



Gestión de herramientas en proceso Hub Toyota

Tassaroli Valentín

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Mecánica
Córdoba Capital, Argentina
2017

Gestión de herramientas en proceso Hub Toyota

Tassaroli Valentín

Proyecto Integrador de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Director:
Ing. José Romero

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Mecánica
Córdoba Capital, Argentina
2017

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi Director, Ing. José Romero, por su apoyo y conocimientos brindados durante el desarrollo del proyecto. También agradecer a todas aquellas personas de la empresa Metalúrgica Roma, que me asesoraron y acompañaron, haciendo posible la realización de este trabajo con una excelente predisposición.

A mi familia, por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, ayudándome a seguir y alentándome en todo momento para que los sueños se hagan realidad. Por formarme en valores y enseñarme que todo en la vida se puede lograr con esfuerzo, dedicación y trabajo.

A mis amigos y compañeros de vida por compartir su tiempo, haciendo que esta etapa llena de alegrías y logros sea aún mas placentera.

Resumen

Durante el desarrollo de la práctica profesional supervisada en la empresa Metalúrgica Roma, se observaron posibilidades de mejoras en torno al uso de las herramientas y como mejorar sus resultados. También la incertidumbre económica, la intensificación de la competencia y la innovación a pasos agigantados obligan a revisar continuamente la línea de producción, preguntándose ¿Puede ser más eficiente? ¿Necesita actualizarse?

El proyecto se basa en un estudio realizado sobre el proceso de fabricación del producto hub (masa de la rueda) de Toyota, en donde mas precisamente, se estudian las ineficiencias y sus costos asociados de las paradas por cambios de herramientas.

Inicialmente se realizó un análisis del proceso completo, el cual consistió en determinar dónde afecta el problema de mayor manera y cuáles son los costos asociados a la sustitución ineficiente de herramientas, lo que llevó a centrar los estudios sobre solo una máquina del proceso dada sus características, y acotar el proyecto a mejorar la misma.

A partir de aquí se realizaron propuestas de mejoras justificadas técnica y económicamente que llevaría a realizar un único recambio de herramientas en una jornada laboral de 8 horas, justificando un aumento de producción y reducción en los costos.

Contenido

Agradecimientos	v
Resumen	vii
1. Introducción	1
1.1. Fijación de objetivos	2
1.2. Descripción del proceso	2
1.3. Descripción del producto	2
1.4. Descripción del material	5
1.4.1. Descripción de la estructura	6
1.4.2. Características de los elementos de aleación principales	7
2. Análisis de la situación actual	9
2.1. Capacidad productiva	9
2.1.1. Fijación de objetivos	15
2.2. Análisis de costos	15
2.2.1. Costo Estándar	16
2.2.2. Pareto de los costos estándar por herramientas	17
2.2.3. Costo real y desviaciones	21
2.3. Análisis del proceso y de la máquina P299	22
2.3.1. Descripción de la máquina P299	23
3. Desarrollo y búsqueda de soluciones	25
3.1. Rendimiento del inserto	28
3.1.1. Herramienta TA01	32
3.1.2. Herramienta TA10	38
3.1.3. Herramienta TB05	43
3.1.4. Herramienta TC10	45
3.1.5. Herramienta TC15	52
3.1.6. Herramienta TC12	55
3.1.7. Herramienta TC01	57
3.2. Optimización de los tiempos de cambio de herramientas	59
3.2.1. Características del sistema de cambio rápido Coromant Capto	60
3.2.2. Ensayo del equipo Zoller	61

3.2.3. Sistema de cambio rápido con comparador	67
3.2.4. Tiempos actuales VS futuros	69
4. Discusión de los resultados	73
4.1. Inversión y tiempo de retorno a la inversión	73
4.2. Proceso estandarizado: una parada por turno	75
4.2.1. Costos por pieza	75
4.2.2. Ahorros en los tiempos de producción	76
4.2.3. Eliminación de re-trabajos y scrap	76
5. Conclusión	77
A. Anexo: Flujogramas	79
B. Anexo: layout de la línea productiva	85
C. Anexo: Planillas para análisis de tiempos	89
D. Anexo: Análisis de los costos actuales de la máquina P299	99
E. Anexo: Análisis del proceso herramienta por herramienta de la máquina P299	103
F. Anexo: Estudio de tiempos combinados. Actuales VS futuros.	119
G. Anexo: Diseño del dispositivo para puesta a punto de herramientas.	121
Bibliografía	123

Lista de Tablas

1-1. Porcentaje de los principales aleantes químicos del acero. [1]	6
1-2. Trabajo en caliente y tratamiento térmico.[1]	6
1-3. Propiedades mecánicas. [1]	6
1-4. Grupo de material según cada proveedor de insertos.	6
2-1. Tiempo promedio que se tarda en cambiar un inserto	10
2-2. Información de las herramientas de la torreta A	11
2-3. Información de las herramientas de la torreta B	11
2-4. Información de las herramientas de la torreta C	11
2-5. Capacidad productiva de la máquina P299 teniendo en cuenta las pérdidas por cambio de inserto.	12
2-6. Valores de disponibilidad estimados	12
3-1. Tiempos por herramienta.	26
3-2. Estimación de la vida útil en función de la velocidad de corte.	33
3-3. Modificación de los parámetros para la propuesta 1.	34
3-4. Análisis económico TA01 de la propuesta 1 contra la situación actual.	35
3-5. Análisis económico TA01 de la propuesta 2 contra la situación actual.	37
3-6. Performance de los insertos de roscado, según la calidad.	41
3-7. Análisis económico TA10. Situación actual contra propuesta de mejora.	42
3-8. Modificación de los parámetros para la propuesta 1. TB05	43
3-9. Análisis económico TB05 de la propuesta A contra la situación actual.	44
3-10. Análisis económico TB05 de la propuesta B contra la situación actual.	44
3-11. Características geométricas del agujero.	47
3-12. Cantidad mínima de piezas a realizar para justificar los costos en función del numero de afilados realizados.	51
3-13. Ensayo punta metal duro TC10. Condiciones en función del número de piezas y cantidad de afilados.	51
3-14. TC10: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.	52
3-15. TC15: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.	54
3-16. Modificación de los parámetros para la herramienta TC12.	55
3-17. TC12: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.	56
3-18. Modificación de los parámetros para la herramienta TC01.	57
3-19. TC01: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.	58

3-20. Datos obtenidos en el ensayo del equipo sobre los ejes X y Z (horizontal y vertical).	63
3-21. Valores de C_P , de acuerdo a los intervalos de confianza C_P máximo y C_P mínimo para los diámetros correspondientes.	66
4-1. Ahorros en tiempos de producción	76

Lista de Figuras

1-1. En la figura de arriba se observan las camionetas Hilux y SW4 que utilizan la pieza Hub. La figura de abajo esquematiza la zona de trabajo.	3
1-2. Modelo Hub Estriado. Vista del lado del vástago a la izquierda y de la brida a la derecha.	4
1-3. Modelo Hub liso. Vista del lado de la brida a la izquierda y del vástago a la derecha.	4
1-4. Producción estimada según el planeamiento de fabricación de Toyota Argentina.	5
2-1. Capacidad productiva de ambas líneas.	14
2-2. Gráfico de pareto sobre los costos inserto por pieza.	18
2-3. Gráfico de pareto sobre los costos de sustitución de filos de inserto por pieza.	19
2-4. Gráfico de pareto sobre los costos totales.	20
2-5. Clasificación de las variaciones.	21
2-6. Máquina P299,LT2000 EX-TWIN STAR	23
3-1. Clasificación de herramientas en críticas/no críticas.	27
3-2. Factores que influyen sobre el proceso de mecanizado con arranque de viruta.[3]	29
3-3. Flujograma de toma de decisión	31
3-4. maquinabilidad del acero Cromax IH482 que es equivalente en DIN al 38MnSiVS5.[6]	33
3-5. Costos actuales contra situación recomendada de TA01. Propuesta 1.	35
3-6. Inserto CNMG 120412-PM GC 4325 de Sandvik.	36
3-7. Porta herramientas Capto C4-DCLNL-27050-12 de Sandvik.	36
3-8. Costos actuales contra situación recomendada de TA01: Alternativa 2.	37
3-9. Métodos de trabajo de una rosca [5]	39
3-10.Características de los métodos de avance en profundidad [5]	40
3-11.Diferentes formas de inserto posibles.[10]	40
3-12.Diferentes geometrías posibles. [2]	41
3-13.Diferentes calidades posibles.	41
3-14.Costos actuales contra situación recomendada de TA10	42
3-15.Costos actuales contra situación recomendada de TB05: Alternativa A y B.	45
3-16.Punta metal duro ICK 137 de Iscar.	46
3-17.Tipo de agujero realizado por la herramienta TC10.	46
3-18.Diferentes tipos de brocas y su aplicación de acuerdo al diámetro Dc y la relación con el largo L/Dc. [10]	47

3-19. Costo total por pieza de la punta de metal duro en función de la cantidad de afilados y el rendimiento.	50
3-20. TC10: Costos actuales contra la situación recomendada futuros.	52
3-21. Inserto CNMG 120412-PM con porta Capto C4-DCRNL-22050-12. Filo de corte de 100°.	53
3-22. TC15: Costos actuales contra la situación recomendada.	54
3-23. TC12: Costos actuales contra la situación recomendada.	56
3-24. TC01: Costos actuales contra la situación recomendada.	58
3-25. Sistema de ajuste Coromant Capto. Para mas informacion ver [9]	60
3-26. Cono Iso, porta capto y inserto utilizados en el ensayo.	61
3-27. Dispositivo de medición y ajuste óptico marca Zoller, modelo venturion 450.	62
3-28. Campanas de Gauss que esquematizan la variabilidad de la máquina como del sistema de medición Zoller.	65
3-29. Valores de C_P , y su interpretación.[8]	65
3-30. Adaptador Capto, para el equipo Zoller Venturion 450, con accionamiento por leva de alta precisión.	67
3-31. Renderizado del diseño propuesto del dispositivo de puesta a punto.	69
4-1. Inversión necesaria y tiempo de retorno a la inversión de cada herramienta.	74
4-2. ahorros obtenidos por la disminución de los costos de cada herramienta.	74
4-3. Costos de mecanizado: situación actual VS recomendada	75

1. Introducción

El proyecto consiste en realizar un plan de mejora en el proceso del producto denominado Hub¹ Toyota de la empresa Metalúrgica Roma, donde se detectó una gran pérdida de tiempo en el cambio de herramental cuando se requiere el mismo, generando costos elevados a causa de la pérdida en la capacidad de producción. En los últimos meses, según el índice de productividad GAE² utilizado en el proceso de fabricación, las pérdidas sobrepasan los valores objetivos de 15 %, y analizando las planillas de producción, se deben principalmente a las paradas para cambio de herramienta.

La fabricación del producto consiste en un proceso continuo, en donde la parada de cualquier operación conlleva a parar el total del proceso, entonces la necesidad de recambio de alguna herramienta puede significar una parada de línea.

Según los informes de producción del mes de agosto y septiembre del año 2016 se ejecutan 4 o más paradas para realizar recambio de herramental dependiendo de la máquina, en una jornada laboral de 8 horas lo que implica pérdidas de tiempos elevados. El problema principal está dado en el tiempo total que toma toda la operación de cambio de herramienta. Muchas veces al sustituirse el filo de corte se debe compensar la herramienta, esto significa largar un ciclo de mecanizado, luego medir la pieza y por último volver a mecanizar para que la pieza quede en tolerancia.

Por otra parte, los cambios de herramientas no están estandarizados, por lo tanto, muchas veces queda a criterio del operario si el filo del inserto debe ser reemplazado.

A partir de lo mencionado, se plantea la posibilidad de realizar solamente un cambio de herramientas por jornada laboral, el cuál debe disminuir los tiempos totales destinados a cambios de filos con sus respectivos costos asociados y es aquí donde surgen los objetivos del proyecto.

¹Hub: Es la masa de las ruedas delanteras de la camioneta Hilux y SW4. Para mas información ver capítulo 1.3.

²El GAE (Gesamt Anlagen Effektivität / Efectividad total de Equipo) es un indicador para medir el impacto de las grandes pérdidas en una instalación agrupándolas en tres categorías: pérdidas de disponibilidad, pérdidas de capacidad y pérdidas de calidad.

1.1. Fijación de objetivos

1. Objetivo principal o general:

- Realizar solamente un recambio de herramientas por turno laboral, justificando un aumento en la producción y reducción de costos.

2. Objetivos específicos:

- Implementar nuevas alternativas al uso de las herramientas actuales que se justifiquen técnica y económicamente.
- Confeccionar un procedimiento que contemple toda la operatoria, indicando documentos y registros a utilizar.

1.2. Descripción del proceso

Actualmente la empresa cuenta con dos líneas de producción. La primera, dedicada completamente a la fabricación del modelo Hub estriado (para camionetas Toyota 4 x 4) y una segunda línea que se utiliza para producir el modelo Hub liso (para camionetas Toyota 4 x 2) que también puede asociarse de forma paralela a la primera línea para aumentar la producción de Hub estriado dependiendo de los requerimientos de producción. En el anexo A se muestran los flujogramas y en anexo B se muestra el layout respectivo a ambos modelos permitiendo realizar las siguientes aclaraciones:

1. La pieza viene de forja y es pre mecanizada del lado de la brida por un proveedor externo (operación 20) para ambos modelos.
2. En el modelo Hub liso el total del mecanizado se realiza en un único torno CNC (maquina P299³):
 - Operación 25: Torneado lado brida completo, perforado, chafanado y escariado de 6 agujeros.
 - Operación 30: Torneado lado vástago terminado, roscado M50x1,5, chafanado de 6 agujeros.
3. En el modelo Hub estriado se utiliza un conjunto de máquinas para su producción (ver layout) y la máquina P299 puede servir de apoyo en caso de necesidad.

1.3. Descripción del producto

Como se mencionó anteriormente, se fabrican dos modelos a partir de una pieza forjada que es pre mecanizada por un proveedor externo. Ambos modelos son utilizados en el tren

³Ver capítulo 2.3.1.

delantero de la pick up Hilux y el modelo Hub estriado también se utiliza en la SW4 como se muestra en la Figura 1-1.

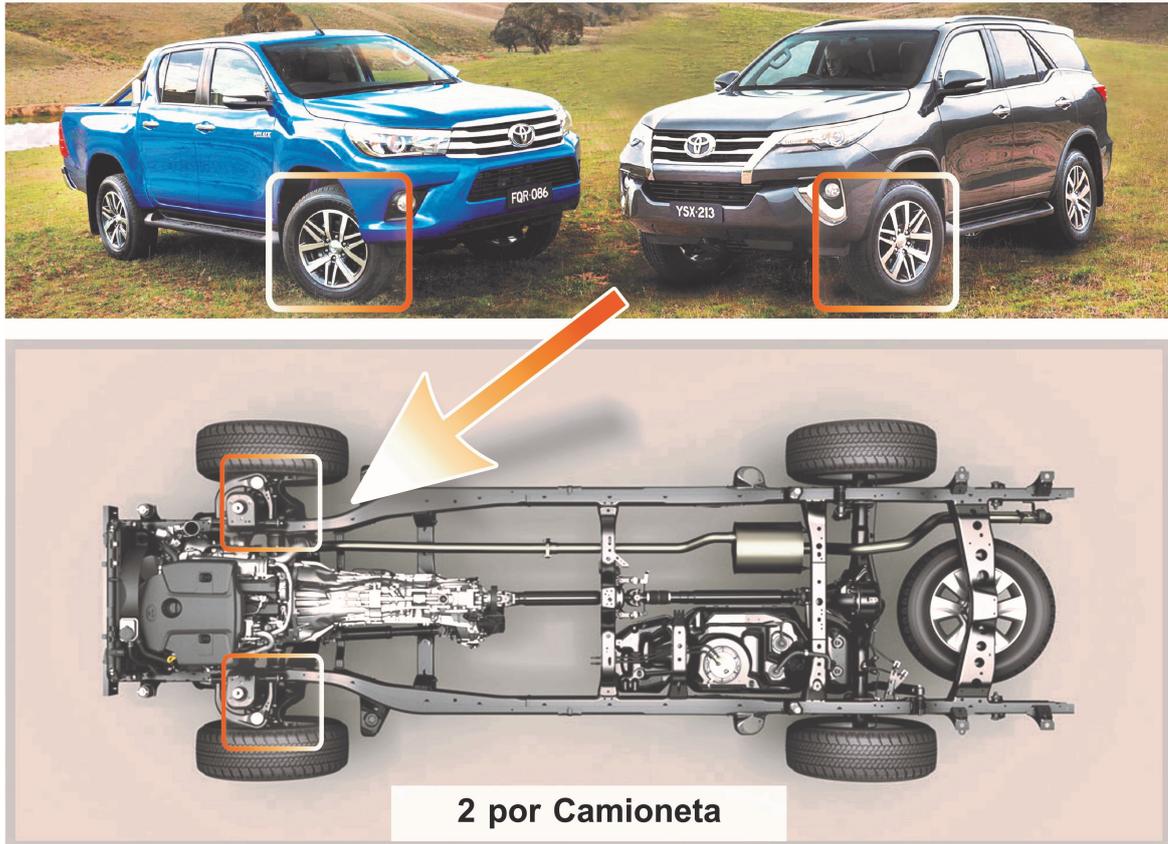


Figura 1-1. En la figura de arriba se observan las camionetas Hilux y SW4 que utilizan la pieza Hub. La figura de abajo esquematiza la zona de trabajo.

Es importante destacar las diferencias de cada modelo. El modelo Hub estriado, como su nombre lo indica, lleva un estriado interior para la transmisión de potencia hacia las ruedas, a diferencia del modelo liso que no posee esta característica. También el modelo liso cuenta con una rosca exterior, vástago más largo y otras diferencias menores que se observarían comparando ambos planos (restringido por parte de la empresa).

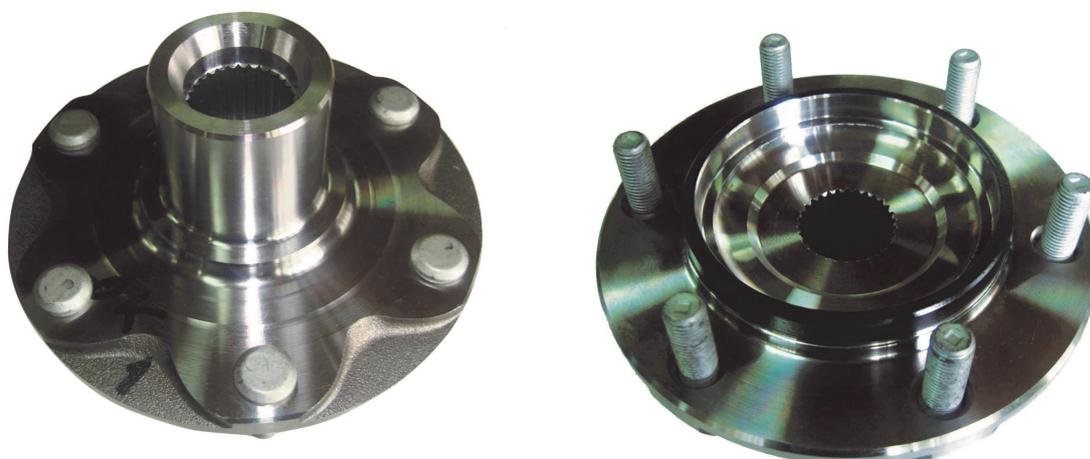


Figura 1-2. Modelo Hub Estriado. Vista del lado del vástago a la izquierda y de la brida a la derecha.



Figura 1-3. Modelo Hub liso. Vista del lado de la brida a la izquierda y del vástago a la derecha.

El lanzamiento del nuevo modelo de la camioneta Toyota Hilux y SW4 lleva a Metalúrgica Roma a implementar mejora continua en el proceso productivo para poder acompañar la rampa productiva de Toyota. Es importante destacar que la empresa es la única proveedora del producto, por lo tanto la capacidad de producción requerida depende directamente de la producción de Toyota. El nuevo modelo de Hub 640A se comenzó a producir a mediados del 2015 con el layout correspondiente al anexo B.

Según la rampa productiva (Fig 1-4), para fines del 2016 la producción llegaría a las 140.000

unidades, lo que significa 280.000 masas (2 unidades por vehículo) contando entre ambos modelos (hub liso y hub estriado).

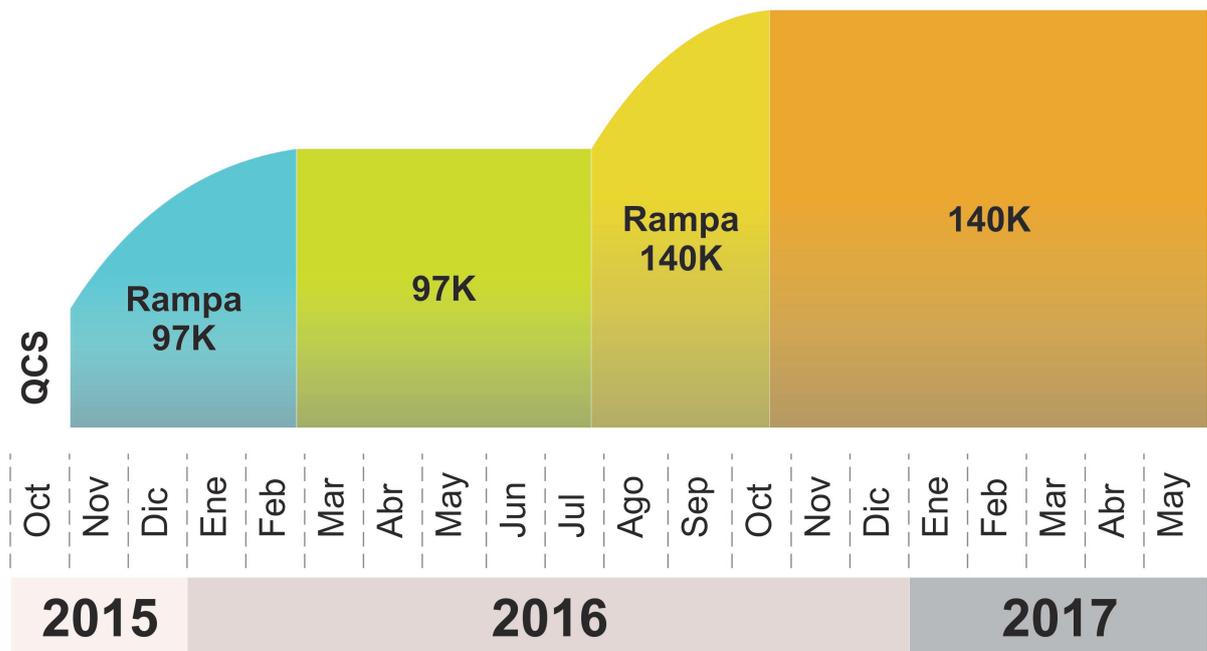


Figura 1-4. Producción estimada según el planeamiento de fabricación de Toyota Argentina.

1.4. Descripción del material

Se tienen presentes desde un principio las características del material utilizado, que serán de uso durante el desarrollo del trabajo.

Designación según norma DIN: 38MnSiVS5

Número de material: 1.5231

Este acero de base Mn-V de alta resistencia es un acero de alta calidad y baja aleación con buena maquinabilidad luego del trabajo en caliente. Generalmente se utiliza en la industria automotriz .

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	N
Composición química (en %)	0.34	0.15	1.2	<0.025	0.02	<0.3	<0.08	0.08	0.01
	0.41	0.8	1.6		0.06			0.2	0.02

Tabla 1-1. Porcentaje de los principales aleantes químicos del acero. [1]

Temperatura del horno antes del conformado	1220 a 1280°C
Enfriamiento en aire	1000 a 500°C
Alivio de tensiones	<=500°C

Tabla 1-2. Trabajo en caliente y tratamiento térmico.[1]

Resistencia a la tracción [N/mm^2]	800 a 950
Alargamiento en la rotura[%]	min 12
Reducción del area[%]	min 25
0,2 % Tensión de prueba [N/mm^2]	min 520
Microestructura	Perlita y 10 - 30 % Ferrita
Dureza [Hv]	260 a 320

Tabla 1-3. Propiedades mecánicas. [1]

El grado del inserto se selecciona de acuerdo al material. Cada proveedor lo clasifica a su manera, por lo tanto la tabla 1-4 describe a que grupo pertenece según cada fabricante. La misma será de utilidad en el capítulo 3.

Proveedor	Grupo de material
Sandvik	P2.5.Z.HT
Iscar	P7
Seco	P5
Mitsubishi	P20
Kennametal	P3

Tabla 1-4. Grupo de material según cada proveedor de insertos.

1.4.1. Descripción de la estructura

La ferrita causa grandes dificultades en el arranque de viruta por los siguientes motivos [3]:

- Gran tendencia a pegarse con la herramienta, formación de filos recrecidos.

- Formación indeseada de virutas y en forma de cintas (gran conformabilidad).
- Calidad baja de las superficies y formación de rebabas en las piezas de trabajo.

En cambio, la perlita presenta dificultades en el arranque de viruta relacionadas con:

- Fuerte desgaste abrasivo.
- Fuerzas de desprendimiento de viruta relativamente elevadas.

Este tipo de acero con niveles de carbono comprendidos en el intervalo $0,25\% < C < 0,4\%$ poseen una influencia mayor de la perlita en el mecanizado con arranque de viruta y por lo tanto según [3]:

- Se produce una disminución de la tendencia al pegado, y por lo tanto, de la formación de filos recrecidos.
- Debido a la carga relativamente grande de la zona de contacto aumenta la temperatura de corte en el arranque de viruta, y de este modo también lo hace el desgaste de la herramienta.
- La estructura influye positivamente sobre la calidad de la superficie, la formación de virutas y la forma de éstas.

1.4.2. Características de los elementos de aleación principales

Según [3] y [11] se pueden sacar las siguientes conclusiones del acero utilizado:

- El manganeso mejora la templabilidad y aumenta la resistencia de los aceros. Debido a su gran afinidad por el azufre, el manganeso se combina con el azufre para formar sulfuros. Los contenidos de manganeso superiores al 1,5% favorecen el arranque de viruta en los aceros con bajo contenido de carbono gracias a la buena formación de virutas. Sin embargo, con contenidos de carbono más altos empeora el arranque de viruta, debido al mayor desgaste de la herramienta.
- El vanadio puede causar, ya en cantidades pequeñas, un aumento notable de la resistencia. En lo referente a las fuerzas de desprendimiento de viruta y la formación de viruta, se pueden esperar resultados desfavorables debido a la gran afinación del grano.
- El silicio aumenta la resistencia de la ferrita y forma inclusiones duras de óxido de Si (silicato). Como consecuencia se puede producir un mayor desgaste de la herramienta.

