: especificación de maquinaria, tiempos ciclos, cantidad de mano de obra, cadena de suministro, porcentajes de desperdicio, etc.
- Una vez recopilada la información requerida para el desarrollo del estimado de costos y al completarlo es requerido contar con la cotización detallada del proveedor para poder hacer un comparativo línea a línea y así identificar claramente las áreas de discrepancia.
- Después de identificar las área de discrepancia lo siguiente es visitar las consideraciones del estimado de costos de Ford en esos campos para asegurarse que todo está correcto y una vez hecho esto es necesario plantear los cuestionamientos que se harán al proveedor durante la

junta de reconciliación así como anticipar sus posibles respuestas para preparar los contraargumentos en aquellos puntos donde se tiene certeza de tener la razón.

- Una práctica que da mucho poder de negociación es buscar datos de referencia que le den aún más credibilidad al estimado de costos basado en las mejores prácticas, en otras palabras es buscar otras cotizaciones para productos similares que estén mejor alineadas al estimado de costos de Ford y de esta manera hacerle notar al proveedor en cuestión que sus números no solo no solo no están en línea con el estimado de costos de Ford sino que tampoco están alineados con el mercado.
- También es necesario mantener una mente abierta pues aún en las áreas en donde parece existir números inexplicables del lado de la cotización del proveedor, este último pudiera tener argumentos aparentemente bien articulados para justificar sus números es entonces cuando el conocimiento bien fundamentado y las habilidades de comunicación del analista de costos de Ford entran en juego para asegurar que los costos se lleven a nivel adecuado de acuerdo a los hechos.

Resultados finales

La conclusión del trabajo presentado en este reporte estuvo en línea con el objetivo central del área de estimación de costos de Ford que es coadyuvar junto con el área de compras para reducir los costos de material de nuestros vehículos los cuales representan en promedio el 80% del total del costo de cualquier vehículo.

Como se mencionó en la sección 4.3 el precio del PTU se redujo de un valor inicial de \$216.53 dólares exactamente en \$17 dólares para llegar a un costo de \$199.53 dólares o lo que es lo mismo un 7.9% de reducción. El volumen proyectado para el PTU negociado fue de 150,000 unidades al año lo cual lleva a un ahorro anual de \$2.55 millones de dólares o llevado a la vida proyectada del programa de seis años entonces se tiene un ahorro total de \$15.3 millones de dólares. En adición a esto el PTU fue incorporado en otro vehículo el cual fue lanzado un año después del vehículo utilitario deportivo del caso de estudio. Este otro vehículo aportó un volumen adicional aproximado de 80,000 unidades al año con una vida de programa de seis años de manera que al extrapolar los resultados del trabajo realizado se obtienen ahorros adicionales

por \$8.16 millones de dólares para un gran total de \$23.46 millones de dólares en un periodo de siete años.

Finalmente como se mencionó en la sección 4.4 también hubo una reducción en el costo del conjunto de herramientas requeridos para la producción inicial del PTU el cual paso de una cotización inicial de \$2.65 millones de dólares a \$2.10 dólares al final del proceso de negociación es decir una reducción de \$0.56 millones de dólares o 20.95%.

Al comparar los ahorros obtenidos al negociar efectivamente el precio pieza del componente contra los obtenidos de la negociación de los herramientas resulta evidente el porque Ford invierte muchos más recursos en hacer una compra efectiva de los componentes automotrices que en el análisis de costo de los herramientas requeridos para su producción.

REFERENCIAS

Schwab, K. (2017). *How Ford's New CEO Plans to Beat Tesla, Uber, And Google*. Recuperado el 30 de Junio de 2017, de <https://www.fastcodesign.com/90130686/how-fords-new-ceo-plans-to-beat-tesla-uber-and-google>

Kaufman, A. (2017). *Ford's New CEO Distances Himself From Trump On Mexico*. Recuperado el 3 de Julio de 2017, de http://www.huffingtonpost.com/entry/ford-trump-mexico_us_5923081fe4b03b485cb38416

Paquette, D. (2017). *The real reason Ford abandoned its plant in Mexico has little to do with Trump*. Recuperado el 4 de Julio de 2017, de https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2017/01/04/the-real-reason-ford-abandoned-its-plant-in-mexico-has-little-to-do-with-trump/?utm_term=.1c8b6e95c072

AMIA, (2017). *Boletín de Prensa Junio 2017*. Recuperado el 7 de Julio de 2017, de <http://www.amia.com.mx/descargarb.html>

AMIA. (2017). *VENTA AL PÚBLICO, Junio y acumulado 2017 vs 2016* [Tabla]. AMIA, BOLETÍN DE PRENSA. Recuperado el 7 de Julio de 2017, de <http://www.amia.com.mx/descargarb.html>

Linamar (2015). *Three Axis PTU*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <http://www.linamar.com/sites/all/themes/shoot/assets/images/powertrain2-tab.png>

GKN. (2017). *GKN Driveline*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <http://www.gkn.com/en/our-divisions/gkn-driveline/>

GKN. (2017). *Power Transfer Unit (PTU) Disconnect*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de [https://www.tc2.ford.com/ts/tde/Team Folders/PTUs/2014 GCBP Restart/Kick Off - December 1, 2014/KO Master File/PTU GCBP KO v9.5 12-11-2014.pptx](https://www.tc2.ford.com/ts/tde/Team%20Folders/PTUs/2014%20GCBP%20Restart/Kick%20Off%20-%20December%201,%202014/KO%20Master%20File/PTU%20GCBP%20KO%20v9.5%2012-11-2014.pptx)

GKN. (2017). *Two Speed e-Axle*. Recuperado el 16 de Julio de 2017, de <http://www.gkn.com/en/our-divisions/gkn-driveline/our-solutions/electric-drivelines/edrive-solutions/>

Propulsora S.A. (2015). *Aleaciones de aluminio* [Tabla]. Recuperado el 19 de Julio de 2017, de <http://propulsora.com.co/wp-content/uploads/2015/12/FICHA-TECNICA-ALEACIONES-DE-ALUMINIO.pdf>

Hatebur. (2017). *Hatebur HOTmatic AMP 20 S* [Imagen]. Recuperado el 21 de Julio de 2017, de <https://www.hatebur.com/en/machines-accessories/machines/hatebur/hotmatic/amp-20-s/>