- El azufre es poco soluble en el hierro, pero según los componentes de aleación, forma sulfuros estables en el acero. Los sulfuros de manganeso MnS son deseables, porque influyen positivamente sobre el arranque de viruta (viruta de rotura corta, menor formación de filos recrecidos, mejores superficies en la pieza). Con el aumento del porcentaje de azufre en el acero se puede influir de forma importante sobre la fragilidad de la viruta y la formación de rebabas en el arranque de virutas.

2. Análisis de la situación actual

Antes de comenzar con la búsqueda de posibles soluciones a nuestro trabajo, debemos realizar un estudio del proceso completo de tal forma que logremos conocer el problema con mayor profundidad. Son innumerables las cantidades de variables y soluciones posibles a nuestro problema, por lo tanto en este capítulo se realizarán diferentes análisis que permitan direccionar los esfuerzos en las causas de mayor preponderancia.

2.1. Capacidad productiva

Es muy importante para el desarrollo del proyecto conocer la capacidad productiva de la línea, por lo tanto se realizó un estudio de tiempos en cada máquina (ver anexo C) en las cuales se incluye las pérdidas por cambio de herramienta y con dicha información se determinó la cadencia¹ total. En ningún caso se tuvo en cuenta paradas por otras causas como mantenimiento, suplementos por contingencias, demoras, etc. En el caso de la máquina P299 se realizó un estudio más detallado debido a la cantidad de herramientas y cambios de filo realizados por jornada laboral, por lo tanto, durante una semana en el turno mañana se llevó a cabo un relevamiento de información en cuanto a filos de insertos sustituidos, vida útil (cantidad de piezas), tiempo requerido, re-trabajos y scrap como consecuencia del cambio.

Conocer la cadencia productiva de cada una de las máquinas, nos permite ubicar cuáles son los cuellos de botella de la línea y también sacar conclusiones en cuanto a las posibilidades de aumentar la cadencia de producción, realizando la puesta a punto de nuestras herramientas de forma más eficiente. De nada sirve reducir los tiempos de seteo de una operación que no es cuello de botella.

En la tabla del anexo C correspondiente a la máquina P299, se detallan cada una de las paradas realizadas. Se señalan cuáles herramientas se sustituyeron, cuánto duró la parada y a demás, si se ejecutó la función EJECT STOP², que básicamente se utiliza para que el cargador no introduzca más piezas sobre el plato y como consecuencia, la pérdida de tiempo

¹Cadencia: Cantidad de piezas producidas en un período de tiempo.

²El botón Eject Stop de la máquina P299 se ejecuta siempre que es necesario realizar un nuevo seteo de la herramienta, en donde el robot no introduce una nueva pieza en bruto para evitar que salgan 2 piezas fuera de especificación.

es mayor. Esta función se utiliza solamente cuando se cambia una herramienta con cotas ajustadas que requerirán compensación.

De la información relevada, se pueden realizar las siguientes aclaraciones sobre la máquina P299:

1. En una jornada laboral de 8 horas, se realizan más de 5 paradas solamente para realizar cambios de herramientas.
2. El tiempo que la máquina se encuentra parada no es proporcional a la cantidad de insertos cambiados, esto se debe a que las actividades como sopletear, mover torretas, y el tiempo de máquina parada hasta que el operario detecta la necesidad de cambio, son independientes de la cantidad de herramientas.
3. Siempre que se ejecuta el botón EJECT STOP, la máquina ejecuta un ciclo de mecanizado y no se introduce una nueva pieza. Por lo tanto, hay un tiempo adicional donde la máquina vuelve a estar parada, y además cuando se vuelve a largar el ciclo, la primera pieza demorará el doble de tiempo que el ciclo estándar.

Por lo tanto, se puede observar la cantidad de tiempo que se pierde en esta máquina realizando seteo de herramientas. A partir de los datos recaudados se calcula un promedio del tiempo que lleva un cambio de herramienta.

- Si la herramienta no necesita compensación: El tiempo promedio se calcula de sumar la 3er tabla (duración de parada) y dividirla por la cantidad de herramientas cambiadas.
- Si la herramienta necesita compensación: Al valor obtenido anteriormente se le suma el promedio de la 8^{va} columna (Tiempo por EJECT STOP) donde también se incluye el valor -PIEZA- que es el tiempo de ciclo (2:53).

Requiere compensación?	Tiempo promedio [min]
SI	10
NO	4

Tabla 2-1. Tiempo promedio que se tarda en cambiar un inserto

A partir de los tiempos estimados que lleva realizar el cambio de herramienta o filo, el tiempo de producción y la vida útil actual de cada uno de los mismos, se puede realizar un prorrateo de cadencia y calcular la pérdida equivalente.

Posición Torreta	Cota	Tolerancia	Tipo	Necesita compensar herramienta?	Rendimiento [piezas/filo]	Frecuencia de cambio [hs]	Tiempo estimado cambio de inserto [min]	Pérdida de cadencia [piezas/hora]
TA01	12	0.3/0.0	DE	no	35	1.681925	4	0.79
TA04	∅ 51,5	+/- 0,1	DE	no	140	6.7277	4	0.2
TA12	∅50	+/- 0,1	DE	no	140	6.7277	4	0.2
TA14	3	+/-0.3	M	no	1300	62.4715	4	0.02
TA10	M50x1.5		DE	no	70	3.36385	4	0.4
TA03	altura 20	+/- 0.1	DE	si	600	28.833	10	0.12
	∅54	+0.047/ +0.028	DE					

Tabla 2-2. Información de las herramientas de la torreta A

Posición Torreta	Cota	Tolerancia	Tipo	Necesita compensar herramienta?	Rendimiento [piezas/filo]	Frecuencia de cambio [hs]	Tiempo estimado cambio de inserto [min]	Pérdida de cadencia [piezas/hora]
TB03	cota 19	+/- 0.1	DI	no	140	6.7277	4	0.2
TB05	∅51.5	+/- 0.200	DE	no	60	2.8833	4	0.47
TB07	∅37	+/- 0.200	DI	no	140	6.7277	4	0.2
TB09	cota 22	0.9/-0.50	M	no	2000	96.11	10	0.04

Tabla 2-3. Información de las herramientas de la torreta B

Posición Torreta	Cota	Tolerancia	Tipo	Necesita compensar herramienta?	Rendimiento [piezas/filo]	Frecuencia de cambio [hs]	Tiempo estimado cambio de inserto [min]	Pérdida de cadencia [piezas/hora]
TC15	∅167	0.000/ -0.200	DE	no	70	3.36385	4	0.4
TC01	∅108/ ∅106	-0.010/ -0.054	DE	si	140	6.7277	10	0.5
TC12	∅ 35	0.000/ -0.050	DI	si	140	0	10	0.5
	∅ 96	-0.010/ -0.045	DI					
TC10	∅13.75		M	no	800	38.444	5	0.05
					1300	62.4715	5	0.03
TC05	∅13.95	0/-0.050	M	no	3000	144.165	4	0.01

Tabla 2-4. Información de las herramientas de la torreta C

En la tabla 2-2, 2-3 y 2-4 se puede observar según lo mencionado anteriormente, la pérdida de cadencia de cada una de las herramientas.

La ventaja de cuantificar el rendimiento del filo del inserto en pérdida de producción es que podemos observar un costo oportunidad que representa una porción importante al costo total asociado al producto final. Al sumar la pérdida de cadencia por cada una de las herramientas podemos obtener la pérdida total promedio de la máquina P299 debido a cambios en insertos.

	piezas/hora
Cadencia al 100 %	20.8
Pérdida por cambio de inserto	3.5
Cadencia estimada	17.3

Tabla 2-5. Capacidad productiva de la máquina P299 teniendo en cuenta las pérdidas por cambio de inserto.

Del análisis realizado a la máquina P299 y a las restantes máquinas como muestran las planillas correspondientes al anexo C, podemos determinar la disponibilidad³ de cada una de ellas, que está dada por:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ Productivo}{Tiempo\ disponible} = \frac{Tiempo\ disponible - Tiempo\ cambio\ de\ inserto}{Tiempo\ disponible}$$

Máquina	Tiempo de Ciclo [Seg]	Cadencia al 100 % [piezas/hora]	Cadencia real estimada [piezas/hora]	Disponibilidad
P252	331	20.68	20.38	93.70 %
P253	358	20.11	18.35	91.25 %
P284 y 231	106.5	33.8	31.94	94.50 %
P277	186	38.7	38.26	98.86 %
P299	173	20.8	17.3	83.2 %

Tabla 2-6. Valores de disponibilidad estimados

Este análisis nos permite ver que la máquina P299 es la que mayor pérdida posee, es decir, casi el 17 % de la jornada laboral se encuentra parada por motivos de cambio de herramientas. Luego lo sigue la P253, P252, P284 y P231, y por último la P277.

³La disponibilidad es un indicador que se utiliza en muchas empresas y que además de las pérdidas por cambio de inserto, incluyen pérdidas por set up, fallos de equipos, ajustes y cambio de producto, paros menores, etc. En este caso solamente se tiene en cuenta las pérdidas por cambio de herramienta.

Todo el análisis realizado hasta acá permite visualizar el proceso completo y estimar la capacidad productiva de la línea de una forma más precisa, también ver dónde están los cuellos de botella para dirigir los esfuerzos en esa dirección. A partir del layout⁴, los flujogramas de ambos modelos y la cadencia estimada incluyendo paradas por cambio de herramientas, se realiza el esquema de la figura **2-1**. Tener en cuenta que además en la línea de producción existen pérdidas por otras causas las cuales no se estudiaron.

Los cuellos de botella en el modelo hub estriado, son las máquinas P284, P231 (que trabajan en forma conjunta) y la P299 cuando trabaja produciendo este modelo. En el caso del modelo hub liso por supuesto que el cuello de botella es la misma P299.

También se puede observar en la figura **2-1** que la cadencia total de la línea es aproximadamente de 126.743 juegos/año, lo cual está muy lejos de llegar a la rampa productiva que planificó Toyota.

Toda la información obtenida en cuanto a la disponibilidad de cada máquina, y a la producción total de la línea nos permite destacar los siguientes puntos.

- Para llegar a los valores de producción establecidos por Toyota es necesario realizar modificaciones en el proceso productivo lo cual queda fuera de los objetivos del proyecto integrador.
- Los indicadores de disponibilidad y los cuellos de botella nos indican que debe trabajarse sobre la máquina P299 principalmente por dos razones:
 1. Posee una disponibilidad del 83 %, lo que implica mayor potencial de mejora y disminución de costos.
 2. Al disminuir los tiempos de cambio de herramienta, se incrementa la producción indistintamente del modelo que se está trabajando porque para ambos casos representa un cuello de botella.
- Disminuir los tiempos de cambio de inserto en aquellas máquinas que no son cuello de botella, no genera un aumento de producción.

⁴Layout: Disposición de las maquinas en el taller, a través de un plano con vista en planta.

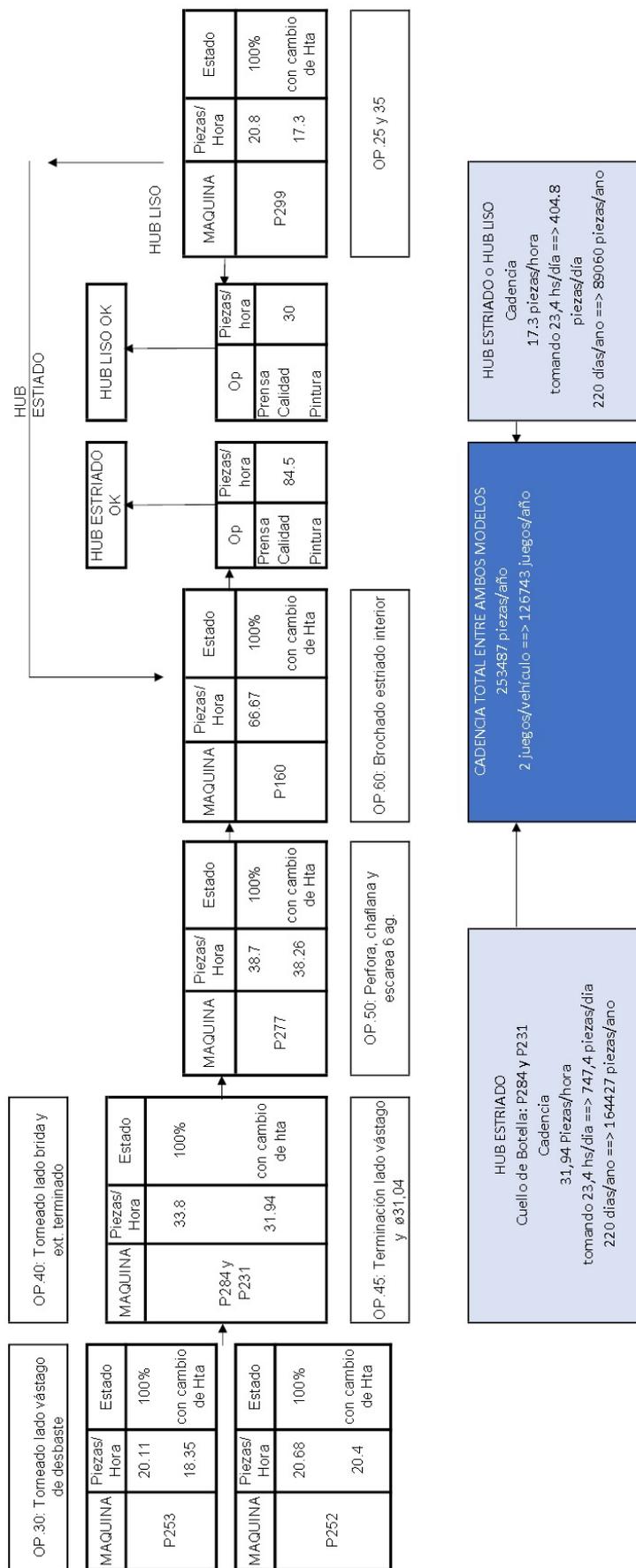


Figura 2-1. Capacidad productiva de ambas líneas.

2.1.1. Fijación de objetivos

Para cumplir con el objetivo principal del proyecto integrador se trabajará exclusivamente sobre la máquina P299 por las justificaciones anteriormente realizadas. Conociendo la disponibilidad de la misma se debe plantear un nuevo valor objetivo.

Recordemos que el objetivo del proyecto no es solamente disminuir los tiempos de cambio de herramienta, sino también que tal mejora sea acompañada de una disminución de los costos. Otro objetivo del trabajo es hacer uso eficiente de las herramientas bajo un procedimiento justificado, entonces todas las posibles soluciones o mejoras que puedan realizarse deben tener en cuenta los puntos mencionados.

Se debe plantear un nuevo valor de disponibilidad objetivo de forma justificada y realista, y una forma de hacerlo es retraerse a los valores producidos en los meses anteriores, y compararlo con la cadencia estimada. Dijimos que la cadencia estimada de la máquina P299 es de 17,3 piezas/hora sin tener en cuenta otro tipo de paradas, por lo tanto, se espera que aún sea menor y es exactamente lo que sucede. En los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2016 nunca se obtuvo una producción mayor a 138,4 piezas/turno que corresponde a la cadencia estimada con las demoras por cambio de herramienta de 17,3 piezas/hora. Analizando estos datos, conociendo que la causa principal de la baja productividad es por demoras en cambio de herramental, y además sabiendo que los requerimientos de Toyota aumentará en los próximos meses, se plantea como objetivo 150 piezas/turno, lo que equivale a una disponibilidad del 90%.

2.2. Análisis de costos

Antes de comenzar con la búsqueda de posibles soluciones, es necesario realizar un estudio de los costos abarcados por el herramental. El análisis se realiza a través de los conceptos de costo real y costo estándar. Fuente [4] y [7].

Se involucran todos aquellos costos que de alguna forma pueden ser afectados como consecuencia de algún cambio en el proceso de mecanizado para lograr los objetivos del proyecto. Siempre se tomarán las decisiones en función de los costos futuros contra los actuales.

Se dice que los costos estándar están predeterminados por lo tanto son calculados de forma exacta a partir del desarrollo del capítulo 2.2.1, entonces un estándar es el costo que “debe ser”. Son desarrollados con especificaciones de ingeniería, estudios de tiempos y movimientos, medidas de capacidad de la planta, análisis del comportamiento de los costos, es decir, sobre un estudio más completo y amplio sobre las condiciones que involucran los costos. En cambio los costos reales son costos históricos que se han incurrido en un período anterior.

A la diferencia entre el costo real y el costo estándar se le llama variación. Entonces tenemos que:

$$COSTO REAL = COSTO ESTANDAR + VARIACIONES$$

Los estándares, al considerarse como lo que “debe ser”, son medidas de eficiencia y, al compararlos con los datos reales se tienen que hacer las investigaciones necesarias para determinar las causas que provocaron las diferencias y en dicho caso, implementar las correcciones pertinentes y actualizar los estándares a ese proceso de investigación de variaciones o desviaciones al que se le denomina análisis de las desviaciones, entendiendo por éstas, las diferencias que resultan de comparar los costos estándar con los costos reales. Un sistema de costos estándar no sólo permite a la dirección de la empresa realizar comparaciones periódicas a fin de que pueda conocer cuánto se desviaron los costos reales de los estándares y dónde se produjeron las variaciones, sino conocer el porqué se dieron estas diferencias y corregir oportunamente las fallas o defectos observados. Para ello, recurrimos al análisis de variaciones que es una técnica utilizada para detectar áreas de eficiencia e ineficiencia operativa, identificar a personas responsables de tales discrepancias y conocer las causas que las originaron. El proyecto se reduce solamente al análisis de costos estándares.

2.2.1. Costo Estándar

El cálculo del costo estándar enfocado para este proyecto integrador, se realizará para cada herramienta en particular, de tal forma que se puedan comparar las mejoras futuras con sus respectivos nuevos costos.

$$C_T = C_I + C_{TM} + C_{TH} \quad (2-1)$$

Donde C_T es el costo estándar total de la herramienta por pieza, C_I es el costo del inserto por pieza, C_{TM} es el costo tiempo máquina por pieza y C_{TH} es el costo tiempo hombre por pieza.

A su vez tenemos que:

$$C_I = \frac{P_I}{R \times N_F} \quad (2-2)$$

$$C_{TM} = T_T \times C_{HM} \quad (2-3)$$

$$C_{TH} = T_T \times C_{HH} \quad (2-4)$$

Donde P_I es el precio del inserto, R es el Rendimiento (Piezas/filo), N_F es el número de filamentos, T_T es el tiempo total por pieza y C_{HM} y C_{HH} es el costo hora máquina y el costo hora hombre respectivamente.

El tiempo total por pieza (TT) esta compuesto de la siguiente forma:

$$T_T = T_V + T_C + T_{CI} \quad (2-5)$$

Donde T_V es el tiempo en vacío, T_C es el tiempo de corte y T_{CI} es el tiempo de cambio de inserto por pieza que se calcula en base a la fórmula .

$$T_{CI} = \frac{\text{Tiempo estimado cambio de inserto}}{R} \quad (2-6)$$

Sustituyendo las ecuaciones 2-2, 2-3, 2-4 y 2-5 en 2-1 obtenemos:

$$C_T = \frac{P_I}{R \times N_F} + (T_V + T_C + T_{CI})(C_{HH} + C_{HM}) \quad (2-7)$$

El costo hora máquina y costo hora hombre son valores estimados por la empresa, y queda fuera del alcance del proyecto el cálculo del mismo. A fines conceptuales tenemos que:

$$C_{HH} = \frac{\text{COSTO LABORAL TOTAL (INCLUÍDAS PREVISIONES Y PROVISIONES)}}{\text{HORAS PROCESO}}$$

$$C_{HM} = \frac{\text{AMORTIZACIÓN + MANTENIMIENTO + ENERGÍA}}{\text{HORAS PROCESO}}$$

A partir de las ecuaciones desarrolladas, se ejecuta una tabla excel con toda la información necesaria para realizar nuestro análisis de costos. La misma se adjunta en el anexo D. La función de dicha tabla es poder obtener los costos actuales de cada herramienta en particular, para luego poder comparar las posibles mejoras o soluciones desde un punto de vista económico y teniendo en cuenta todas las variables.

2.2.2. Pareto de los costos estándar por herramientas

Un diagrama de Pareto es un tipo especial de gráfica de barras donde los valores graficados están organizados de mayor a menor. En esta sección se clasifican las herramientas según los costos asociados a cada una.

Con la ayuda de la tabla del anexo D, se procede a analizar cuales son las herramientas más onerosas de acuerdo a:

- Costo inserto por pieza
- Costo debido a paradas por cambio de herramienta.

2.2.2.1. Pareto de los costos inserto por pieza

Un primer análisis consiste en visualizar los costos en insertos por pieza y ordenarlos en forma descendente.

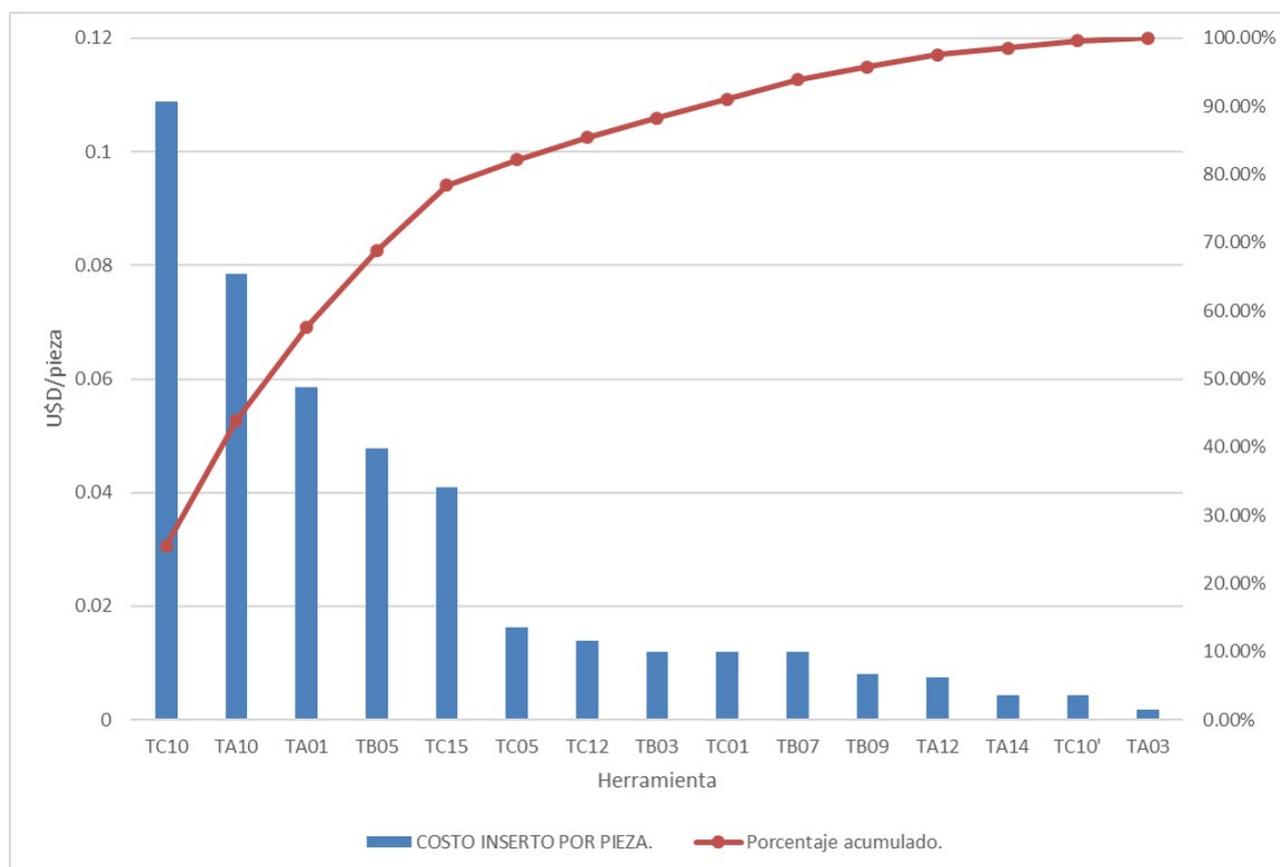


Figura 2-2. Gráfico de Pareto sobre los costos inserto por pieza.

El inserto ICK 137 de ISCAR es el que mayores costos genera, y con TA10, TA01, TB05 y TC15 representan casi el 80 % de los costos del total de las herramientas. Principalmente los costos se deben al bajo rendimiento de los insertos según ecuación 2-2. El escariador TC05 tiene un valor elevado, pero permite afilados intermedios cada 3000 piezas.

2.2.2.2. Pareto de los costos de sustitución de herramientas por pieza

La figura 2-3 corresponde a un Pareto de los costos de cambio de inserto por pieza, en otras palabras, es el costo de parar la máquina para realizar un cambio de herramienta.

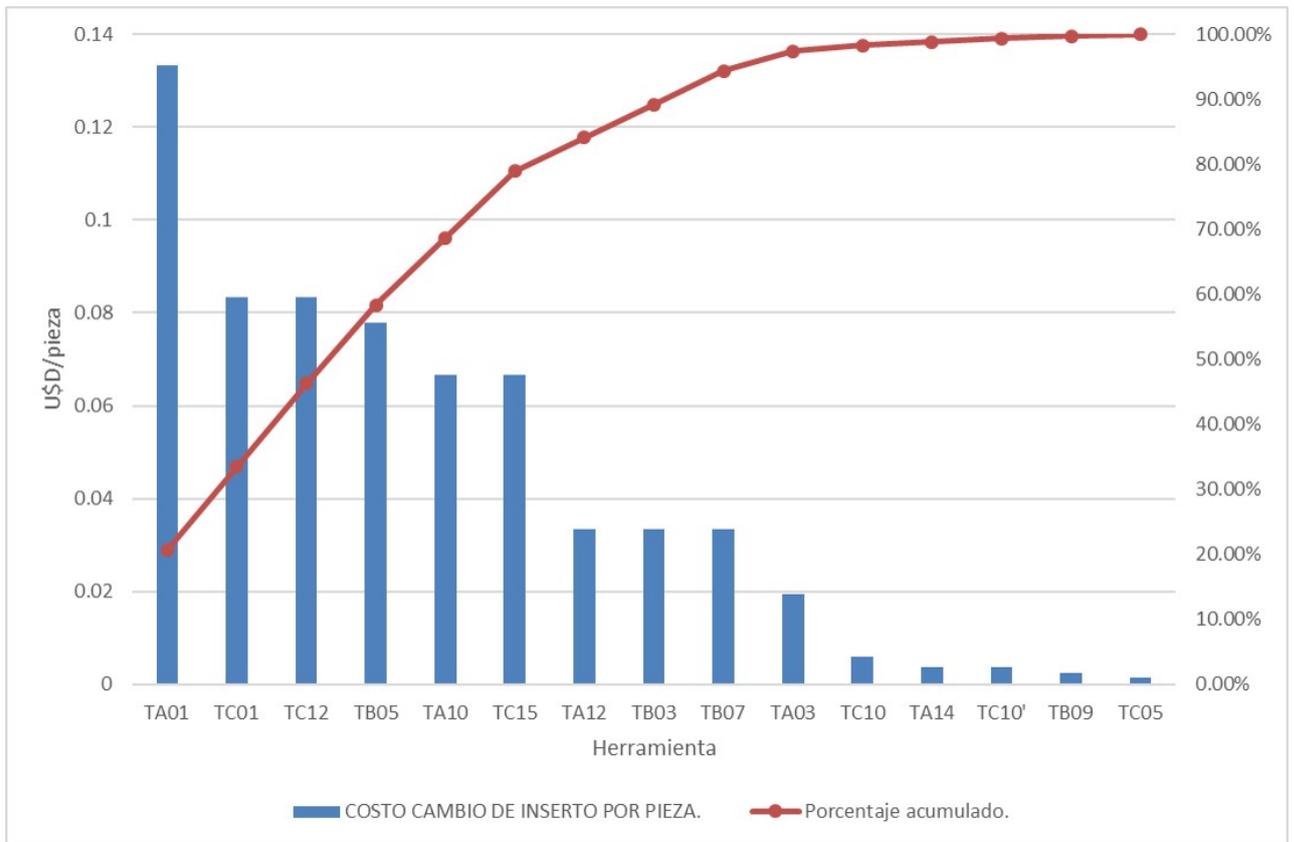


Figura 2-3. Gráfico de Pareto sobre los costos de sustitución de hilos de inserto por pieza.

Como era de esperarse por su bajo rendimiento, TA01 es la que genera mayores costos, debido a su bajo rendimiento, seguido por TC01 y TC12 que, a pesar de tener un buen rendimiento, requieren puesta a punto. Casi el 80% de los costos están concentrados en las herramientas mencionadas y TB05, TA10 y TC15.

2.2.2.3. Pareto de los costos totales

La suma del costo inserto por pieza y costo de sustitución de herramienta por pieza se grafican en el Pareto de la fig 2-4. Los costos de mecanizado (Tiempo en vacío y corte de la herramienta) se tendrán en cuenta solamente si las futuras propuestas modifican el tiempo de ciclo.

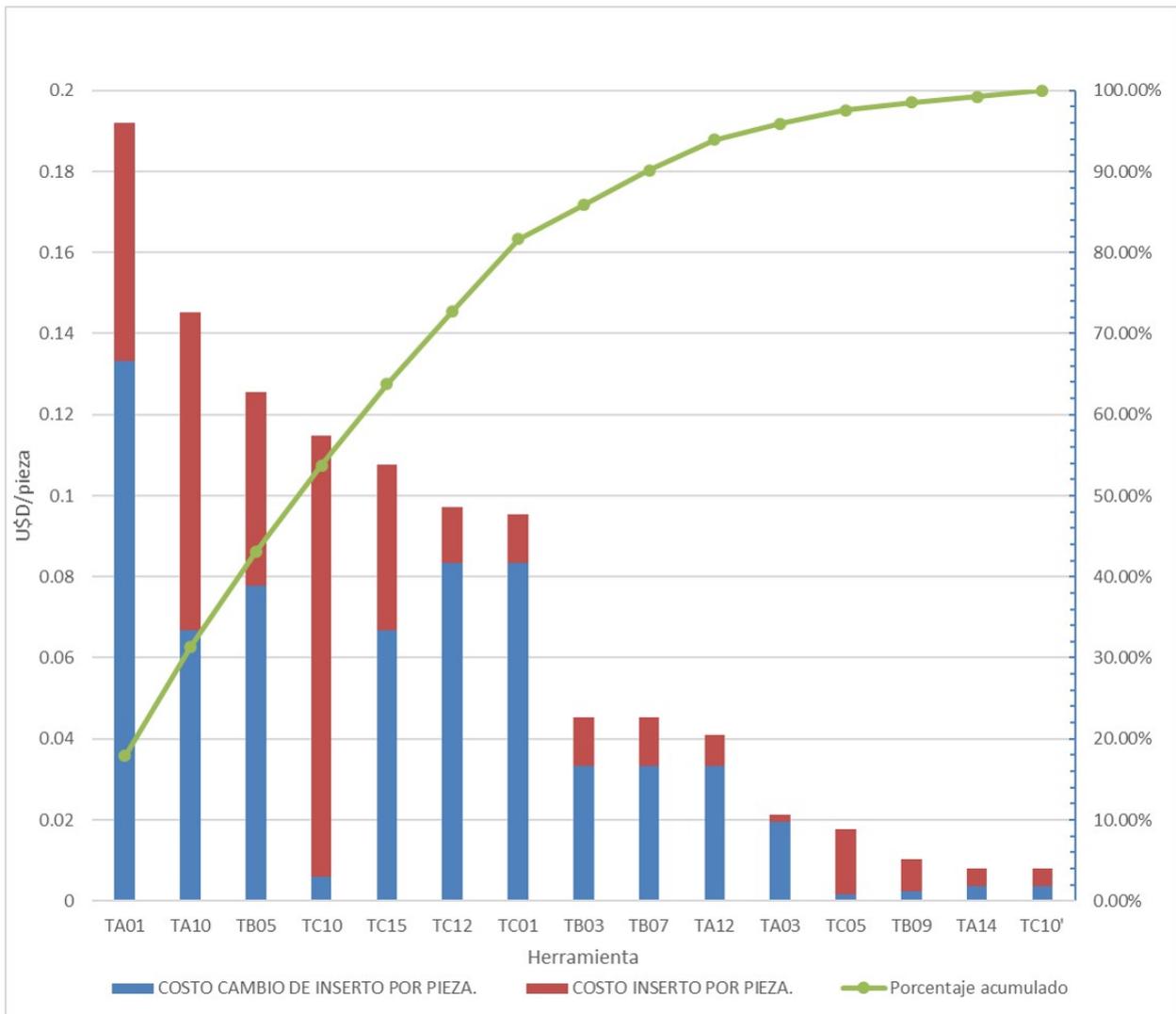


Figura 2-4. Gráfico de pareto sobre los costos totales.

Clasificar los costos por herramientas de mayor a menor, permite enfocarse inicialmente en las más onerosas debido a que son las que poseen mayor potencial de mejora. Las figuras **2-2,2-3,2-4** apuntan a que debemos enfocarnos en las siguientes herramientas, las cuales constituyen más del 80 % de los costos estudiados:

1. TA01
2. TA10
3. TB05
4. TC10
5. TC15

6. TC12

7. TC01

2.2.3. Costo real y desviaciones

Como se mencionó anteriormente, el costo estándar se calcula de forma anticipada según la ecuación 2-7. Pero al cumplirse un cierto período es necesario comparar los costos reales con el costo estándar para obtener las variaciones, las cuales indican el grado en que se ha logrado un determinado nivel de actuación establecido.

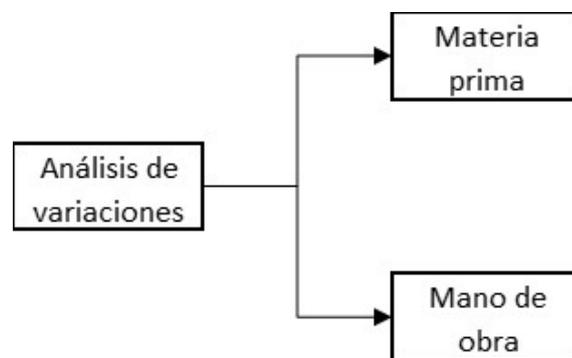


Figura 2-5. Clasificación de las variaciones.

Según la figura 2-5 tenemos variaciones en materia prima y en mano de obra.

2.2.3.1. Variaciones en materia prima (precio y cantidad)

- Variación en cantidad: Representa la diferencia entre la cantidad de materiales (insertos o herramientas) que debieron haberse utilizado en la producción y la cantidad consumida en realidad multiplicada por el precio estándar por unidad. Esto es igual a la variación en cantidad expresada en términos monetarios de la materia prima directa.

Las principales causas que pueden generar variaciones de este tipo son:

- Rotura de insertos.
 - Vida útil reducida por desgaste.
 - Cambio de inserto antes de tiempo.
 - Falta de experiencia o equivocación por parte del operario.
- Variación en precio: Representa la diferencia entre el precio estándar por unidad y el precio real por unidad, multiplicada por la cantidad real de materia prima directa utilizada.

2.2.3.2. Variaciones en mano de obra (precio y eficiencia)

- Variación en eficiencia: Representa la diferencia entre las horas de mano de obra directa que debieron haberse utilizado en la tarea de cambio de inserto y las horas reales de mano de obra directa utilizadas, multiplicada para expresarla en pesos por el costo hora-hombre estándar.

Las principales causas que pueden generar variaciones de este tipo son:

- No disponibilidad de insertos en la máquina.
 - Ineficiencia o falta de experiencia por parte del operario.
 - Retrasos debido a fallas en el equipo.
- Variación en precio (costo hora-hombre): Representa la diferencia entre el costo hora-hombre estándar y el costo hora-hombre real, multiplicada por las horas hora-hombre reales de mano de obra directa trabajadas.

2.3. Análisis del proceso y de la máquina P299

La máquina P299 fue una adquisición de Metalúrgica Roma exclusivo para la fabricación de la masa de Toyota. La misma se compró bajo el concepto de llave en mano, es decir, la empresa proveedora no solamente vende la máquina sino que debe entregarla fabricando piezas bajo ciertas pautas establecidas en un contrato.

Debido a que la empresa no fue quien realizó la ingeniería de procesos de esta máquina, se analizó el proceso completo a partir del estudio del programa que se utiliza en el CNC⁵ de la misma y también con la documentación existente. En el anexo E se adjuntan la operaciones realizadas por cada herramienta donde se especifica:

- Recorrido de la herramienta.
- Tipo de corte: desbaste, medio o terminación.
- Profundidad de corte.
- Velocidad de corte y avance o RPM y avance, según programa.
- Datos de la herramienta y el inserto.

El análisis realizado es utilizado en el capítulo siguiente y es fundamental para el estudio de posibles mejoras.

⁵CNC: El control numérico computarizado es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento

2.3.1. Descripción de la máquina P299

La máquina P299 (Figura 2-6) es un centro de torneado marca Okuma⁶, modelo LT2000 EX-TWIN STAR altamente flexible y rentable⁷. Con la capacidad de combinar las tres torretas A, B y C esta máquina permite una gran flexibilidad del proceso, una elevada utilización de sus funcionalidades y la capacidad de completar la mayor cantidad de mecanizado primario y secundario en una plataforma compacta. Esta máquina multitarea horizontal de doble husillo integra las funciones de torneado / fresado / taladrado en todas las torretas, donde cada una de ellas posee una capacidad de 16 herramientas, es decir, 48 en total. En la actualidad la máquina utiliza solamente 18 lugares, por lo tanto se tendrá en cuenta para el desarrollo la alta disponibilidad de lugares en las torretas.

El LT2000 EX utiliza una arquitectura abierta de OKUMA, control OSP P300 basado en PC.



Figura 2-6. Máquina P299,LT2000 EX-TWIN STAR

⁶<https://www.okuma.com/horizontal-turning-center-lt2000-ex>

⁷Se dice que es flexible y rentable porque reemplaza el trabajo de varias máquinas, obteniendo una pieza terminada de forma directa y con el uso de un solo operador.

3. Desarrollo y búsqueda de soluciones

Según el análisis de costos realizado en el capítulo anterior, podemos decir que las variables a trabajar son las siguientes:

- Tiempo estimado de cambio de inserto: Es el tiempo invertido en realizar un cambio de herramienta. Si la herramienta debe ponerse a punto, los tiempos son más elevados, además de producir re-trabajos y/o scrap¹ a causa del mismo. En el caso de la máquina P299, si se lograra disminuir la cantidad de paradas se disminuirían los tiempos de cambio de inserto, debido a las tareas repetitivas necesarias siempre que se para la máquina.
- Número de filos: Es la cantidad de puntas del inserto utilizadas, y depende exclusivamente de la geometría del mismo. Existe una relación con el rendimiento, ya que generalmente el número de filos influye en los ángulos de la punta y por lo tanto, en los esfuerzos que resiste. La selección del mismo se realiza por medio de catálogos según el proceso que realiza la herramienta.
- Tiempo herramienta por herramienta: Es el tiempo que requiere cada herramienta en realizar el mecanizado correspondiente, sumado al tiempo de espera o vacío (ver Tabla 3-1). Podemos clasificar las herramientas de la siguiente manera:
 1. Críticas: Si se modifica el tiempo de corte, también lo hará el tiempo de ciclo, por lo tanto, en caso de editar los parámetros de mecanizado se debe tener en cuenta la nueva tasa de producción.
 2. No críticas: Si se modifica el tiempo de corte, no necesariamente lo hará el tiempo de ciclo. Esto nos permite disminuir (en caso que sea posible) las condiciones de corte para obtener mayor vida útil de la herramienta sin comprometer la cadencia actual.

En la Fig 3-1 Se puede observar cuales son las herramientas críticas y no críticas.

¹Scrap: piezas que no cumplen con los requisitos de calidad por parte del cliente, y que no pueden ser retrabajadas, tomándose a las mismas como basura.

	Posición torreta	Tiempo inicial [Seg]	Tiempo final [Seg]	Tiempo de contacto del inserto[Seg]	Tiempo total de la Herramienta.[Seg]
TORRETA C (ARRIBA DERECHA)	TC16	0	44	Cargar piezas	44
	TC15	44	51	7	7
	TC01	51	65	Espera	39
		65	90	25	
	TC10	90	118	28	28
	TC05	118	120	2	13
		120	131	Espera	
	TC12	131	143	12	12
	TC03	143	150	Limpieza	30
		150	173	Espera	
			TOTAL	74	173
TORRETA A (ARRIBA IZQUIERDA)	TA16	0	43	Cargar piezas	43
	TA01	43	64	21	21
	TA12	64	77	13	13
	TA01	77	89	Espera	34
		89	111	22	
	TA10	111	116	Espera	12
		116	123	7	
	TA14	123	129	Espera	11
		130	134	4	
	TA10	134	138	4	4
TA03	138	170	32	32	
TA16	170	173	Espera	3	
			TOTAL	103	173
TORRETA B (ABAJO DERECHA)	TB16	0	43	Cargar piezas	43
	TB03	43	64	21	21
	TB07	64	69	5	22
		69	76	Espera	
		76	86	10	
	TB05	86	115	29	29
	TB09	115	123	Espera	25
		123	129	6	
		129	140	Espera	
	TB11	140	161	Limpieza	33
161		173	Espera		
			TOTAL	71	173

Tabla 3-1. Tiempos por herramienta.

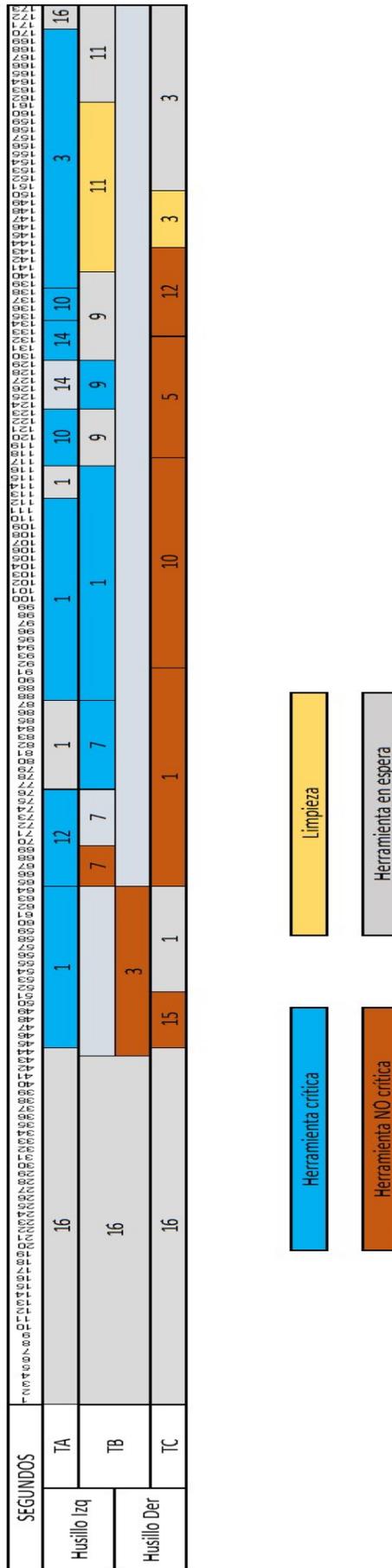


Figura 3-1. Clasificación de herramientas en críticas/no críticas.

- Rendimiento del inserto: Es la vida útil del inserto medido en [piezas/filo] e indica, el periodo de tiempo en que la herramienta se puede usar para el corte hasta alcanzar un criterio de vida útil seleccionado. En nuestro caso se toman 3 criterios. Los 2 primeros son predictivos, es decir, el operario es quien debe predecir que el inserto debe ser reemplazado al realizar los controles sobre la pieza, y el tercero es a través de la observación y medición del desgaste admisible.
 1. Habilidad de mantener las tolerancias: cuando comienza a aumentar la variación de las medidas en la pieza se procede a realizar el cambio de herramienta.
 2. Mantener la calidad superficial de la pieza: El desgaste de flanco producido en el filo genera la degeneración de la superficie dando indicios de que la herramienta cumplió con su vida útil.
 3. Ancho de marca de desgaste admisible: Se limita el ancho de marca de desgaste a un valor máximo admisible de 0,2 mm para herramientas de acabado y 0,3 mm para herramientas de desbaste.
- Costo del inserto: Es el valor de venta por parte del proveedor. Es posible realizar negociaciones y acuerdos de ventas de acuerdo al lote, intervalos y tiempo total de compra. De esta forma se podrían disminuir los costos, pero queda fuera del alcance del proyecto tal actividad.

A la variable que se le dará mayor importancia es al rendimiento, debido a que si logramos aumentar el mismo, estaremos indirectamente disminuyendo el tiempo neto de cambio de inserto. La variable tiempo de corte se tendrá en cuenta para ver qué herramientas permiten ser modificadas en sus parámetros de corte sin influenciar en el tiempo de ciclo del proceso.

3.1. Rendimiento del inserto

El rendimiento del inserto depende de una serie de factores de influencia que resultan de la acción conjunta de la pieza de trabajo, la herramienta y la máquina herramienta, así como del propio proceso de formación de viruta. En la Figura 3-2 se muestra a modo de resumen, parte de estos factores.

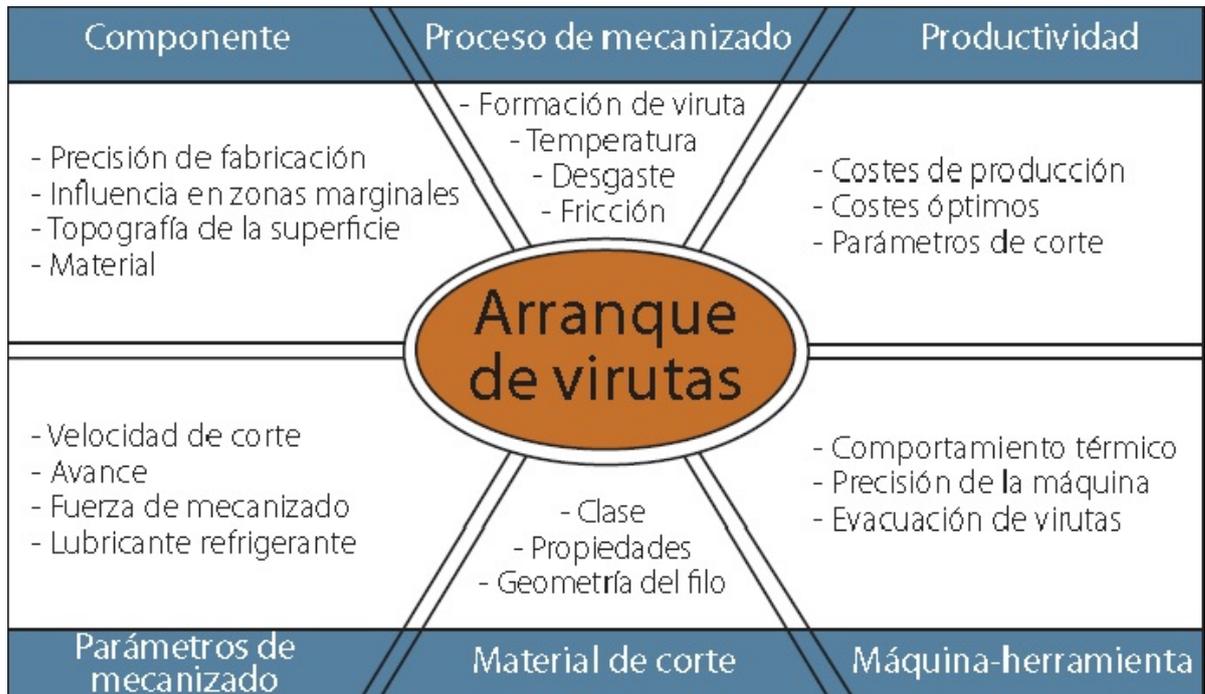


Figura 3-2. Factores que influyen sobre el proceso de mecanizado con arranque de viruta.[3]

Para obtener una mayor vida útil en nuestras herramientas, se tendrán en cuenta todos los factores mencionados. Los mismos serán clasificados en factores fijos y variables, dependiendo de si pueden modificarse las condiciones o no respectivamente.

Factores fijos:

- **Componente:** Especificaciones del material, dimensiones y formas de la pieza, dureza, terminación superficial requerida, etcétera, no se tienen en cuenta, debido a que es una pieza diseñada por Toyota, por lo cual no se considera viable pensar en una solución de este tipo.
- **Máquina-herramienta:** Es el conjunto de la máquina, porta herramientas, cabezales, mordazas y métodos de agarre. Debido a que ya es un proceso en funcionamiento, con una máquina establecida, no se estudiara dicho factor. De todas formas hay que tener en cuenta que con el tiempo, el desgaste producido en los componentes se transmite al rendimiento de los insertos, por lo tanto, es necesario que los mantenimientos se realicen de forma estricta para mantener la máquina en funcionamiento óptimo. Los porta herramientas y cabezales no deben tratarse como de vida útil infinita y se debe comenzar a establecer tiempos de reemplazo, para evitar así pérdidas de rendimiento.
- **Proceso de mecanizado:** se estableció, en lo posible, evitar la edición del proceso, e intentar buscar alternativas principalmente en los otros factores.

Factores variables:

- **Parámetros de mecanizado:** Es el primer factor que se tendrá en cuenta, debido a que en caso de mejora, requiere inversión nula. Los parámetros son: velocidad de corte, avance y profundidad de corte.
- **Tipo de inserto:** Si resulta difícil editar los parámetros de corte, se buscarán diferentes alternativas en insertos del mismo proveedor que se estaba utilizando en dicha herramienta, si los resultados no son satisfactorios, se continuará la búsqueda con proveedores externos. Las variables a estudiar son:
 - Geometría del inserto.
 - Material del inserto.
 - Grado del inserto.
 - Método de sujeción.
 - Angulo de aproximación.
 - Tipo de rompe viruta.
 - Radio del inserto.
 - Espesor del inserto.
- **Lubricante-refrigerante:** Es posible aumentar la vida útil de las herramientas a partir de mejoras en nuestro sistema de refrigeración, pero al ser un tema muy amplio se decidió descartar como variable de estudio. Se requeriría investigaciones muy precisas y de larga duración para determinar si es posible aumentar la vida útil del filo a partir del porcentaje de soluble, tipo de aceite, PH, cantidad de espumas, nivel de impurezas, presión de salida, etc. Por otro lado, existen sistemas de refrigeración de alta presión que brindan muy buenos resultados, pero sus inversiones elevadas hacen que se descarte como tema de estudio.
- **Productividad:** Es un factor a tener en cuenta, y el cual está incluido en el análisis de costos. Todas las posibles mejoras a realizar, tienen que disminuir los costos totales para ser viables.

El flujograma de la figura **3-3** indica la forma de proceder en cada una de las herramientas.

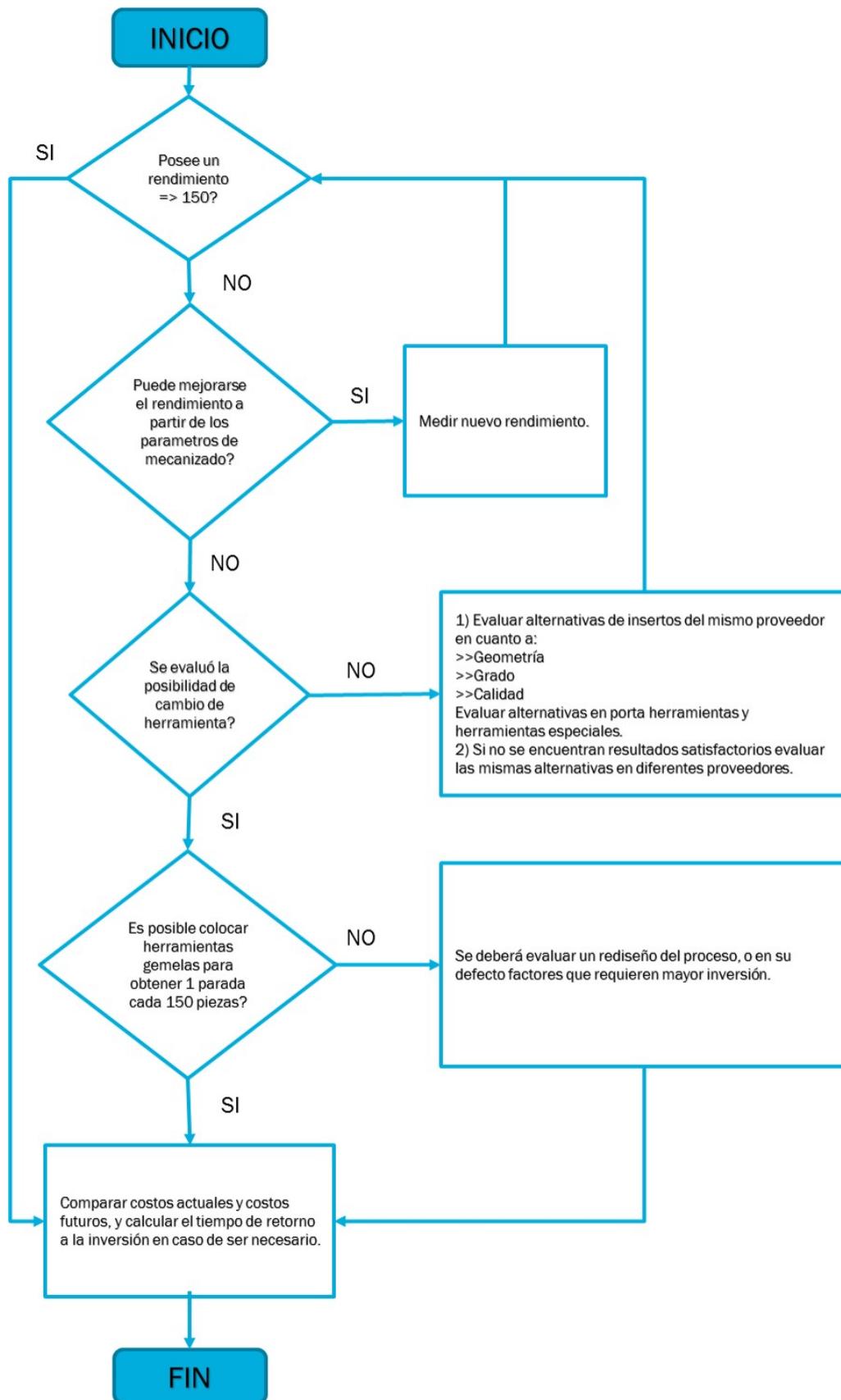


Figura 3-3. Flujoograma de toma de decisión

A continuación se describen las posibles soluciones encontradas para las herramientas de mayor costo según el pareto del capítulo 2.2.2.

Se tiene en cuenta para la selección de los parámetros de corte y de los insertos, el material de la pieza como se describió en el capítulo 1.4.

3.1.1. Herramienta TA01

Es el inserto de menor rendimiento del proceso lo que genera paradas de máquina de forma continua. Se proponen las siguientes alternativas:

3.1.1.1. Alternativa 1

Utilizar el inserto actual y modificar las condiciones de corte.

Para el material ISO P7 según la tabla 1-4 y el inserto utilizado (CNMX 120716-M4PW IC8250) Iscar recomienda² una velocidad de corte entre 160 y 280 m/min y un avance entre 0,3 y 1,0 mm/rev. Es inesperado pensar que puede elevarse el rendimiento de 35 a 150 piezas, pero quizás se puede llevar a 50. El proveedor de barras de acero 38MnVS5 OVAKO[6] estudió la maquinabilidad de sus barras que se muestra en el gráfico 3-4

A pesar de que las condiciones del ensayo realizado son diferentes con el mecanizado del producto Hub, dicho ensayo sirve de punto de partida.

Convencionalmente, la vida útil del filo es establecida por experiencia. El siglo pasado F.W.Taylor propuso la ecuación 3-1 para describir la vida útil, la cuál ha sido utilizada hasta el día de hoy.

$$V_c \times T^n = C \quad (3-1)$$

Donde T es la vida útil, V_c es la velocidad de corte y n y C son constantes que dependen del material, la pieza, la herramienta, condiciones de mecanizado, avance, etc.

Tomamos 2 puntos de la figura 3-4 y tenemos que:

$$200 \times 30^n = C \quad (3-2)$$

$$300 \times 5^n = C \quad (3-3)$$

aplicamos logaritmo e igualamos las ecuaciones 3-2 y 3-3:

$$\log 200 + n \times \log 30 = \log 300 + n \times \log 5 \quad (3-4)$$

²consultar <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=5507921&fnum=1292&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>

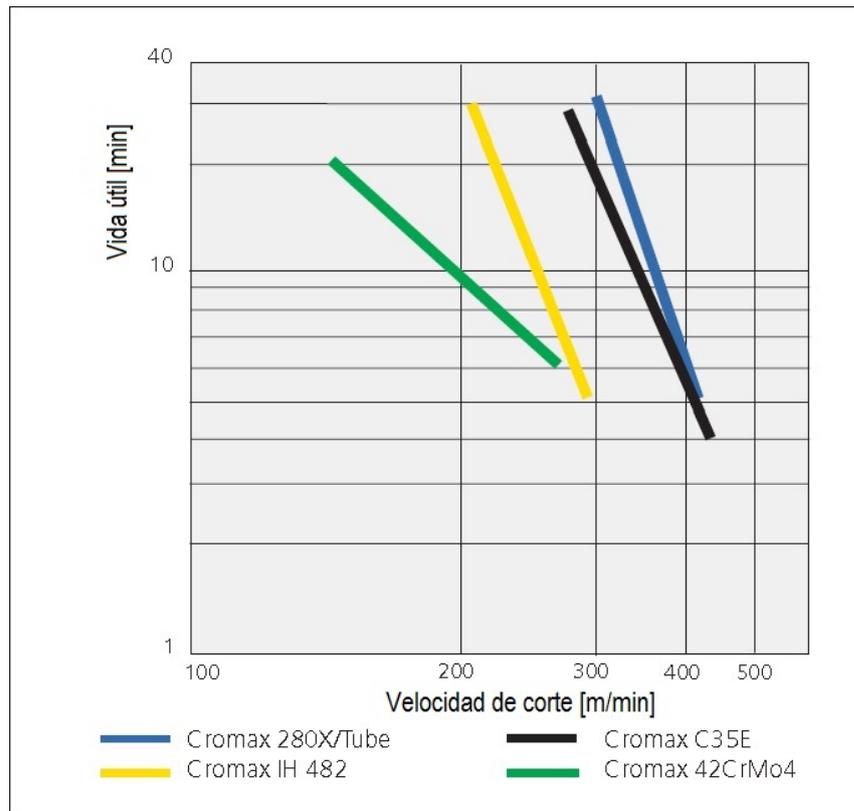


Figura 3-4. maquinabilidad del acero Cromax IH482 que es equivalente en DIN al 38MnSiVS5.[6]

Entonces tenemos que:

$$n = 0,227$$

$$C = 430$$

Ahora podemos obtener valores de vida útil estimados si disminuimos la velocidad de corte:

Velocidad [m/min]	Vida útil	% aumentado en la vida
200	35	
180	51	50 %
160	87	140 %

Tabla 3-2. Estimación de la vida útil en función de la velocidad de corte.

Como se puede observar, se podrían obtener cambios si disminuimos la velocidad de corte, aunque la mejor forma de saberlo es realizando el ensayo con las condiciones verdaderas, y no estimar bajo condiciones teóricas. Por otra parte, dado que dicha operación es crítica, si disminuimos la velocidad de corte aumentará el tiempo de ciclo, lo que es indeseado. Para

evitar dicha consecuencia se propone aumentar el avance de tal manera que la productividad no se altere. Según [13] el aumento del avance genera una disminución en la vida útil del filo, aunque en este caso la situación podría ser diferente debido a que su bajo rendimiento está dado principalmente por los golpes producto de la discontinuidad de la pieza, por lo tanto, si aumentáramos el avance estaríamos disminuyendo la cantidad de golpes en el filo lo que podría tener resultados beneficiosos. Esta suposición también afirma [5] que la reducción del avance influye en el desgaste de flanco y acorta la vida útil de la herramienta y que aumentar el avance mejora la eficiencia del mecanizado.

$$T = \frac{L}{f \times \frac{1000 \times V_C}{\pi \times D}} \quad (3-5)$$

Donde T es el tiempo de mecanizado, L es la distancia total de mecanizado, f es el avance por vuelta, V_C es la Velocidad de corte y D es el diámetro.

Según se observa en la fórmula 3-5 , para mantener el tiempo de mecanizado debemos aumentar el avance en la misma proporción que disminuimos la velocidad de corte.

A partir de lo mencionado se proponen las siguientes condiciones:

Parámetro	Condiciones Actuales	Condiciones propuestas
Velocidad de corte [m/min]	200	175
Avance [mm/rev]	0.25	0.3
Rendimiento [piezas/filo]	35	50

Tabla 3-3. Modificación de los parámetros para la propuesta 1.

En caso de lograrse una vida útil igual o mayor a 50 piezas por filo, se podrían colocar 3 herramientas en la torrera A, de tal forma de obtener una parada cada 150 piezas. Otra ventaja de aumentar el avance a 0,3 mm/rev es que se ingresa dentro del valor recomendado por Iscar que es que mayor a 0,3 y menor a 1,0 mm/rev comparado a la actualidad que posee un avance menor al rango recomendado.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	35	50
Costo del inserto[u\$d]	8.2	8.2
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.05857	0.041
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.1333	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.1919	0.0721
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.1197
Inversión necesaria		
Costo del porta htas Iscar [u\$d] (D)	–	130
Retorno a la inversión [piezas] ($F = 3xD/C$)	–	3256
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	0.406

Tabla 3-4. Análisis económico TA01 de la propuesta 1 contra la situación actual.

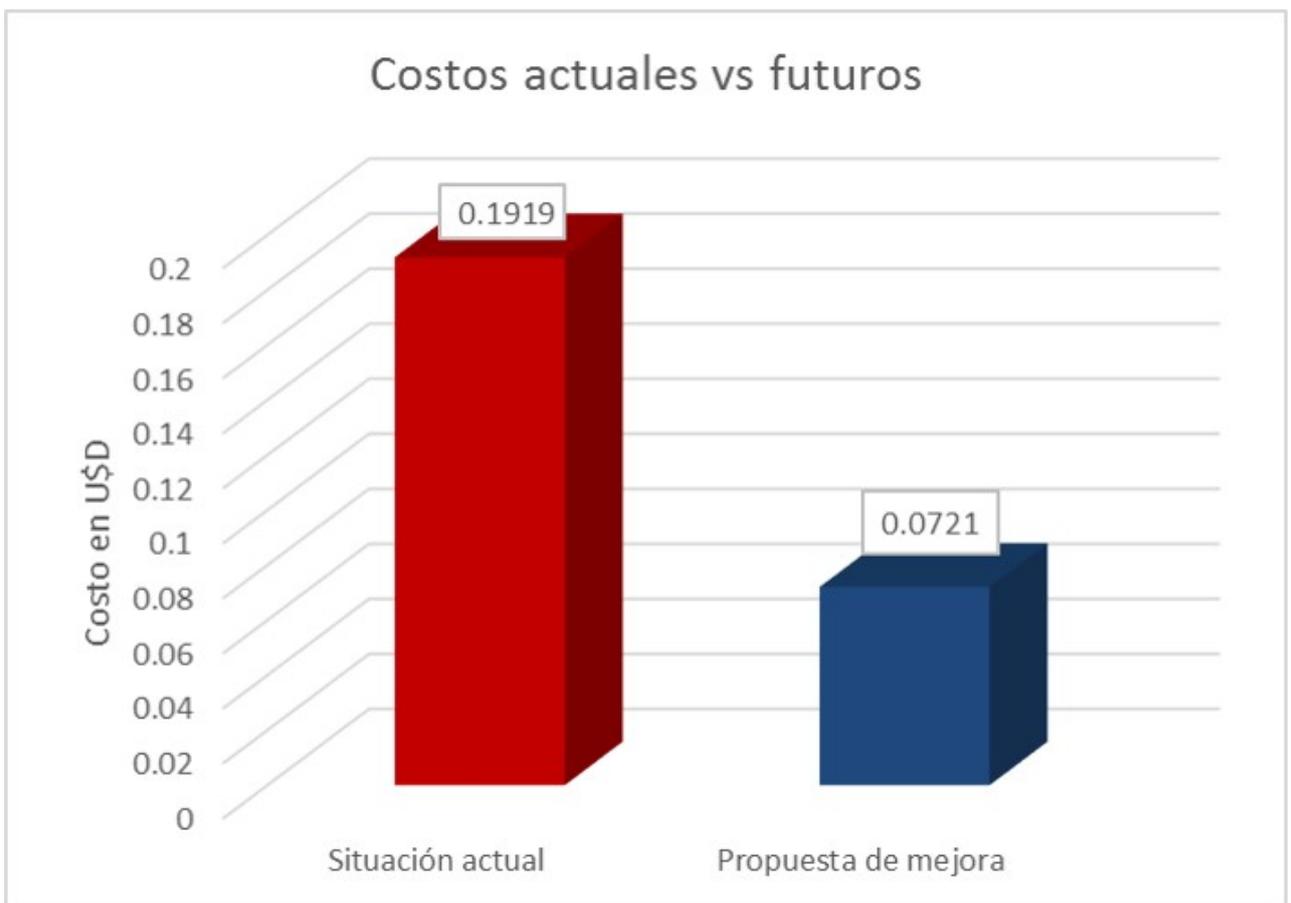


Figura 3-5. Costos actuales contra situación recomendada de TA01. Propuesta 1. Se observa una reducción porcentual del 62,4% en los costos.

3.1.1.2. Alternativa 2

Utilizar una herramienta de Sandvik:

Después de realizar diferentes pruebas con propuestas por parte de Iscar y no obtener mejores resultados que el inserto actual, Sandvik propuso la siguiente solución:

- Inserto CNMG 120412-PM calidad GC4325. La ventaja de utilizar estos insertos, es que son utilizados por las herramientas TB05 y TC15, lo que es conveniente desde el punto de vista de stock y logística.

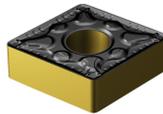


Figura 3-6. Inserto CNMG 120412-PM GC 4325 de Sandvik.

- Porta Capto C4-DCLNL-27050-12 : Son portas mas robustos y rígidos lo que me brinda una mayor estabilidad de corte. Recordemos que la torreta no admite portaherramientas de sección mayores a 20x20.



Figura 3-7. Porta herramientas Capto C4-DCLNL-27050-12 de Sandvik.

Se realizó el ensayo en la máquina sin modificar las condiciones de corte y se obtuvo un rendimiento de 55 piezas/filo, por lo tanto podría adoptarse un cambio cada 50 piezas y colocar 3 herramientas gemelas.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	35	50
Costo del inserto[u\$d]	8.2	11.45
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.0586	0.0573
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.1333	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.1919	0.0883
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.1035
Inversión necesaria		
Costo del soporte Sandvik [u\$d] (D)	–	864
Costo del portahatas Sandvik [u\$d] (E)	–	184
Retorno a la inversión [piezas] ($F = \frac{3x(D + E)}{C}$)	–	30364
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	3.8

Tabla 3-5. Análisis económico TA01 de la propuesta 2 contra la situación actual.

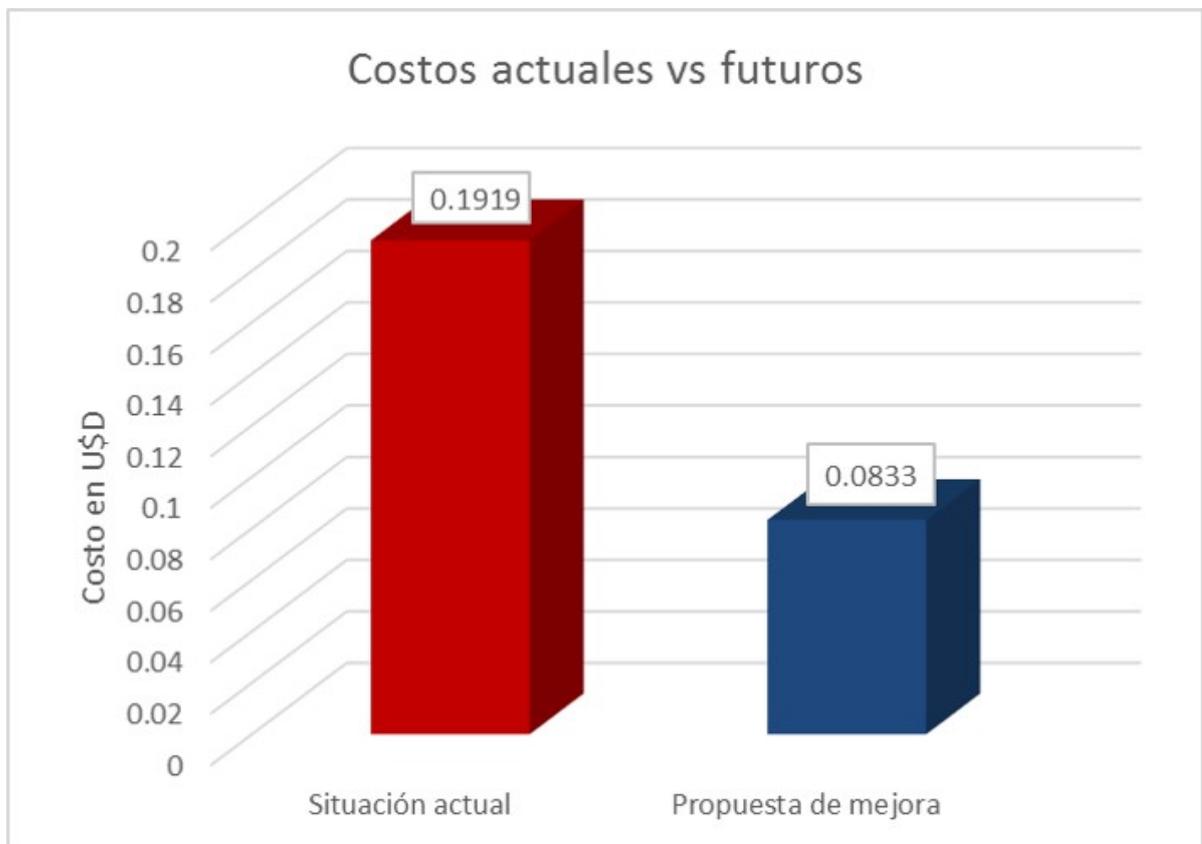


Figura 3-8. Costos actuales contra situación recomendada de TA01: Alternativa 2. Se observa una reducción porcentual del 56.6% en los costos.

3.1.2. Herramienta TA10

Su costo elevado se debe al conjunto de un rendimiento bajo (70 piezas/filo), y un costo por filo elevado. Inicialmente se analizó el filo de varios insertos luego de las 70 piezas, y se detectó que el desgaste era pequeño. Indagando se llegó a la conclusión que el punto de cambio fue seleccionado en base a los siguientes criterios:

- Posible astillamiento del inserto al realizarse más de 70 piezas como consecuencia de que luego de realizar la rosca completa, se realiza la ranura del vástago, y para quitar la rebaba existente, se realiza posteriormente una última pasada de roscado generando golpes en el filo.
- A la rosca se le realiza control de calidad cada 12 piezas. Si el inserto tiene un desgaste excesivo es probable que la rosca quede fuera de tolerancia y retrabajar la misma es muy dificultoso, por lo tanto se corre el riesgo de perder 12 piezas (scrap).
- Se seleccionó 70 piezas como rendimiento adecuado para que el punto de cambio sea múltiplo con las demás herramientas.

A partir de los puntos mencionados anteriormente, se ensayó el inserto de roscado utilizado actualmente para determinar el rendimiento real. Se llegó a 100 piezas como punto de desgaste óptimo para el cambio, aunque se aumenta la posibilidad de obtener alguna rotura de forma esporádica. Es complicado elevar el rendimiento a 150 piezas y obtener un proceso confiable, por lo tanto se deben analizar todas las variables posibles del proceso de roscado:

1. Elección del método: El método de penetración define cómo se aplica la plaquita a la pieza para crear la forma de rosca. Los cuatro métodos de penetración comunes se muestran en la figura **3-9**. En la actualidad se utiliza el método con avance incremental, el cual a pesar de tener un desgaste parejo en ambos flancos, tanto Sandvik[10], Seco[12] como Mitsubishi[5] aconsejan el método de flanco modificado para mejor desprendimiento de viruta y vida útil prolongada. Sería una buena opción realizar la prueba con este otro método y verificar si se obtienen mejoras.

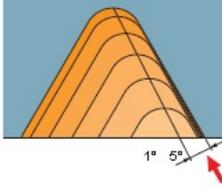
		MÉTODO DE TRABAJO			
					
		Avance radial	Avance de flanco	Avance de flanco modificado	Avance incremental
Características	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ● Muy fácil de usar. (Programa estándar de roscado) ● Amplia aplicación. (Condiciones de corte fáciles de cambiar.) ● Desgaste uniforme de la parte derecha e izquierda del filo. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Relativamente fácil de usar. (Programa semi-estándar para roscado.) ● Reducción de las fuerzas de corte. ● Permite pasos de rosca largos en materiales de difícil corte. ● Buen desprendimiento de la viruta. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Previene el desgaste del flanco en la parte derecha del filo de corte. ● Reducción de las fuerzas de corte. ● Permite pasos de rosca largos en materiales de difícil corte. ● Buen desprendimiento de la viruta. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Desgaste del flanco uniforme a la derecha e izquierda del filo de corte. ● Reducción de las fuerzas de corte. ● Permite pasos de rosca largos en materiales de difícil corte.
	Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ● Difícil control de la viruta. ● Se producen vibraciones en diferentes partes del corte. ● Pasos de rosca largos e inefectivos. ● Fuerte carga del ángulo del radio. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gran desgaste en la parte derecha del filo de corte. ● Dificultad relativa para cambiar profundidades de corte. (Reprogramación necesaria) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Programa de mecanizado completo. ● Dificultad para cambiar profundidades de corte. (Re-programación necesaria) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Programa de mecanizado completo. ● Dificultad para cambiar profundidades de corte. (Re-programación necesaria) ● Difícil control de la viruta.

Figura 3-9. Métodos de trabajo de una rosca [5]

2. Profundidad por pasada: La reducción de la profundidad de penetración en cada pasada es la manera más habitual de mejorar el resultado del mecanizado y es la primera elección para todas las operaciones de roscado [10], en cambio con una profundidad constante de pasada se exige más a la plaquita y se obtiene mayor desgaste. Seco[12] establece también que la profundidad de corte total tiene que dividirse en diferentes pasadas que tengan similar fuerza de corte para un mayor rendimiento. La única desventaja de este método frente al actual es el control de viruta como se muestra en la figura 3-10.
3. Tipo de plaquita: Existen diferentes tipos de plaquitas como se muestra en la figura 3-11. En la actualidad se utiliza la de perfil completo. Las plaquitas multidientes serían una buena opción para aumentar la vida útil, pero se requiere espacio suficiente detrás de la última rosca para realizar la pasada sin tocar el último diente de la plaquita, para que produzca una rosca completa, lo cual no sería posible.

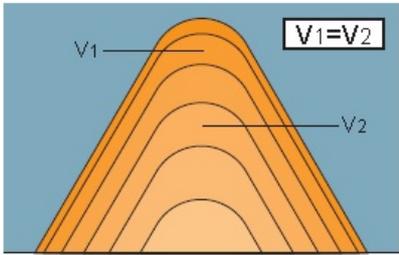
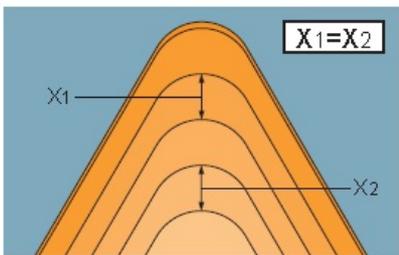
		Características	
		Ventajas	Desventajas
 <p>Área de corte fija</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Fácil de usar. (Programa estándar de roscado.) ● Resistencia superior a la vibración. (Fuerza de corte constante.) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se generan virutas muy largas en el paso final. ● Cálculo complejo de la profundidad de corte cuando cambiamos el número de pasadas. 	
 <p>Profundidad de corte fija</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Reducción de la carga en el radio del filo durante la primera mitad de las pasadas. ● Fácil control de la viruta. (Se puede controlar el espesor de las virutas) ● Profundidad de corte fácilmente calculable cuando cambiamos el número de pasadas. ● Buen control de la viruta. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Posibles vibraciones en las últimas etapas de corte. (Se incrementa la fuerza de corte) ● En algunos casos es necesario cambiar el programa del CN. 	

Figura 3-10. Características de los métodos de avance en profundidad [5]

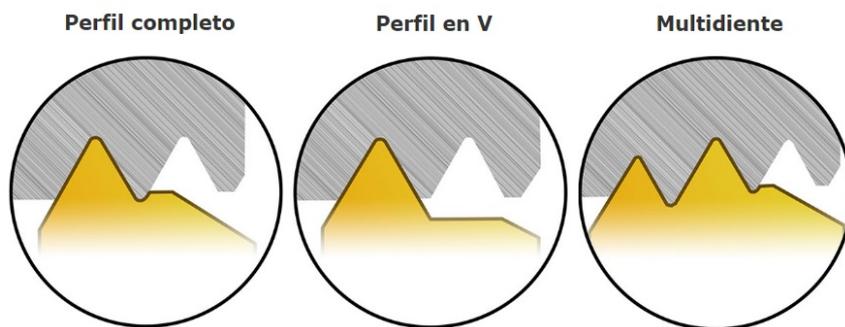


Figura 3-11. Diferentes formas de inserto posibles.[10]

4. Geometría de la plaquita:

La geometría A (utilizada actualmente) ofrece una vida útil homogénea de la herramienta, mantiene la calidad y es la primera elección para la mayor parte de aplicaciones, mientras que la geometría F es más afilada y, por ello, reduce las fuerzas de corte aunque el impacto de la ranura producirá la fractura de la punta. La geometría C, que produce viruta, permite un mecanizado más continuo y sin supervisión ni paradas imprevistas. La consecuencia es una vida útil de la herramienta predecible y más tiempo de mecanizado activo. La geometría actual sigue siendo la mas conveniente y no se recomienda cambiar la misma.

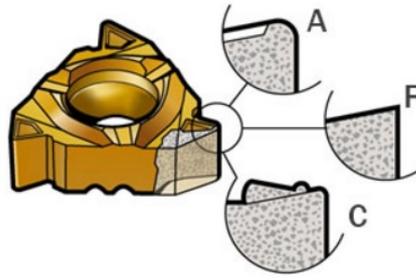


Figura 3-12. Diferentes geometrías posibles. [2]

5. Calidad de la plaquita:

De acuerdo al tipo de mecanizado que se realiza y sus condiciones, se selecciona el tipo de inserto. En la actualidad se utiliza la calidad GC 1125 la cual tiene mayor dureza y por lo tanto menor desgaste, pero por otro lado la falta de tenacidad produce que el golpe fracture la punta. Se ensayó la calidad GC1135 obteniendo los resultados de la tabla 3-6.

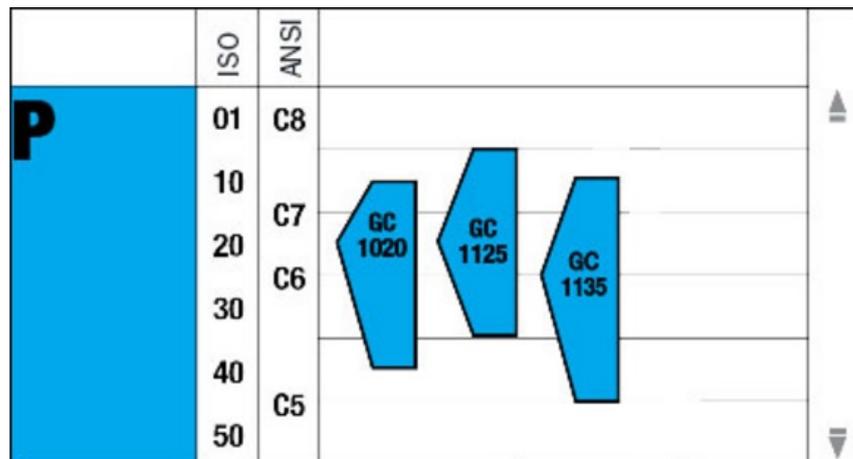


Figura 3-13. Diferentes calidades posibles.

Calidad	Punto de cambio optimo	Tipo de comportamiento
GC1125	100 piezas	Posibilidad de obtener fractura de la punta a causa del mecanizado discontinuo en la última pasada.
GC1135	90 piezas	mayor desgaste que la calidad GC1125, pero mayor seguridad ante la fractura. Se recomienda optar por esta calidad.

Tabla 3-6. Performance de los insertos de roscado, según la calidad.

La primer opción es modificar la calidad a GC1135, cambiar el método de trabajo de la plaquita a avance de flanco modificado, y probar con los dos métodos de avance en profun-

idad vistos anteriormente. Si se obtiene un rendimiento de 100 piezas, podrían utilizarse una herramienta gemela, donde el filo de la misma debería reemplazarse turno por turno.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	70	100
Costo del inserto [u\$d]	16.5	16.5
Costo inserto por pieza [u\$d] (A)	0.0786	0.055
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.0667	0.0467
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.1453	0.1017
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.0436
Inversión necesaria		
Costo del porta htas Sandvik [u\$d] (D)	–	140
Retorno de la inversión [piezas] ($E = \frac{D}{C}$)	–	3211
Retorno de la inversión [meses] ($E/8000$)	–	0.4

Tabla 3-7. Análisis económico TA10. Situación actual contra propuesta de mejora.

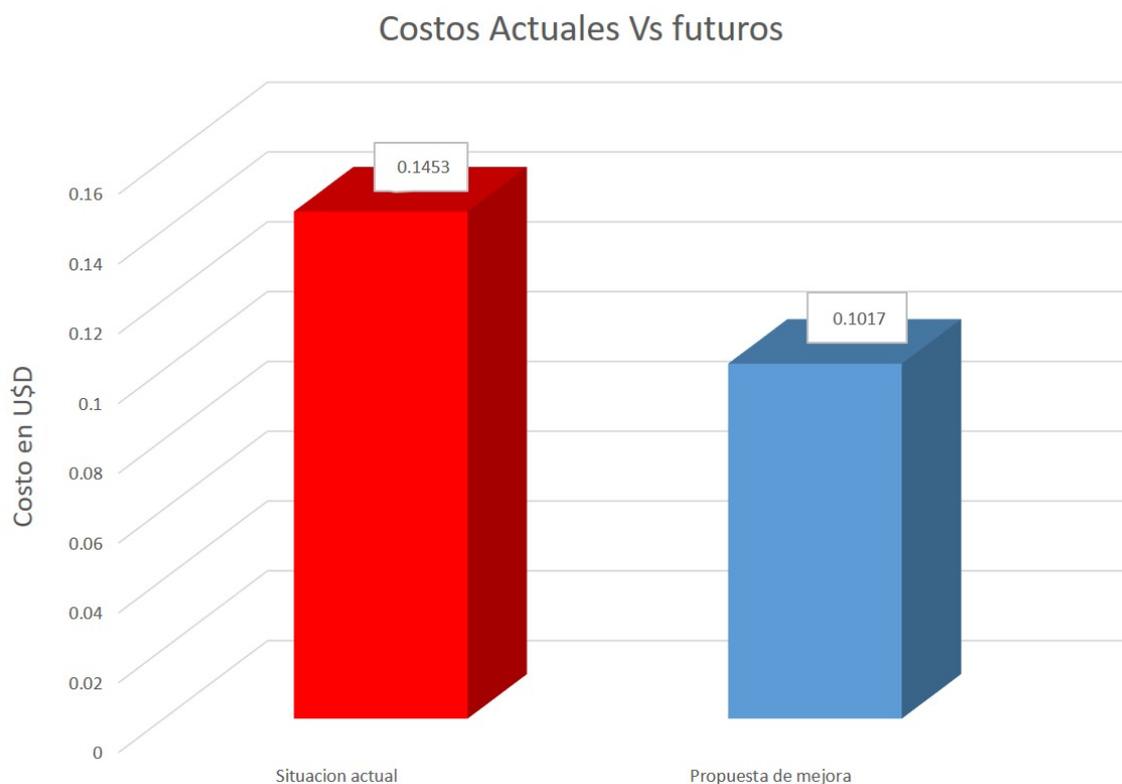


Figura 3-14. Costos actuales contra situación recomendada de TA10
Se observa una reducción porcentual del 30 % en los costos.

3.1.3. Herramienta TB05

Se encarga de realizar la terminación del ala del vástago. El corte discontinuo produce un desgaste severo llevando a la pieza a un rendimiento de 60 piezas. Al trabajar de forma conjunta con la herramienta TA01, las RPM deben ser las mismas, y el avance debe ser igual o menor, para que siempre se encuentre trabajando por atrás de la herramienta de desbaste. También dicha herramienta se clasifica como crítica, por lo tanto modificar las condiciones de corte puede provocar un aumento en el tiempo de ciclo. Como mínimo debería aumentarse el rendimiento a 75 piezas/hora, de tal forma que con una herramienta gemela puedan lograrse las 150 piezas establecidas como objetivo en la jornada laboral. Las primeras opciones que se buscaron fueron las siguientes:

1. Geometría del inserto: Un ángulo de filo mayor podría aumentar la resistencia de corte y aumentar el rendimiento, pero la herramienta al trabajar en dos direcciones limita el uso de un inserto con ángulo de filo de 80 grados máximo. Con el mismo criterio podría pensarse en optar por un radio de filo mayor, pero esto no es aconsejable porque la profundidad de pasada es de 0,8 mm la cual debe ser como mínimo $2/3$ el radio del inserto, y existen altas probabilidades de obtener problemas de fractura en el filo. El radio actual de 1,2 mm es el máximo posible.
2. Calidad del inserto: En la actualidad se utiliza un grado 4325 el cual es el mas tenaz para este tipo de inserto. Se ensayo otro CNMG 120412 - PM grado 4315, el cual presenta mayor dureza pero los resultados no fueron beneficiosos.

Al no tener buenos resultados, se analizaron las siguientes alternativas que dependen en conjunto con la herramienta TA01.

3.1.3.1. Alternativa A

Se propuso modificar las condiciones de la herramienta TA01 como se muestra en la tabla 3-3. Se plantea el mismo análisis realizado en tal caso. Para mantener el tiempo de mecanizado debemos aumentar el avance en la misma proporción que disminuimos la velocidad de corte y no debe superar el avance de la herramienta de desbaste. Entonces tenemos que:

Parámetro	Condiciones Actuales	Condiciones propuestas
Velocidad de corte [m/min]	200	175
Avance [mm/rev]	0.22	0.25
Rendimiento [piezas/filo]	60	75

Tabla 3-8. Modificación de los parámetros para la propuesta 1. TB05

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	60	75
Costo del inserto[u\$d]	11.45	11.45
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.0477	0.0382
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.0778	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.1255	0.0693
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.0192
Inversión necesaria		
Costo del porta htas Sandvik [u\$d] (D)	–	160
Retorno a la inversión [piezas] ($F = D/C$)	–	8333
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	1.05

Tabla 3-9. Análisis económico TB05 de la propuesta A contra la situación actual.

3.1.3.2. Alternativa B

Al no modificar los parámetros de corte de la herramienta TA01, no se recomienda realizarlo en este caso por lo explicado anteriormente, por lo tanto quedarían sin modificaciones. Se podría optar por colocar un porta herramientas tipo Capto, en donde el aumento de rendimiento se vea ligado a un aumento de rigidez. En la herramienta TA01 el ensayo realizado con el mismo inserto resultó en un rendimiento de 55 piezas/filo, el cual es un mecanizado de desbaste de forja con mayor profundidad de pasada, y no solamente desbasta el ala sino también el vástago, por lo tanto se podría esperar que este mismo inserto al realizar solamente la terminación del ala obtenga un rendimiento de 75 piezas/filo.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	60	75
Costo del inserto[u\$d]	11.45	11.45
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.0477	0.0382
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.0778	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.1255	0.0693
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.0562
Inversión necesaria		
Costo del soporte Sandvik [u\$d] (D)	–	864
Costo del porta htas Sandvik [u\$d] (E)	–	184
Retorno a la inversión [piezas] ($F = \frac{2x(D + E)}{C}$)	–	37296
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	4.7

Tabla 3-10. Análisis económico TB05 de la propuesta B contra la situación actual.

El ahorro obtenido en las alternativas A y B es el mismo, la única diferencia es la inversión

necesaria, la cual es mucho mayor en la alternativa B.

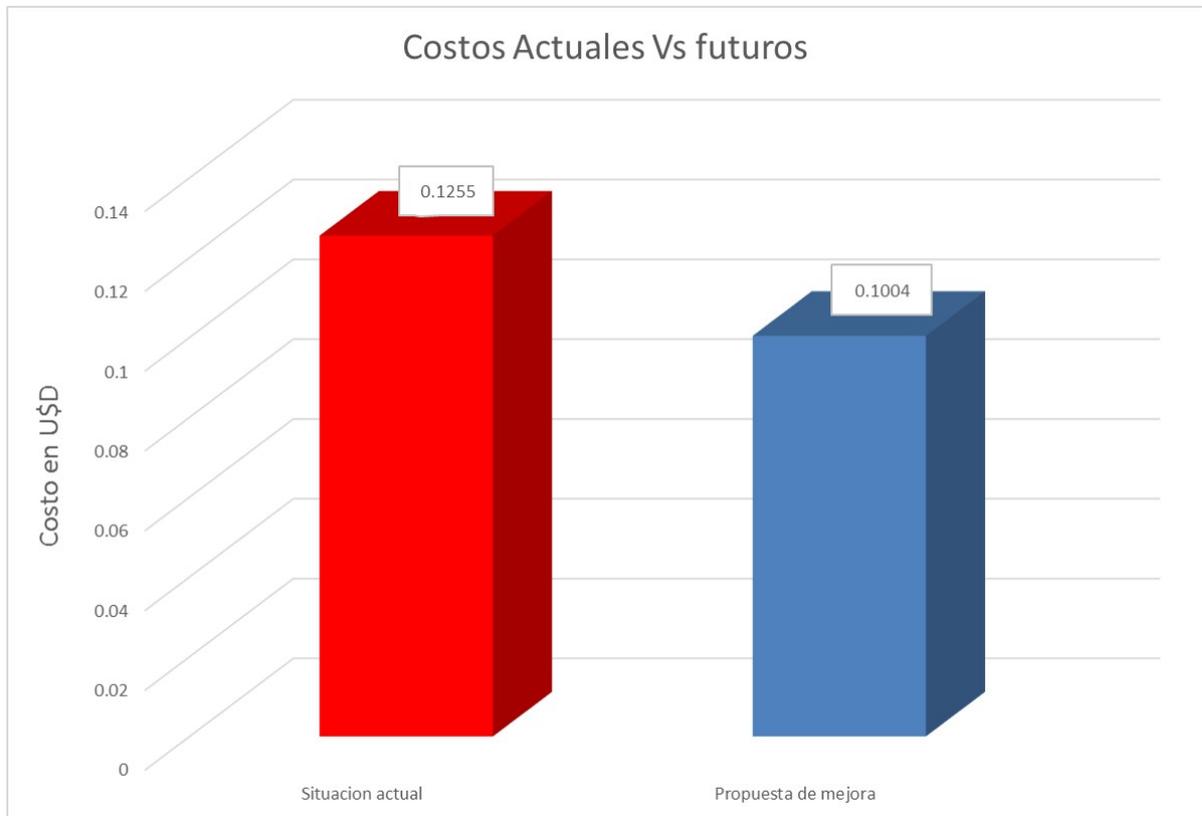


Figura 3-15. Costos actuales contra situación recomendada de TB05: Alternativa A y B. Se observa una reducción porcentual del 20% en los costos.

3.1.4. Herramienta TC10

Se encarga de realizar los 6 agujeros y los chaffanes de un lado de la pieza. Como se demostró en la figura 2-2 es el inserto mas costoso por pieza, y en los costos totales de la figura 2-4 ocupa el segundo lugar. A pesar de que la vida útil es de 800 piezas, muy por encima del valor objetivo, se realizará una búsqueda de soluciones para lograr una operación menos costosa.

Actualmente se utiliza una mecha con punta intercambiable de metal duro de Iscar, de diámetro 13,7 mm.



Figura 3-16. Punta metal duro ICK 137 de Iscar.

Existen diferentes alternativas en el momento de realizar un agujero, en donde su selección dependerá de diferentes variables como:

- Tipo de agujero: En este caso es necesario realizar el agujero con chaflán, como se muestra en la figura 3-17. Se evitará solamente a realizar ambas operaciones (agujero y chaflán) con el uso de una herramienta porque a pesar de que la TC10 se clasifica como no crítica³ (se podrían realizar el agujero y el chaflán con dos herramientas diferentes sin aumentar el tiempo de ciclo) tal operación por separado presenta las siguientes desventajas:
 - Se deberá invertir en un cuerpo extra, y en un cabezal motorizado el cual es de inversión elevada.
 - Se posee potencia suficiente para realizar las dos operaciones juntas.
 - No es conveniente en cuanto a stock y logística.

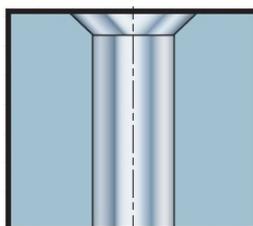


Figura 3-17. Tipo de agujero realizado por la herramienta TC10.

- Material de la pieza: Ver sección 1.4.
- Diámetro, profundidad y calidad del agujero: Como se puede observar en la tabla 3-11, el diámetro del agujero tiene un valor que no es comercial y también por sus tolerancias es que se realiza un escariado posterior.

³Ver figura 3-1

Diametro [Dc]	Largo [L]	L/Dc	Tolerancia	Term. Superficial
13.95	12.15	0.87	0 -0.05	Ra 6.3

Tabla 3-11. Características geométricas del agujero.

A partir de la relación L/D_c y el diámetro del agujero podemos analizar diferentes soluciones de acuerdo a la figura 3-18. Las brocas de carburo soldadas (Brazed carbide drill) no se tendrán en cuenta porque su aplicación es para operaciones inestables y agujeros grandes.

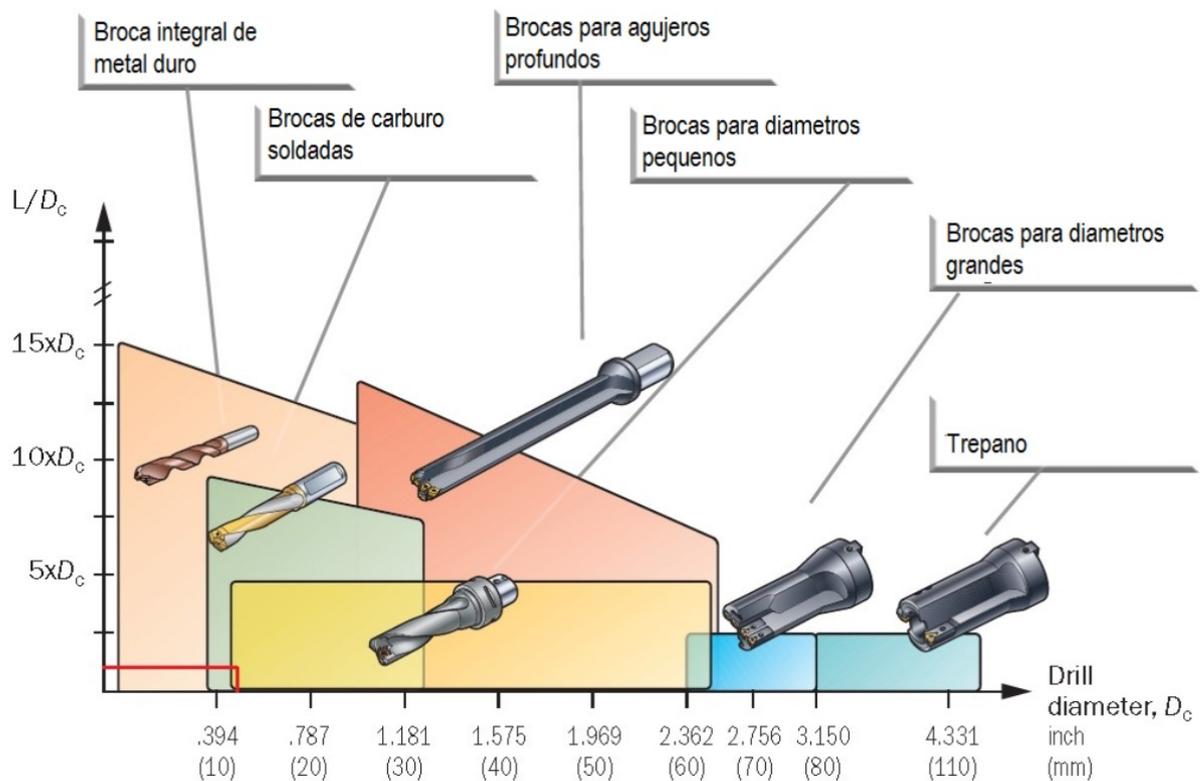


Figura 3-18. Diferentes tipos de brocas y su aplicación de acuerdo al diámetro D_c y la relación con el largo L/D_c . [10]

Según los puntos anteriores se analizan las siguientes alternativas:

1. Broca con placas indexables

Ventajas:

- Son la primera opción en cuanto a bajo costo por agujero.
- Son herramientas muy versátiles.

Desventajas:

- Su área de aplicación es para agujeros de medianos a grandes. Algunos proveedores como Sandvik y Mitsubishi tienen brocas para dicho caso, pero el proceso de agujereado en el torno no es totalmente rígido lo que podría requerir insertos más robustos lo cual no sería factible debido al espacio físico.
- Las tolerancias de un broca de este tipo son una combinación entre las tolerancias del asiento del cuerpo y de las tolerancias del inserto por lo tanto se obtiene un ancho de tolerancia de 0,02 mm aproximadamente lo que podría repercutir en la vida útil del escariador.

Se descarta esta posibilidad porque antiguamente se utilizaba este tipo de broca presentando diferentes inconvenientes.

2. Broca integral de metal duro

Ventajas:

- Tolerancias del agujero ajustadas lo que permitiría realizar el agujero de una sola vez sin necesidad del escariador. Es importante aclarar que la operación de escariado no es crítica por lo tanto no se reduciría el tiempo de ciclo. Por otro lado, realizar el agujero terminado de una sola vez en un torno puede no ser confiable con el tiempo debido a que no es una máquina específica para esta aplicación.
- La fiabilidad: La resistencia al desgaste es precisamente la característica más destacada del metal duro. Además este es el único material que puede soportar la deformación, los impactos, las grandes cargas, altas presiones, corrosión y altas temperaturas.

Desventajas:

- Si la broca se quiere usar para realizar el agujero terminado, el afilado de la misma puede ser un inconveniente en el momento de garantizar el agujero en tolerancia. Por otro lado si no realizamos afilados intermedios los costos por pieza pueden resultar elevados.
- Las mechas deben fabricarse bajo pedido, ya que el diámetro del agujero no pertenece a un valor comercial, lo que significaría mayor tiempo de reposición y por lo tanto un mayor stock de seguridad.
- El recambio de la mecha completa es más lento que en los demás casos.

3. Brocas con punta de metal duro intercambiable

Ventajas:

- Su recambio es rápido y seguro.

- Su tolerancia es intermedia entre una broca de insertos indexables y una mecha integral de metal duro. Es necesario un escariado posterior.

Desventajas:

- Costo por pieza elevado.
- Afilado complejo.

Las puntas utilizadas actualmente en el momento de recambio se desechan, por lo cual se analiza la posibilidad de afilarlas y recubrirlas para disminuir los costos. Antes de realizar el ensayo se deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

- Cantidad de afilados posibles: Se debe determinar la cantidad de afilados máximos posibles.
- Definir punto de recambio: A medida que se realizan los afilados correspondientes a una misma punta, el rendimiento podría decaer en cada uno de estos. Lamentablemente en la máquina no se puede modificar el valor de recambio en función de la cantidad de afilados que tenga una punta porque a la larga se cometerían errores de operación y como consecuencia se podrían generar averías de las herramientas y/o máquina con el costo asociado que involucra. Es por este motivo que el valor de recambio establecido en el CNC debe ser único, y por lo tanto se sacrificaría vida útil en los primeros afilados.

Teniendo en cuenta los criterios mencionados, se determinan los costos totales por pieza según el número de afilados y se cargan los datos en un gráfico. Sobre el mismo también se determinan los valores mínimos de recambio de la punta, en donde se comienzan a disminuir los costos comparados con la actualidad.

El costo de la punta por pieza esta dado por:

$$C_{PP} = \frac{C_I + n \times (C_A + C_R)}{R \times (1 + n)} \quad (3-6)$$

Donde C_I es el costo de la punta, R es el rendimiento (Piezas/filo), n es la cantidad de afilados, C_A es el costo del afilado y C_R es el costo de recubrimiento.

El costo por parada para cambio de herramienta es:

$$C_{RI} = T_{CI} \times (C_{HM} + C_{HH}) \quad (3-7)$$

Donde recordando del capítulo 2, T_{CI} es el tiempo de cambio de herramienta por pieza, T es el tiempo estimado de cambio de la punta y C_{HM} y C_{HH} son el costo hora máquina y hora hombre respectivamente.

Entonces el costo total por pieza lo obtenemos a partir de la suma de las ecuaciones 3-6 y 3-7:

$$C_T = \frac{C_I + n \times (C_A + C_R)}{R \times (1+n)} + \frac{T}{R} \times (C_{HM} + C_{HH}) \quad (3-8)$$

La figura 3-19 corresponde al gráfico de los costos totales por pieza en función del número de afilados y el rendimiento a punto de recambio.

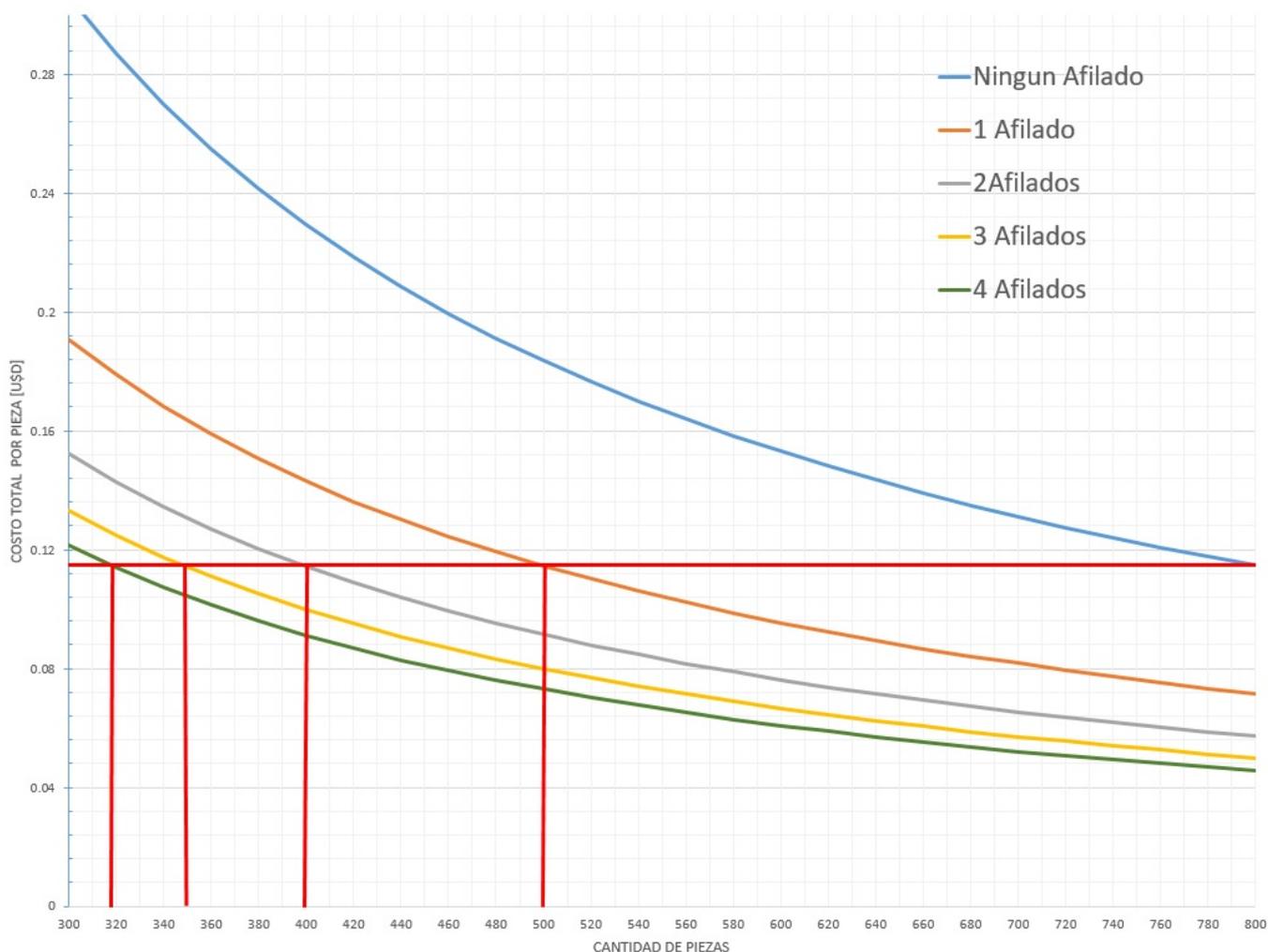


Figura 3-19. Costo total por pieza de la punta de metal duro en función de la cantidad de afilados y el rendimiento.

Se determina el valor mínimo de piezas a realizar en función de la cantidad de afilados por punta, en donde se comienza a obtener menores costos a los actuales. Los mismos valores se encuentran marcados en el gráfico 3-19 de color rojo, donde corresponde a la intersección del costo actual con las curvas de cada afilado. Dichos valores se agrupan en la tabla 3-12, y

deben tenerse en cuenta en el momento del ensayo dado que los mismos sirven como criterio de rechazo o dicho de otra forma, permiten rápidamente observar si estamos obteniendo un ahorro en los costos.

Número de afiladas	Cant. piezas mínimas
1	499
2	399
3	349
4	319

Tabla 3-12. Cantidad mínima de piezas a realizar para justificar los costos en función del número de afilados realizados.

Conociendo los valores mínimos necesarios de piezas que debería realizarse en función de la cantidad de afilados, será posible comenzar con el ensayo. El mismo consiste en el seguimiento de 10 puntas de metal duro, en donde se revisa de forma periódica para ver si sufrió algún tipo de desgaste no deseado.

Punta Nro	Sin Afilar		1 Afilado		2 Afilados		3 Afilados		4 Afilados	
	Piezas	Condición	Piezas	Condición	Piezas	Condición	Piezas	Condición	Piezas	Condición
1	800	óptima	600	óptima	600	óptima	600	óptima	600	óptima
2	800	óptima	650	óptima	600	óptima	600	óptima	600	óptima
3	800	óptima	400	astillamiento						
4	800	óptima	700	óptima	600	óptima				
5	800	óptima	600	óptima	600	óptima				
6	600	óptima	600	óptima						
7	600	óptima	600	óptima						
8	600	óptima	600	óptima						
9	600	óptima	600	óptima						
10	600	óptima	600	óptima						

Tabla 3-13. Ensayo punta metal duro TC10. Condiciones en función del número de piezas y cantidad de afilados.

El ensayo se encuentra en proceso de realización, ya que por cuestiones de tiempo no pudo terminarse por completo. Con los resultados obtenidos hasta el momento, se estima que 600 piezas es el punto de cambio óptimo⁴ y se pueden realizar como mínimo 4 afilados. Esta solución se considera la más viable, ya que se logra reducir los costos casi un 50 %.

⁴Condición óptima se define como un desgaste abrasivo ligero, sin ningún tipo de astillamiento, fractura o desprendimiento.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	800	600
Costo de la punta[U\$D]	87.14	87.14
Costo del afilado + Recubrimiento [U\$D]	-	18
Costo punta por pieza [U\$D](A)	0.1089	0.053
Costo cambio de inserto por pieza [U\$D] (B)	0.0058	0.077
Costos totales por pieza [U\$D] (A+B)	0.1147	0.0607
Ahorro por pieza [U\$D]	0	0.054
Inversión necesaria		Nula

Tabla 3-14. TC10: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.

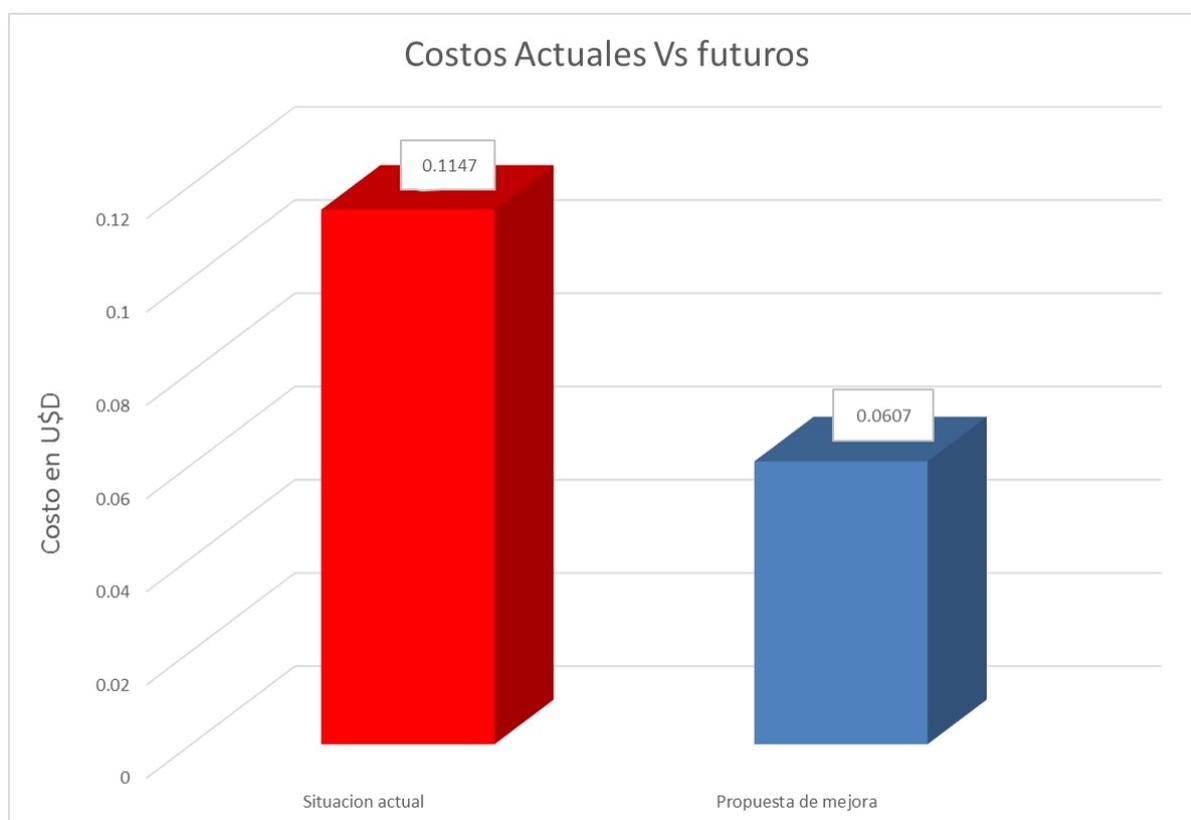


Figura 3-20. TC10: Costos actuales contra la situación recomendada futuros. Se observa una reducción porcentual del 47% en los costos.

3.1.5. Herramienta TC15

Dicha herramienta mecaniza el diámetro 168,2 correspondiente al ala de la pieza. Al ser simplemente una geometría recta sin ángulos ni radios, presenta la ventaja de no tener limitaciones en cuanto a la selección de la geometría del inserto. Se propone como solución

utilizar un inserto CNMG 120412- PM GC 4325 (exactamente el mismo que se utiliza en la actualidad) pero utilizando los filos de 100° en lugar de los de 80° .

Esta propuesta presenta las siguientes ventajas:

- Un filo más resistente lo que se traduce en menor desgaste del inserto.
- Disminución de los costos de inserto por pieza a 0 U\$D, ya que en la actualidad la herramienta TB05 utiliza los filos de 80° de este inserto el cual es desechado sin la utilización de los filos de 100° .

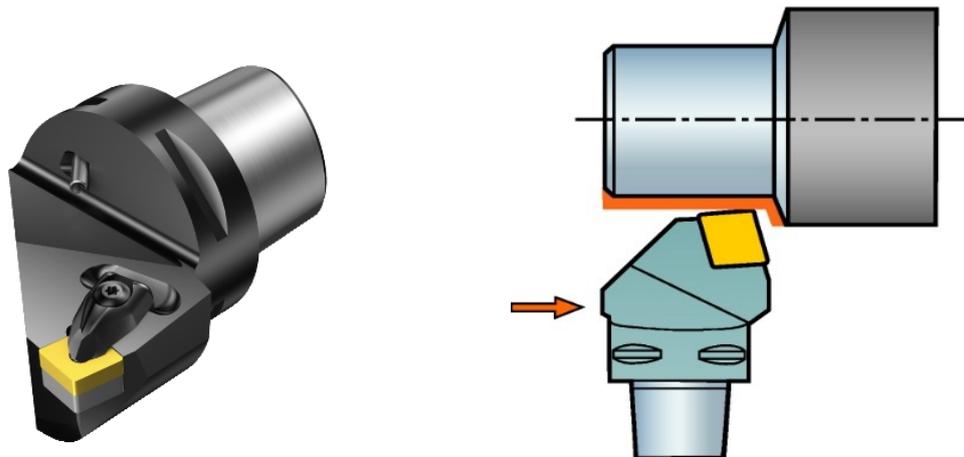


Figura 3-21. Inserto CNMG 120412-PM con porta Capto C4-DCRNL-22050-12. Filo de corte de 100° .

Esta alternativa se ensayó en la máquina P284 para el modelo Hub estriado y se superó cómodamente las 150 piezas. El motivo de no haberlo ensayado en la máquina P299 es que se disponía de un porta herramientas de sección 25x25, el cuál es grande para dicha máquina.

Dado que al aumentar el ángulo de filo se incrementa la fuerza de corte, se propone invertir en un porta herramientas capto C4-DCRNL-22050-12 por su característica de buena rigidez.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	70	150
Costo del inserto[u\$d]	11.45	0
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.0409	0
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.0666	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.1075	0.0311
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.0764
Inversión necesaria		
Costo del soporte Sandvik [u\$d] (D)	–	864
Costo del porta htas Sandvik [u\$d] (E)	–	184
Retorno a la inversión [piezas] ($F = \frac{(D + E)}{C}$)	–	13709
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	1.7

Tabla 3-15. TC15: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.

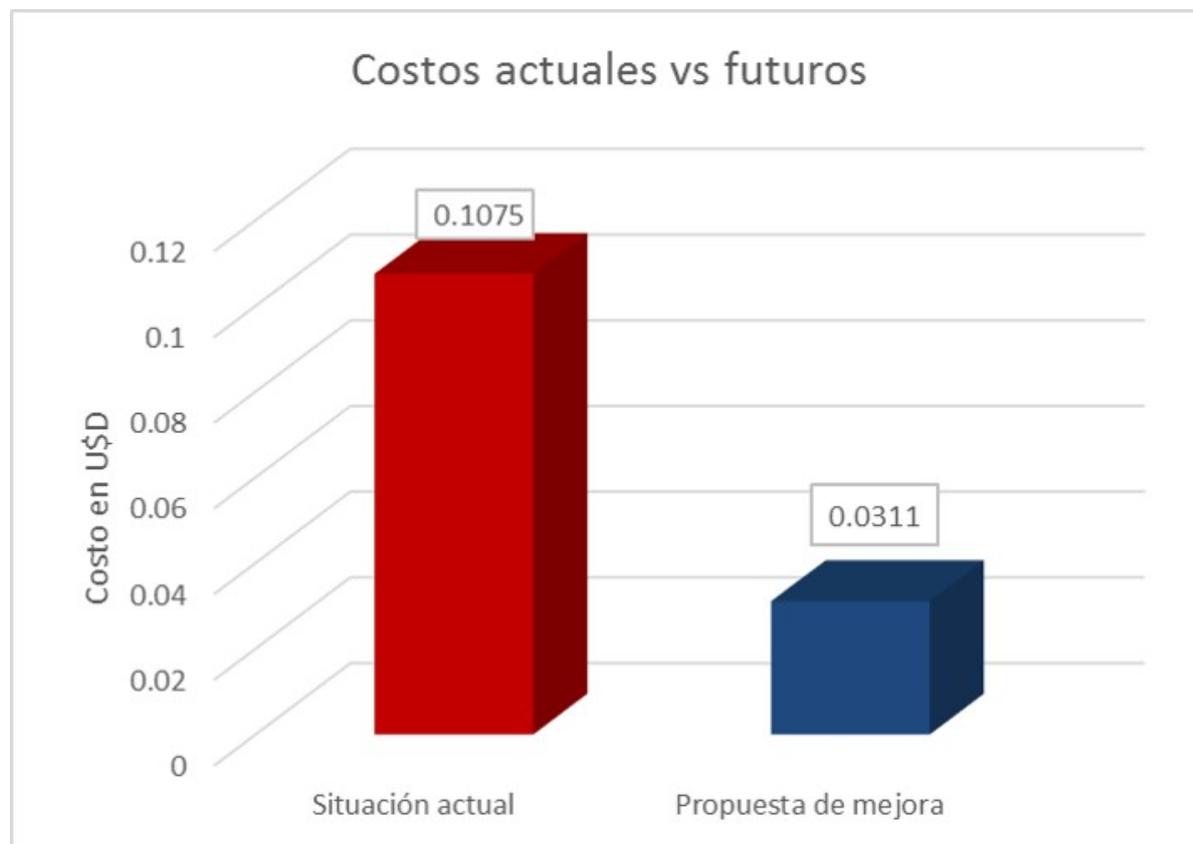


Figura 3-22. TC15: Costos actuales contra la situación recomendada.

Se observa una reducción porcentual del 71 % en los costos.

3.1.6. Herramienta TC12

El costo de la herramienta TC12 se debe principalmente a la necesidad de poner a punto la misma cada vez que se cambia el filo de un inserto. Ésta operación conlleva mayor tiempo y trae como consecuencia retrabajos y/o scrap. La forma ideal de disminuir los costos, es realizando el seteo de la herramienta fuera de la máquina y que el operador solamente tenga que introducir los valores de compensación necesarios. Esto se analiza en el capítulo 3.2.

La vida útil del filo del inserto está establecida en 140 piezas, por lo tanto es necesario llevarla a 150 piezas. Dado que la herramienta se clasifica como "no crítica" según la figura 3-1 se recomienda disminuir la velocidad de corte ya que no afectará al tiempo de ciclo.

Si se toma como referencia la figura 3-4 y se realiza un análisis similar al de la herramienta TA01, resulta que:

$$V_c \times T^n = C \quad (3-9)$$

$$260 \times 140^n = C \quad (3-10)$$

$$260 \times 140^n = V_c \times 150^n \quad (3-11)$$

$$260 \times \left(\frac{140}{150}\right)^n = V_c \quad (3-12)$$

Si $n = 0,227$ entonces:

$$V_c = 255,96 \quad (3-13)$$

Por lo tanto, se podría obtener una vida útil de 150 piezas/filo, solamente disminuyendo la velocidad de corte a 255 m/min.

A partir de lo mencionado se proponen las siguientes condiciones:

Parámetro	Condiciones Actuales	Condiciones propuestas
Velocidad de corte [m/min]	260	255
Rendimiento [piezas/filo]	140	150

Tabla 3-16. Modificación de los parámetros para la herramienta TC12.

Lo ideal es realizar el ensayo en la máquina y determinar cuál es el rendimiento real con las condiciones propuestas.

En la sección 3.2 se realiza el análisis y se brinda una solución para realizar la puesta a punto fuera de la máquina. En tal caso se deberá invertir en dos soportes capto, de tal forma de tener uno siempre listo para el recambio junto al valor de compensación necesario.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	140	150
Costo del inserto[u\$d]	7.8	7.8
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.0139	0.0130
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.0833	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.0972	0.0441
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.0531
Inversión necesaria		
Costo del soporte Sandvik [u\$d] (D)	–	864
Costo del porta htas Sandvik [u\$d] (E)	–	184x2 = 368
Retorno a la inversión [piezas] ($F = \frac{(D + E)}{C}$)	–	23201.5
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	2.9

Tabla 3-17. TC12: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.

El costo de cambio de inserto por pieza, se reduce notablemente porque se elimina el tiempo de puesta a punto.

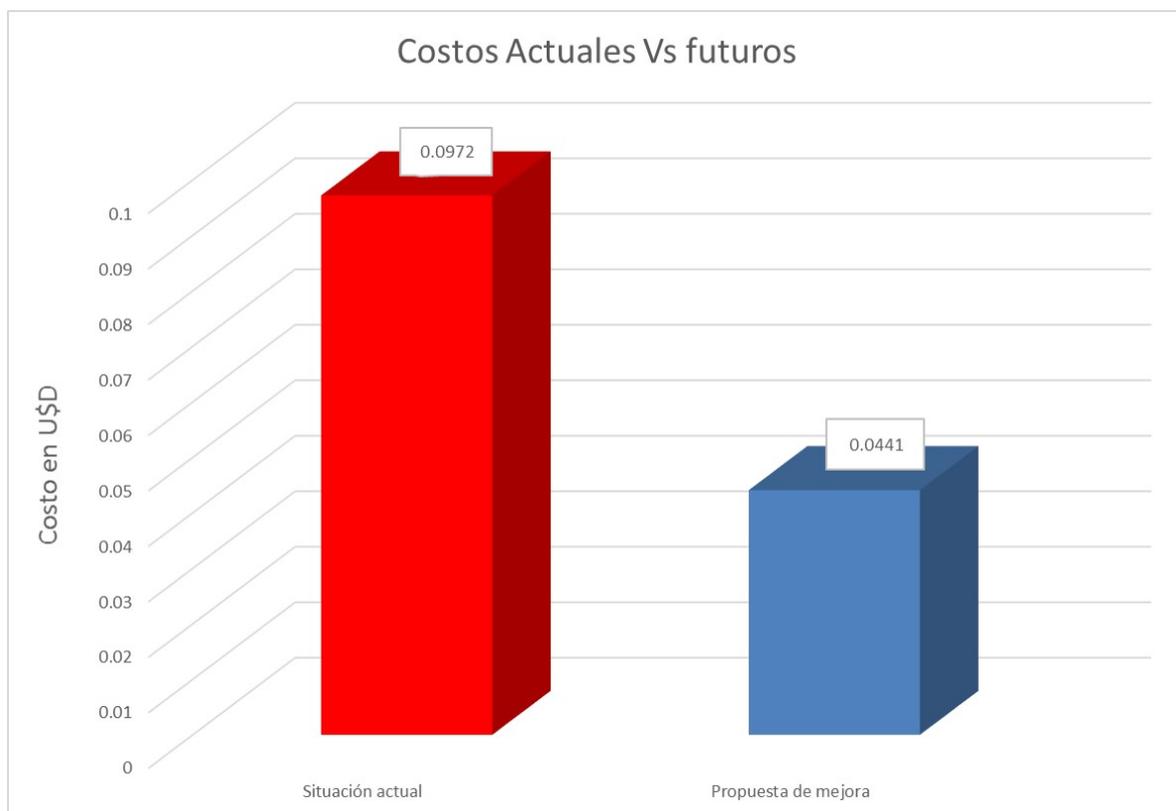


Figura 3-23. TC12: Costos actuales contra la situación recomendada.

Se observa una reducción porcentual del 54 % en los costos.

3.1.7. Herramienta TC01

Es exactamente el mismo caso que la herramienta TC12, por lo tanto se realiza el mismo análisis:

$$V_c \times T^n = C \quad (3-14)$$

$$280 \times 140^n = C \quad (3-15)$$

$$280 \times 140^n = V_c \times 150^n \quad (3-16)$$

$$280 \times \left(\frac{140}{150}\right)^n = V_c \quad (3-17)$$

Si $n = 0,227$ entonces:

$$V_c = 275,64 \quad (3-18)$$

Por lo tanto, se podría obtener una vida útil de 150 piezas/filo, solamente disminuyendo la velocidad de corte a 275 m/min.

A partir de lo mencionado se proponen las siguientes condiciones:

Parámetro	Condiciones Actuales	Condiciones propuestas
Velocidad de corte [m/min]	280	275
Rendimiento [piezas/filo]	140	150

Tabla 3-18. Modificación de los parámetros para la herramienta TC01.

Nuevamente, lo ideal es realizar el ensayo en la máquina y determinar cuál es el rendimiento real con las condiciones propuestas.

Descripción	Situación actual	Propuesta de mejora
Rendimiento [piezas/filo]	140	150
Costo del inserto[u\$d]	6.74	6.74
Costo inserto por pieza [u\$d](A)	0.0120	0.0112
Costo cambio de inserto por pieza [u\$d] (B)	0.0833	0.0311
Costos totales por pieza [u\$d] (A+B)	0.0953	0.0423
Ahorro por pieza [u\$d] (C)	0	0.053
Inversión necesaria		
Costo del soporte Sandvik [u\$d] (D)	–	864
Costo del porta htas Sandvik [u\$d] (E)	–	184x2 = 368
Retorno a la inversión [piezas] ($F = \frac{(D + E)}{C}$)	–	23245.3
Retorno a la inversión [meses] ($F/8000$)	–	2.9

Tabla 3-19. TC01: Análisis de la propuesta de mejora contra la situación actual.

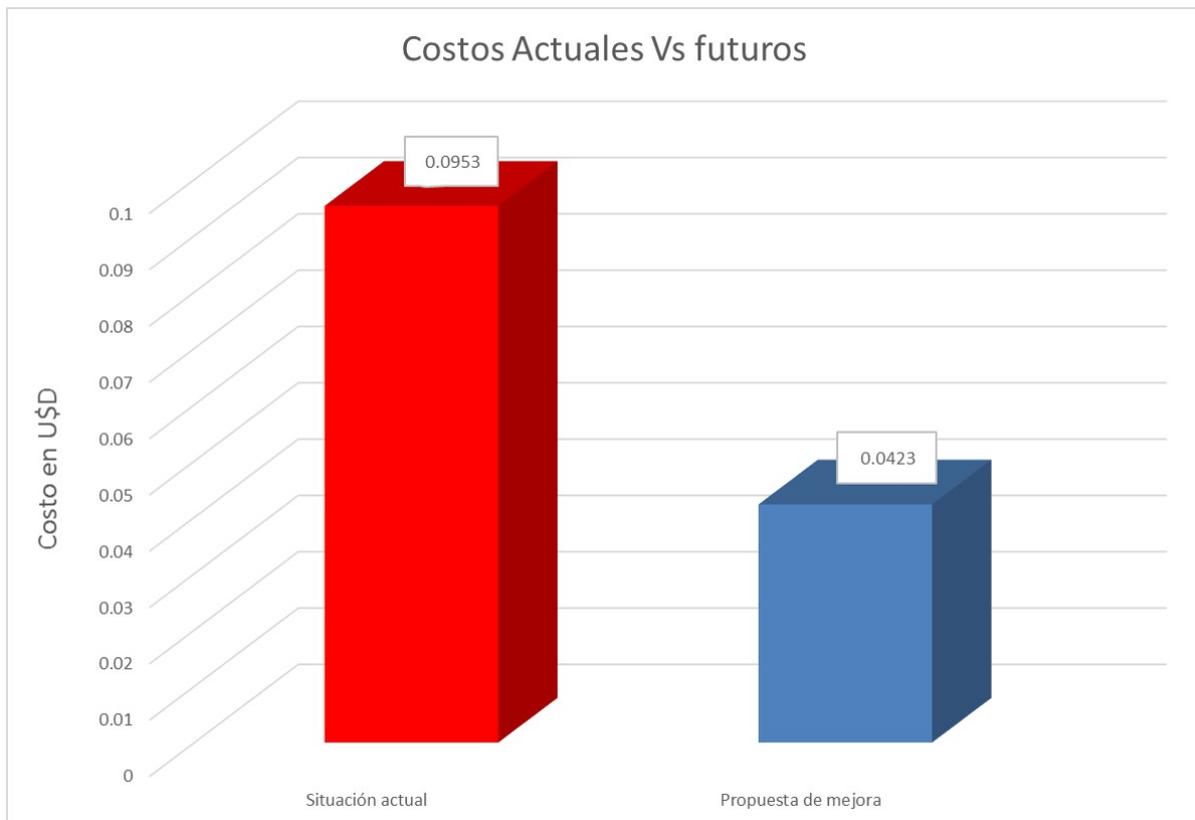


Figura 3-24. TC01: Costos actuales contra la situación recomendada.

Se observa una reducción porcentual del 55 % en los costos.

3.2. Optimización de los tiempos de cambio de herramientas

Las herramientas TC12 y TC01 generan grandes pérdidas debido a la necesidad de compensación. También la herramienta TA03 debe compensarse, pero al tener un rendimiento elevado (600 piezas), no implica un gran costo. La empresa dispone de un equipo Zoller⁵ de medición óptica que se utiliza para realizar puesta a punto de herramientas fuera de la máquina, el cual podría ser utilizado para las herramientas mencionadas. Para poder realizar una puesta a punto fuera de la máquina se debe disponer también de porta herramientas tipo Capto. Se analizan los siguientes sistemas de pre-seteo:

1. Equipo de medición óptico Zoller: Se propuso como primera opción evaluar la variabilidad del equipo que dispone la empresa. Los resultados del ensayo (ver sección 3.2.2.) justifican porque no es la opción mas viable. Las justificaciones se enumeran a continuación:
 - La variabilidad del equipo no permite realizar una puesta a punto eficiente de la herramienta TA03.
 - Las herramientas TC01 y TC12 se podrán poner a punto de forma eficiente solamente si el proceso se encuentra perfectamente centrado y no se agrega ningún otro tipo de variación al proceso de puesta a punto.
 - La empresa deberá invertir en un cono ISO⁶ con acoplamiento capto, a pesar de disponer del equipo Zoller.

A partir de lo mencionado se procede a analizar los siguientes items.

2. Puesta a punto dentro de la máquina: Consiste en un dispositivo de medición mecánico u óptico que de forma automática realiza la medición del filo de la herramienta puesta en la máquina. Estos dispositivos son una buena opción cuando la cantidad de máquinas es mínima porque requieren menor inversión que un sistema Zoller u otro dispositivo de puesta a punto global, pero cuando se tienen varias máquinas el pre-seteo dentro de las mismas se vuelve costoso, ya que requiere invertir en varios dispositivos, y su mantención como calibración se vuelve mas complejo. A pesar que este proyecto esta enfocado en una sola máquina, debemos tener en cuenta que las decisiones deben ser evaluadas en todos los aspectos y considerar si dicha inversión puede ser útil para otros procesos.

Otra desventaja de la puesta a punto dentro de la máquina es que pueden afectar negativamente sobre el tiempo de producción ya que la medición se realizaría antes que

⁵Zoller es una empresa alemana que desarrolla dispositivos de ajuste y medición. El modelo que posee la empresa es Venturion 450. Para más información ver[14]

⁶cono ISO: tipo de fijación de varios portaherramientas que permite el acople con el eje de la máquina o dispositivo.

la máquina empiece a producir, entonces a pesar de que estamos evitando retrabajos o piezas scrap, por otro lado estamos añadiendo tiempo de seteo.

3. Puesta a punto fuera de la máquina con reloj comparador: Consiste en fijar la herramienta en un cabezal y luego hacer contacto con la punta del comparador sobre el filo del inserto. La diferencia con un valor patrón, se carga en el offset⁷ de la máquina quedando lista para producir. Este sistema de seteo es simple y robusto lo que lo hace una solución amigable y de poco mantenimiento.

3.2.1. Características del sistema de cambio rápido Coromant Capto

El sistema Coromant Capto se introdujo en 1990 y, desde entonces, no se han producido modificaciones en el diseño del acoplamiento. En 2008 pasó a adecuarse al estándar ISO y, ahora, Coromant Capto podría describirse como el estándar para el sistema de cambio rápido en los centros de torneado. A continuación se describen algunos de los beneficios clave del sistema, los cuales garantizan que se maximizan tanto la utilización de la máquina como la eficiencia del mecanizado.

- Sujeción de segmento: El tirante accionado por leva se utiliza para el bloqueo del acoplamiento, con la sujeción de segmento, y para expulsar la cabeza de corte (ver fig 3-25). Sólo se requiere media vuelta para bloquear o desbloquear la unidad de sujeción manual. La leva dispone de un ángulo de auto-bloqueo y no se abrirá durante el mecanizado.

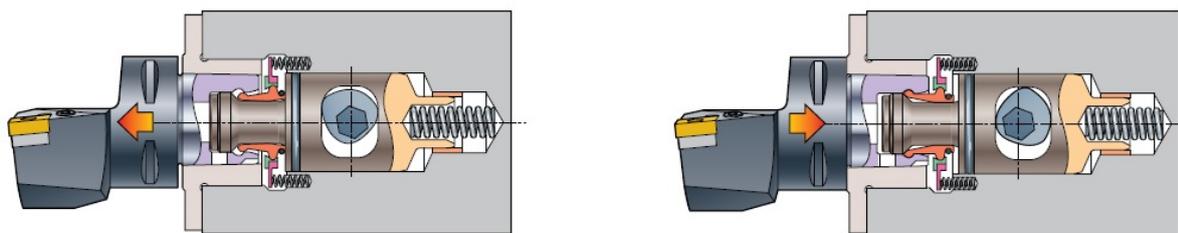


Figura 3-25. Sistema de ajuste Coromant Capto. Para mas informacion ver [9]

- Repetibilidad: La alta precisión del acoplamiento y su diseño de auto-centrado garantizan una exactitud repetible de ± 3 micras en los ejes x, y, y z para la misma unidad de corte en el mismo receptor hembra. Esto permite el pre-reglaje fuera de la máquina para producciones de lotes de gran tamaño o conjuntos de herramientas para cambios de lote. Ambas soluciones eliminan los cortes de medición, proporcionando puestas en marcha más rápidas y menos piezas desechadas.

⁷offset: hace referencia al valor de compensación de la herramienta.

- Mayor estabilidad: La estabilidad se mide en términos de resistencia a la flexión y transmisión del par.

3.2.2. Ensayo del equipo Zoller

El ensayo se realizó para medir la variabilidad del equipo Zoller sobre una herramienta Capto de torneado. El objetivo era estudiar la posibilidad de poner a punto la herramienta fuera de la máquina y así evitar las pérdidas de tiempo que conllevan la compensación en máquina y también evitar retrabajos y/o scrap. Se estudió la variabilidad de ambos ejes del equipo de medición y luego se comparó con la tolerancia de las cotas críticas dependiendo la forma de trabajo de la herramienta. Secuencia del ensayo:

1. Se coloca el inserto (CNMG-120408) en el porta Capto (C5-DCKNL-35060-12) y éste en el cono, y no se remueven en ningún momento del ensayo. Ver figura **3-26**.
2. Se coloca el cono en el equipo Zoller y se mide el valor del eje X y eje Z (horizontal y vertical) de la punta del inserto.
3. Se retiran los ejes y se remueve el cono.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta realizar 30 mediciones. Los resultados se encuentran en la tabla **3-20**.



Figura 3-26. Cono Iso, porta capto y inserto utilizados en el ensayo.



Figura 3-27. Dispositivo de medición y ajuste óptico marca Zoller, modelo venturion 450.

	Eje Vertical	Eje horizontal
Pieza N°	MEDIDA	MEDIDA
1	199.992	69.946
2	199.991	69.944
3	199.990	69.942
4	199.990	69.943
5	199.990	69.944
6	199.988	69.946
7	199.991	69.944
8	199.996	69.940
9	199.996	69.944
10	199.998	69.944
11	199.998	69.944
12	199.994	69.944
13	199.996	69.942
14	199.994	69.940
15	199.994	69.938
16	199.992	69.944
17	199.990	69.946
18	199.994	69.940
19	199.998	69.934
20	199.996	69.938
21	199.996	69.938
22	199.994	69.938
23	199.996	69.938
24	199.992	69.942
25	199.990	69.942
26	199.995	69.942
27	199.993	69.942
28	199.993	69.946
29	199.992	69.944
30	199.994	69.948
SUMA	5,999.803	2,098.267
PROMEDIO	199.993	69.942
DESV. STD	0.0027	0.0032
RANGO	0.010	0.014

Tabla 3-20. Datos obtenidos en el ensayo del equipo sobre los ejes X y Z (horizontal y vertical).

3.2.2.1. Criterio de Aceptación o rechazo en el uso del equipo zoller.

En el momento de estudiar la factibilidad del equipo como dispositivo de puesta a punto para las herramientas se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los porta herramientas Capto tienen una repetibilidad de $3 \mu\text{m}$
- 6σ (seis veces la desviación estándar) es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra 99.73 % de los valores de una variable con distribución normal. Para que el proceso de medición sea considerado potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones, se requiere que la variación real siempre sea menor que la variación tolerada, por lo tanto las mediciones deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal (N), o al menos tienen que estar con holgura dentro de las especificaciones inferior (EI) y superior (ES).
- Para lograr que la pieza se encuentre dentro de tolerancia desde el primer mecanizado, tenemos que tener en cuenta que existe una variación propia del equipo de medición Zoller, al igual que existe una variación propia de la máquina.

Según [8], se tiene que:

$$(\sigma_{real})^2 = (\sigma_{sm})^2 + (\sigma_m)^2 \quad (3-19)$$

Donde σ_{real} es la varianza real del proceso, σ_{sm} es la varianza del sistema de medición Zoller y σ_m es la varianza de la máquina.

Entonces como criterio de aceptación se utiliza el índice de capacidad de proceso, que se define de la siguiente manera:

$$C_P = \frac{I_T - R_C}{6 \times \sigma_{real}} \quad (3-20)$$

Donde I_T es el índice de tolerancia (diferencia entre la cota máxima y mínima) y R_C es la repetibilidad del porta capto ($R_C = 0,006 \text{ mm}$ según [9]).

El índice C_P compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste. Para que la puesta a punto sea considerada potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones, se requiere que la variación real siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice C_P sea mayor que 1; y si el valor del índice C_P es menor que uno, es una evidencia de que el proceso de puesta a punto no cumple con las especificaciones. Para una mayor precisión en la interpretación, en la figura 3-29 se presentan cinco categorías de procesos que dependen del valor del índice C_P .

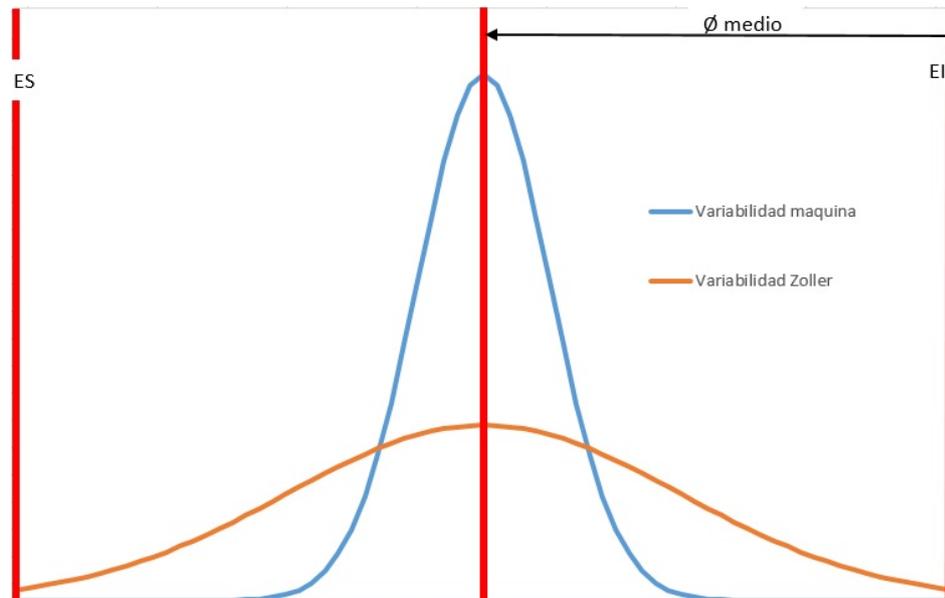


Figura 3-28. Campanas de Gauss que esquematizan la variabilidad de la máquina como del sistema de medición Zoller.

VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Figura 3-29. Valores de C_p , y su interpretación. [8]

Un aspecto que es necesario destacar de la interpretación que se da en la figura 3-29 es que está fundamentada en tres supuestos: que la característica de calidad se distribuye de manera normal, que el proceso está centrado y es estable (está en control estadístico), y que se conoce la desviación estándar del proceso. Es decir, la desviación estándar no es una estimación basada en una muestra. La violación de alguno de estos supuestos, sobre todo de los últimos dos, afectaría de manera sensible la interpretación de los índices.

Dado que la muestra de donde se determinó la desviación estándar es pequeña, es incorrecto comparar los valores estimados de C_p con los valores mínimos recomendados para los índices. Por lo tanto, es preciso realizar una estimación por intervalo, en la cual se tome en cuenta el

error estándar de su correspondiente estimador muestral. De forma específica, los intervalos de confianza para C_P , están dados por:

$$C_P \pm Z_{\alpha/2} \frac{C_P}{\sqrt{2n-1}} \quad (3-21)$$

donde n es el tamaño de muestra (30 en nuestro caso) y $Z_{\alpha/2}$ es el percentil de la distribución normal que determina la confianza de la estimación (si se quiere trabajar con 95 % de confianza, el valor de $Z_{\alpha/2}$ es 1.96).

Entonces de manera general, si se toma una muestra pequeña de un proceso para evaluar su capacidad, de acuerdo a los intervalos de confianza para los índices es posible encontrar tres tipos de procesos:

1. Proceso con muy buena capacidad. Cuando el límite inferior de los intervalos de confianza para los índices es mayor que 1.33 (o por lo menos de 1,0).
2. Proceso con muy mala capacidad. Cuando el límite superior de los intervalos de confianza para los índices es menor que 1.0.
3. Proceso con una capacidad intermedia o incertidumbre sobre su capacidad real. Cuando no se está en ninguna de las dos situaciones anteriores, es decir, cuando el intervalo incluya al número 1 a 1.33.

3.2.2.2. Resultados del ensayo

Hta	Cota (valor medio)	ES	EI	IT = ES - EI	Rep. Capto	σ_{real}	Eje	Cp	Cp min	Cp max
TC01	107.973±0,017	107.99	107.956	0.034	0.006	0.003	Vertical	1.56	1.16	1.95
TC01	106.968±0,022	106.99	106.946	0.044	0.006	0.003	Vertical	2.11	1.57	2.65
TA03	54.0375±0,0095	54.047	54.028	0.019	0.006	0.003	Vertical	0.72	0.54	0.91
TC12	95.9725±0,0175	95.99	95.955	0.035	0.006	0.0034	Horizontal	1.42	1.06	1.78
TC12	34.975±0,025	35	34.95	0.05	0.006	0.0034	Horizontal	2.16	1.61	2.71

Tabla 3-21. Valores de C_P , de acuerdo a los intervalos de confianza C_P máximo y C_P mínimo para los diámetros correspondientes.

A partir de los valores obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- El proceso de puesta a punto es ineficaz para la herramienta TA03.

- En las herramientas TC01 y TC12, los valores de C_P son mayores a uno, pero por otro lado no se puede garantizar que son mayores a 1,33 dado que los intervalos de confianza son 1,16 a 1,95 y 1,06 a 1,78 respectivamente en los diámetros mas desfavorables. Por lo tanto, la única forma de que el proceso de puesta a punto sea eficaz, es que esté perfectamente centrado y que no exista ningún otro tipo de variabilidad que no haya sido tomada en cuenta.

Sumado a lo anterior, para realizar la puesta a punto en el equipo Zoller, se deberá invertir en un adaptador capto con accionamiento por leva (figura 3-30), debido a que el cono que se utilizó para el ensayo no posee dicho sistema de ajuste particular del capto que garantiza los $3\mu\text{m}$ ya que el mismo es para centros de mecanizado, en donde se pre-setea y se coloca en la máquina con el cono incluido.

A partir del análisis realizado se propone poner a punto las herramientas necesarias en una mesa con palpador.



Figura 3-30. Adaptador Capto, para el equipo Zoller Venturion 450, con accionamiento por leva de alta precisión.

3.2.3. Sistema de cambio rápido con comparador

Sirve para optimizar la utilización de la máquina garantizando que el resultado de producción sea el máximo posible. Combinar el cambio rápido con la mayor eficiencia de mecanizado garantiza que la máquina alcance un máximo resultado de productividad. Para implementar con éxito el sistema, es importante examinar la mejor manera de trabajar tanto dentro como

fuera de la máquina.

Una de las alternativas analizadas, es utilizar un bloque de fijación con comparador cerca de la máquina. Cuando la herramienta pre-medida se vuelve a colocar en la unidad de sujeción de la torreta, la desviación del filo se corrige mediante la compensación de control de la máquina.

Presenta las siguientes ventajas frente al equipo Zoller:

- Posee menor variabilidad a la hora de puesta a punto.
- El equipo se puede presentar en la misma planta y utilizar para todos los tornos que sea necesario, incluyendo otras líneas.
- Permite capacitar a la misma persona que trabaja en la máquina para realizar la puesta a punto.
- Requiere de un mantenimiento menor a los otros sistemas.

Para que el pre-seteo de las herramientas a través de la lectura con reloj comparador sea efectivo, la variabilidad de dicho sistema debe ser mínima, es decir, se deben evitar todas aquellas variaciones ajenas a la herramienta. Es por este motivo que se elige como alternativa diseñar el dispositivo para que el mismo sea mas robusto. En la imagen **3-31** se muestra el diseño propuesto para la mesa de puesta a punto. El mismo tiene las siguientes características:

1. Posee dos cabezales de sujeción para realizar la medición del filo de ambos lados (correspondiente al eje Z y al eje X). Los mismos aseguran variabilidad mínima en el anclaje del porta Capto.
2. Se prevee un lugar para colocar los patrones de medición que sirven para comparación directa.
3. Se mueve longitudinalmente a través de una guía lineal de alta precisión, la cual brinda un movimiento suave para ubicar fácilmente el filo del inserto.
4. La rigidez del mismo proporciona seguridad ante variaciones indeseadas.

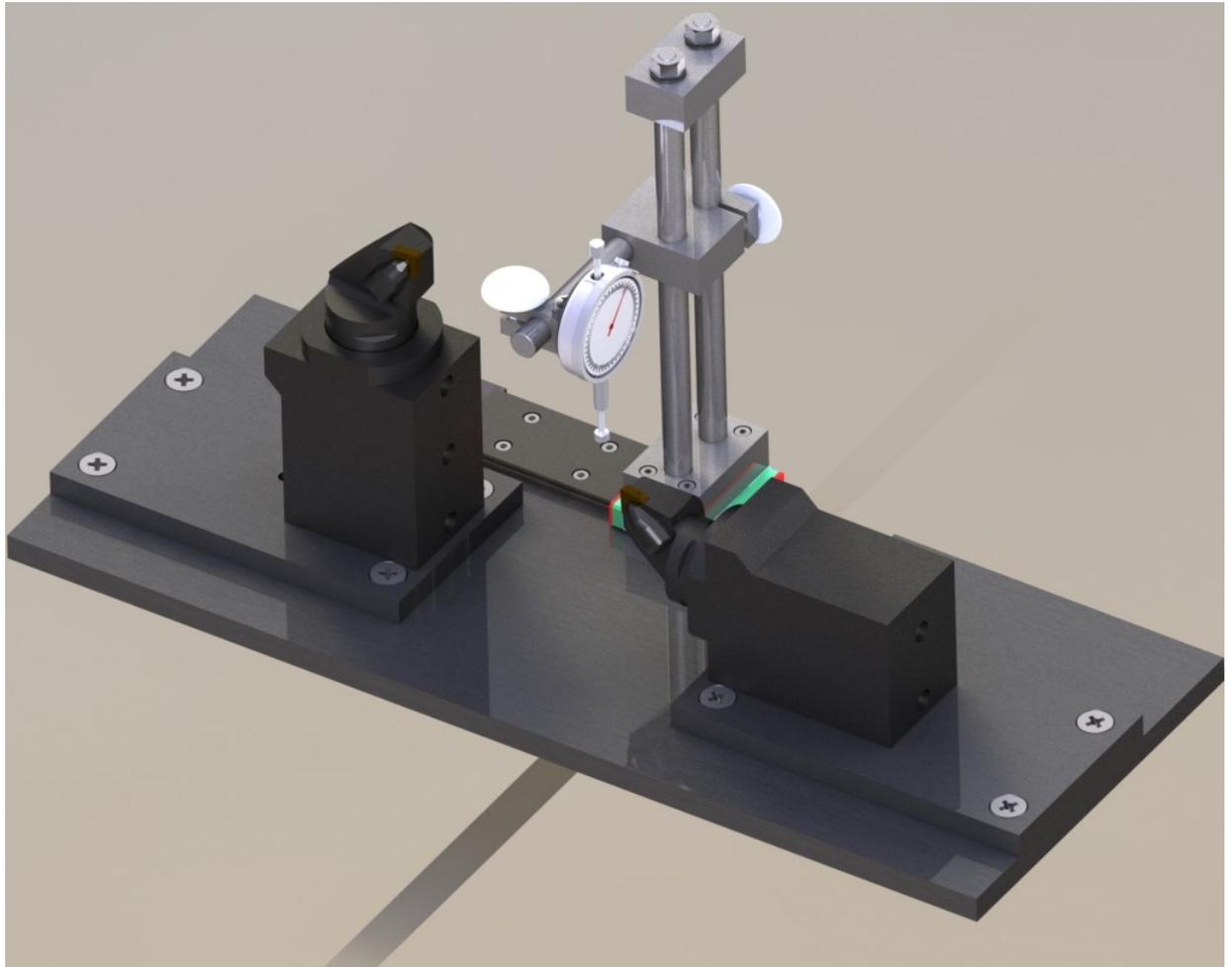


Figura 3-31. Renderizado del diseño propuesto del dispositivo de puesta a punto.

3.2.4. Tiempos actuales VS futuros

3.2.4.1. Descripción del cambio de herramienta en P299

El operario procede a cambiar el filo del inserto por alguno de los siguientes motivos:

1. Alarma del CNC indicando que la herramienta llegó a X cantidad de piezas.
2. El operario detecta en la pieza el desgaste del filo, ya sea al medir una cota, por control visual en la superficie o ruido anormal de la máquina.
3. Rotura del filo del inserto.
4. En la parada de máquina la herramienta se encuentra próxima a cumplir con su vida útil. Es decir, se aprovecha la máquina detenida por algún motivo, y se cambian aquellos insertos próximos a cumplir con su vida útil, para no volver a detener la misma.

Procedimiento:

1. La máquina se detiene automáticamente cuando alguna herramienta llega al punto de cambio. Hasta que el operario detecta que se detuvo pueden pasar algunos minutos.
2. El operario sopletea el interior de la máquina debido a la cantidad de refrigerante que gotea del techo.
3. Se pone en modo manual y se gira la torreta hasta posición accesible de la herramienta en cuestión, luego con la llave adecuada se afloja el o los tornillos que fijan el inserto.
4. Se ajusta el/o los tornillo/s de fijación del inserto, empleando el esfuerzo necesario según la llave.
5. Si se trata de una herramienta de desbaste: Se procede a sustituir el filo del inserto de forma normal, y se continúa con el mecanizado habitual. Si se trata de una herramienta de terminación se realiza la siguiente secuencia:
 - a) Se debe desplazar con el corrector correspondiente la medida del radio del filo en diámetro, de manera tal que deje más material.
 - b) Se mecaniza una sola pieza y se controla con el elemento de medición correspondiente a esa cota. En la máquina se debe ejecutar el botón EJECT STOP para que no siga trabajando una segunda pieza antes de su corrección. Al activar este comando la máquina queda vacía.
 - c) Se compensa la diferencia medida en el CNC y se vuelve a mecanizar. De ser necesario, se repite el punto b hasta obtener un resultado satisfactorio.
6. La pieza fuera de especificación, es entregada al responsable de línea para su administración y re-trabajo correspondiente.

3.2.4.2. Tiempo de un solo cambio de herramientas

El procedimiento actual de cambio de herramienta conduce a grandes pérdidas de tiempo. Desde un principio, en la búsqueda de soluciones se trató de encontrar la manera de realizar solamente un cambio de herramientas por turno a partir de mejores rendimientos y en caso de ser necesario herramientas gemelas. A partir de las mejoras planteadas, se podrán analizar las diferencias de tiempos obtenidas.

A partir de una simulación realizada en la máquina con ayuda del operario, se podrán obtener los tiempos que llevaría realizar todos los cambios de una sola vez. En la misma se procedió a sustituir cada filo que posee un rendimiento menor o igual a 150 piezas, y también se simuló el uso de las herramientas gemelas. Se cronometró la tarea completa como así también se

obtuvieron los tiempos de cada operación individual, de los cuales se tomó un valor estimado según el juicio del analista.

En el anexo F se comparan los tiempos totales de puesta a punto actuales (de forma estimada porque son tareas manuales) con los tiempos futuros estimados. Se observan las siguientes mejoras:

- Al realizar una única parada de máquina para realizar cambios de herramientas, se eliminan varios tiempos de tareas repetitivas.
- Con las mejoras de rendimiento, se logró reducir de 8 cambios de filo en la torreta A cada 140 piezas a 7 cambios cada 150 piezas. Igualmente en la torreta C de 5 cambios a 4.
- Se propone colocar una alarma sonora para alertar rápidamente al operario que llegó el momento de realizar los cambios de herramienta.
- Al realizar la puesta a punto fuera de la máquina y tener la herramienta lista al momento de cambiar el filo, nos ahorramos los tiempos de retrabajos y además evitamos posibles piezas scrap.

Los resultados demuestran una disminución de los tiempos estimados a 20 minutos de para de máquina por cada jornada laboral de 8 horas, lo cual es equivalente a una disponibilidad del 95,8 % ampliamente mayor al 90 % objetivo.

4. Discusión de los resultados

En el capítulo anterior se estudiaron diferentes alternativas para lograr disminuir los costos de las herramientas mas onerosas y también se buscó la forma de llegar a realizar un único recambio de plaquitas por turno. En este apartado se analizan los resultados obtenidos de forma conjunta y se desarrollan las conclusiones.

4.1. Inversión y tiempo de retorno a la inversión

La ventaja de analizar cada herramienta de forma separada es que permite visualizar el ahorro que genera, al igual que el tiempo de retorno a la inversión individual, que es importante conocer en el momento de realizar un desembolso de dinero ya que existe la alternativa de implementar las mejoras de forma individual. En el gráfico de la figura **4-1** se ordenan las herramientas estudiadas según la inversión requerida. En el eje secundario se grafica el tiempo de retorno a la inversión en meses. Sin importar los ahorros que genera cada una de las herramientas, del gráfico podemos destacar dos puntos:

- La herramienta TC10 requiere inversión nula, es decir que se pueden apreciar ganancias solamente tomando la decisión de implementar las mejoras.
- Las inversiones para la herramienta TA10 son las mas bajas, por lo tanto podría ser una buena opción para comenzar a invertir.

En el caso de invertir de forma sucesiva de una herramienta por vez, no solamente es importante el monto a invertir y su tiempo de retorno, sino también analizar la variable ahorro por pieza. En el gráfico de la figura **4-2** se puede observar que la herramienta TA01 es donde se logró mayor disminución de costos y a pesar de que es la herramienta que mayor inversión requiere en dólares, es la que generaría mayores ahorros luego del tiempo de retorno. Por lo tanto queda a criterio de la empresa la forma de invertir.

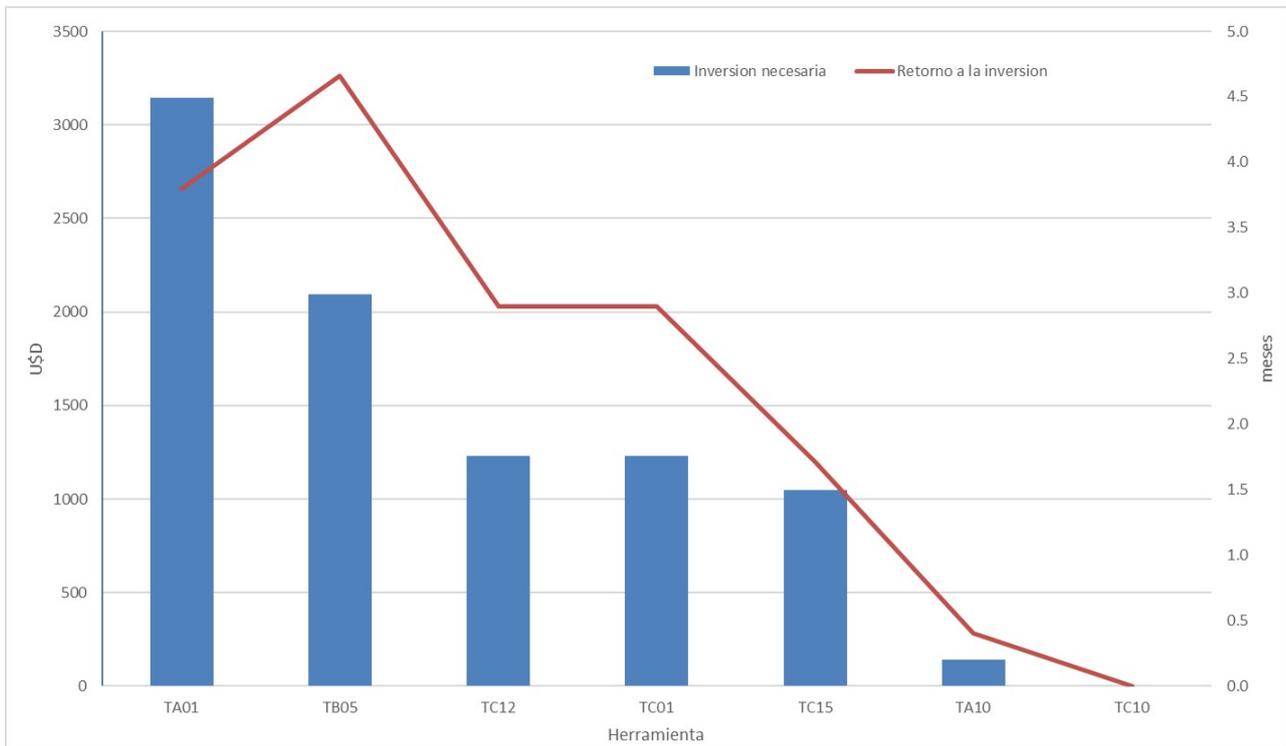


Figura 4-1. Inversión necesaria y tiempo de retorno a la inversión de cada herramienta.

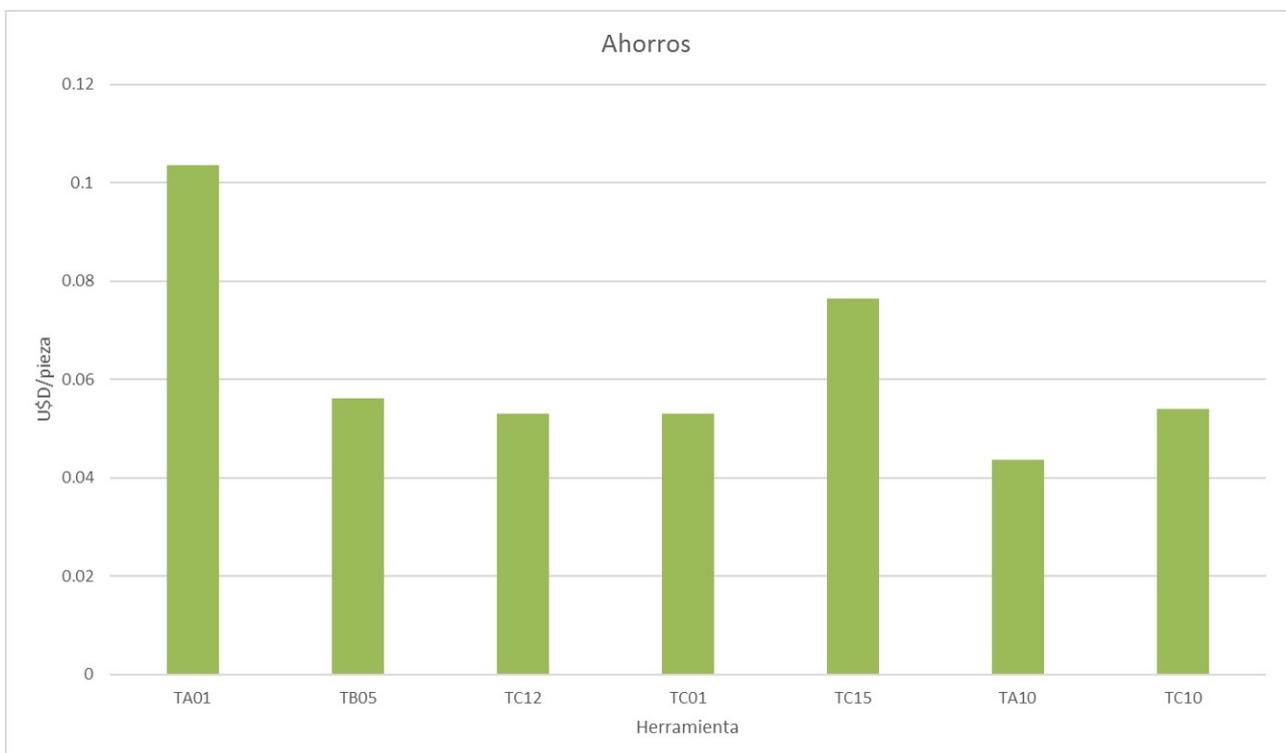


Figura 4-2. ahorros obtenidos por la disminución de los costos de cada herramienta.

En el momento que se apliquen todas las mejoras en cada una de las herramientas, se estará en condiciones de estandarizar la forma de trabajo y realizar una única parada de máquina para cambio de herramientas por jornada laboral. Como se estudió en el capítulo 3.2.4, los tiempos que llevaría realizar todos los cambios de una sola vez serían aún menores, donde se estima una duración de 20 minutos. Es por este motivo que disminuirían aún más los costos asociados a la sustitución de filos de insertos.

4.2. Proceso estandarizado: una parada por turno

4.2.1. Costos por pieza

En el caso de que todas las mejoras fueran aplicadas, y se trabajara con una única parada por jornada laboral de 8 horas, se obtendría los resultados de la figura 4-3.

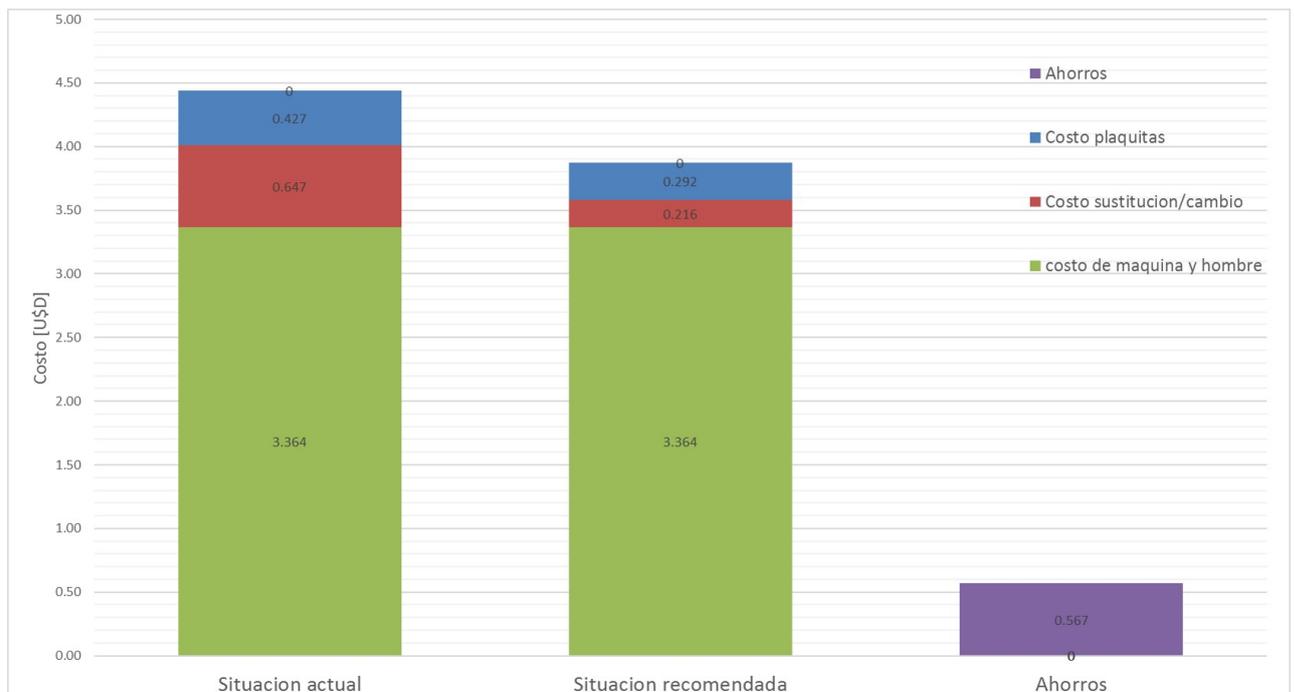


Figura 4-3. Costos de mecanizado: situación actual VS recomendada
Se observa una reducción porcentual estimada del 12,7% en los costos de producción.

Dentro de los costos de mecanizado, tenemos el costo de la máquina, costo del hombre, costo de las plaquitas, y costo de cambio/sustitución de herramientas. En la figura 4-3 se comparan los costos actuales como referencia, con los costos de la situación recomendada donde se implementarían cada una de las mejoras vistas. Se puede observar que a pesar que el tiempo de ciclo no fue modificado, existe un aumento de productividad debido a que se eliminarían varias tareas repetitivas al realizar una única parada por cambio de herramientas. Los ahorros obtenidos estimados son de 0,567 dólares por pieza, por lo tanto

con una producción aproximada de 8000 piezas por mes, los ahorros anuales corresponderían a una cifra considerable de 54400 dólares.

4.2.2. Ahorros en los tiempos de producción

Si las mejoras propuestas fuesen establecidas de manera eficiente y se llevase a cabo una sola parada de máquina para sustitución y puesta a punto de herramientas como se describió a lo largo del trabajo, se ganarían 40 minutos de producción por cada turno de 8 horas. Como se puede observar en la tabla 4-1 con la forma de trabajo propuesta, se estaría ahorrando 22 días al año de producción, o visto de otra forma, en 11 meses se produciría lo mismo que en 12 meses con la forma de trabajo actual.

Ahorro por turno	40 min
Ahorro por semana (3 turnos por día)	10 hs
Ahorro por mes (22 días)	44 hs
Ahorro por año (12 meses)	22 días

Tabla 4-1. Ahorros en tiempos de producción

4.2.3. Eliminación de re-trabajos y scrap

Poner a punto las herramientas de terminación necesarias fuera de la máquina no solamente evita todo el procedimiento de retirar la herramienta, realizar un mecanizado y compensar de acuerdo a la diferencia de cotas obtenidas, sino que suprime la posibilidad de piezas scrap. Las planillas de producción del mes de septiembre, octubre y noviembre del 2016 reportan como scrap a causa de puesta a punto 15, 7 y 11 piezas respectivamente. Si se tomase como media 10 piezas scrap por mes, se evitaría 120 piezas al año.

5. Conclusión

Se detectó una gran pérdida de tiempo en el cambio de herramental, generando costos elevados a causa de la disminución en la capacidad de producción.

Una gran parte del proyecto consistió en encontrar los puntos con mayor capacidad de mejora, donde se comenzó a estudiar un proceso completo compuesto de varias máquinas. El trabajo luego se acotó a la máquina P299 la cual no solo es cuello de botella, sino que también su índice de disponibilidad del 83% era mucho mas bajo que el resto, es decir el 17% del tiempo de producción la máquina se encuentra detenida para recambios. Después se terminó recomendando mejoras en las herramientas TA01, TA10, TB05, TC10, TC15, TC12 y TC01 las cuales constituyen mas del 80% de los costos. Esto permitió que los esfuerzos sean dirigidos de forma eficiente sobre los aspectos de mayor potencial.

Los objetivos del proyecto están al alcance de ser cumplidos donde se brindaron las justificaciones necesarias para obtener los siguientes resultados:

- Realizar una única parada en una jornada de 8 horas para ejecutar los cambios de herramientas en la máquina P299, las cuales se realizarían de forma mas rápida y eficiente, obteniendo como resultado 40 minutos mas de producción por jornada.
- Se reducirían los costos en insertos, y los costos de sustitución de los mismos, generando ahorros de 0,56 U\$D/pieza.
- Se eliminarían de forma estimada 120 piezas anuales de retrabajos y scrap a causa de la puesta a punto en aquellas herramientas de tolerancias ajustadas que necesitan compensación.

Hasta el momento se logró una implementación parcial de las mejoras propuestas, donde las herramientas TA01, y TC15 funcionan como se esperaba y a su vez TC10 se encuentra en modo de prueba pero se estiman buenos resultados. A pesar de que los tiempos de la empresa difieren con los del proyecto, se obtuvo una respuesta satisfactoria y con ánimos de realizar las implementaciones cuando sea posible.

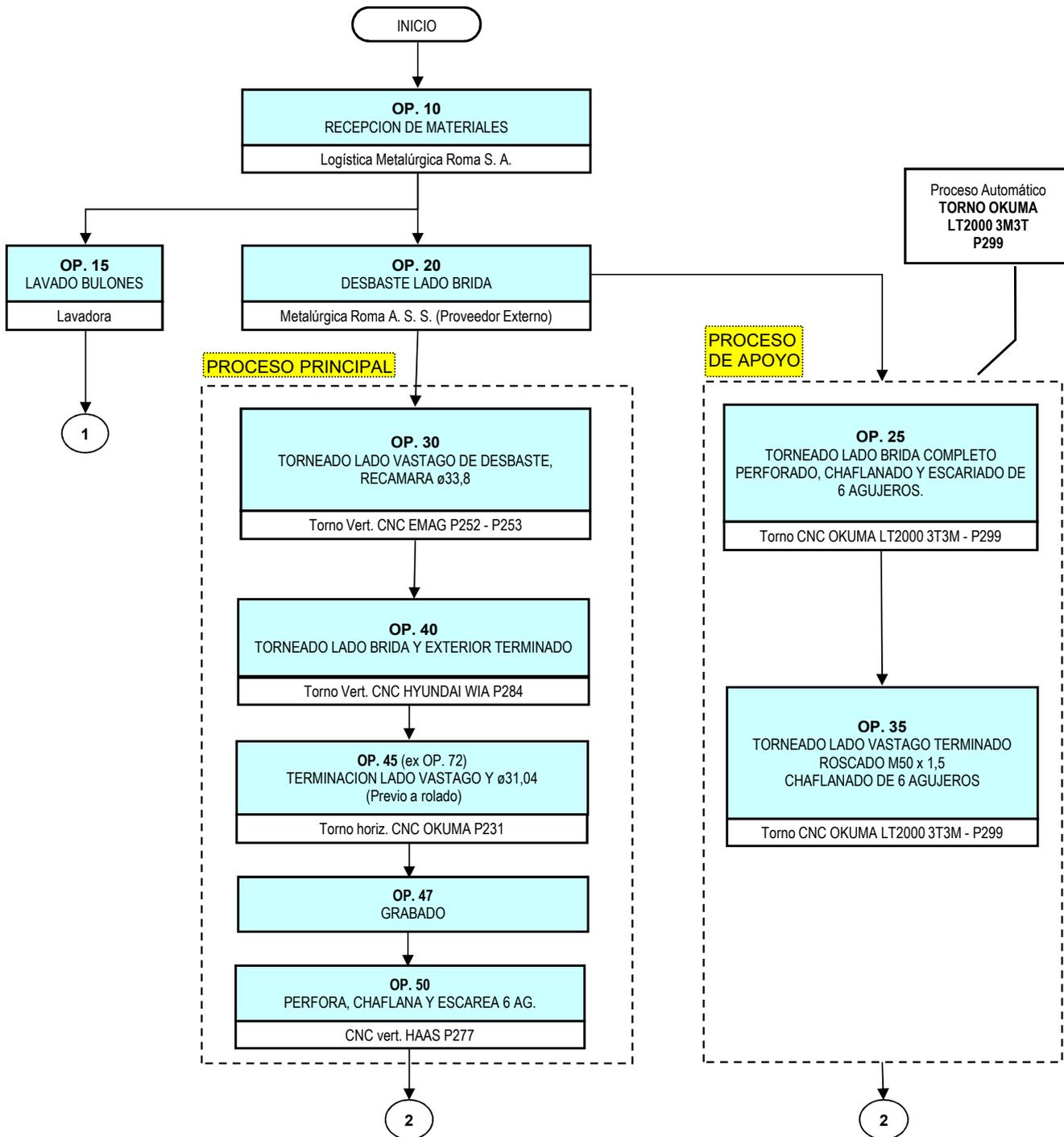
La forma de continuar con este trabajo, inicialmente sería aplicar las mejoras recomendadas para poder comparar los resultados estimados con los verdaderos. Conociendo los mismos

se puede evaluar nuevamente el proceso completo para determinar los nuevos cuellos de botella, los índices de disponibilidad de cada máquina y los costos tal como se estudió durante la fase de análisis en este proyecto integrador. Este trabajo sirve también como guía y documento de mejora continua, y puede ser utilizado a modo de ejemplo donde sea necesario.

Para concluir, los conocimientos adquiridos durante toda la carrera de Ingeniería Mecánica fueron fundamentales para el desarrollo del presente proyecto, y haberlos aplicados en el desarrollo de un proceso real, genera una gran satisfacción y motiva a seguir creciendo en esta profesión.

A. Anexo: Flujogramas

 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	HOJA DE PROCESO - FLUJOGRAMA		PREPARÓ: S. ROVAI
		NOMBRE	NÚMERO / CÓDIGO
	CLIENTE:	TOYOTA ARGENTINA S.A	
PIEZA:	HUB FR AXLE ESTRIADO	43511-KK010 / 43502-KK010	EMISIÓN: 10/04/15 HOJA 1 DE 2

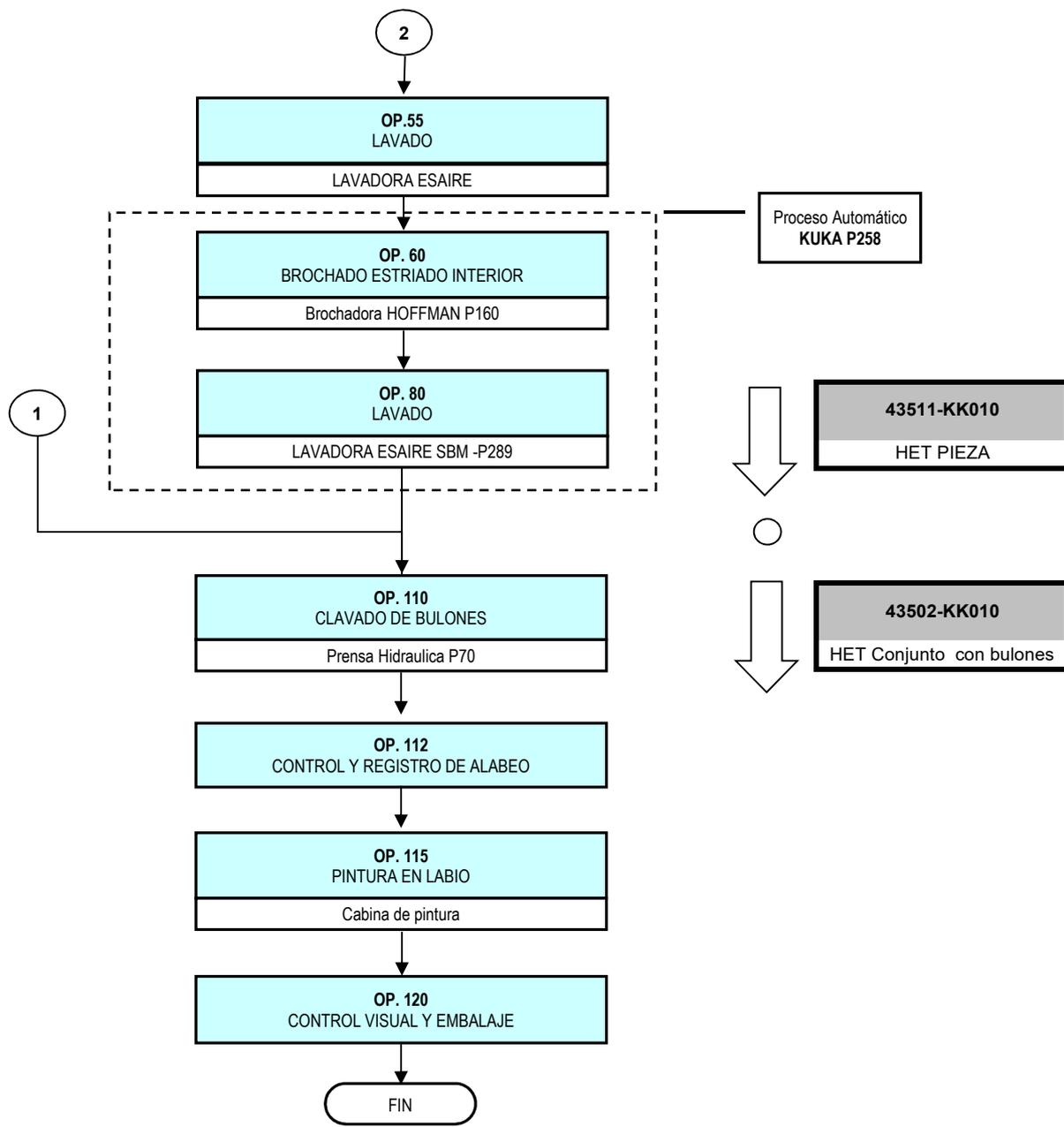


Procedimientos relacionados al Proceso

- PIO 07.03 - Diseño y Desarrollo del Proceso de Fabricación
- PIO 07.08 - Identificación y Trazabilidad del Producto
- PIO 07.09 - Gestión de Logística
- PIO 08.04 - Seguimiento y Medición de los Productos y Procesos
- PIO 08.05 - Tratamiento de No Conformes

L/C	FECHA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
3	13-06-16	op.45 se ag.term.ø31 y sale P222	S. ROVAI
2	17-03-16	Se introduce P222	E. Flores
1	07-07-15	Se ag proceso de apoyo con P299	F. Venditti

 METALURGICA ROMA S.A. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	HOJA DE PROCESO - FLUJOGRAMA		PREPARÓ:	S. ROVAI
	CLIENTE:	TOYOTA ARGENTINA S.A	EMISIÓN:	17-03-16
	PIEZA:	HUB FR AXLE ESTRIADO	NÚMERO / CÓDIGO	43511-KK010 / 43502-KK010
			HOJA 2 DE 2	

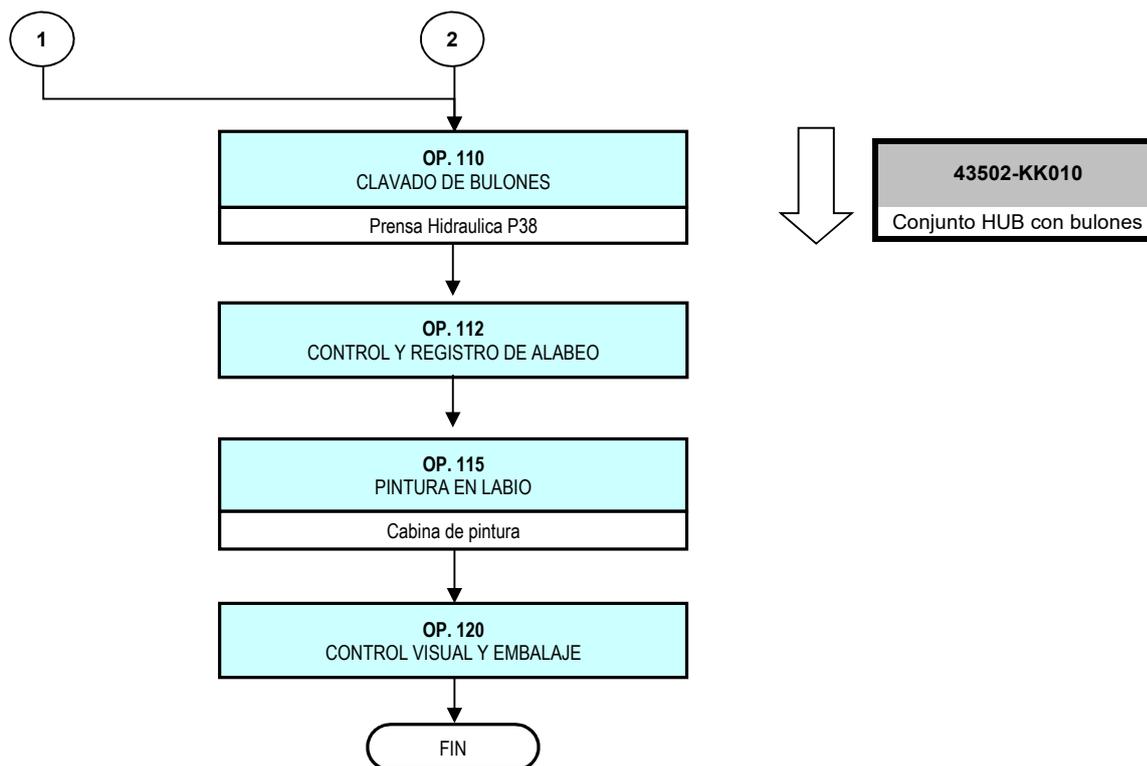


Procedimientos relacionados al Proceso

- PIO 07.03 - Diseño y Desarrollo del Proceso de Fabricación
- PIO 07.08 - Identificación y Trazabilidad del Producto
- PIO 07.09 - Gestión de Logística
- PIO 08.04 - Seguimiento y Medición de los Productos y Procesos
- PIO 08.05 - Tratamiento de No Conformes

L/C	FECHA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
2	17-03-16	Se introduce P222 - Rev. General.	E. Flores
1	07-07-15	OP 110 se retira de celda Kuka P258	F. Venditti

 METALURGICA ROMA S.A. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	HOJA DE PROCESO - FLUJOGRAMA		PREPARÓ: S. ROVAI
		NOMBRE	NÚMERO / CÓDIGO
	CLIENTE:	TOYOTA ARGENTINA S.A	EMISIÓN: 10/04/15
	PIEZA:	HUB FR AXLE LISO	43511-KK020 / 43502-KK020
			HOJA 2 DE 2

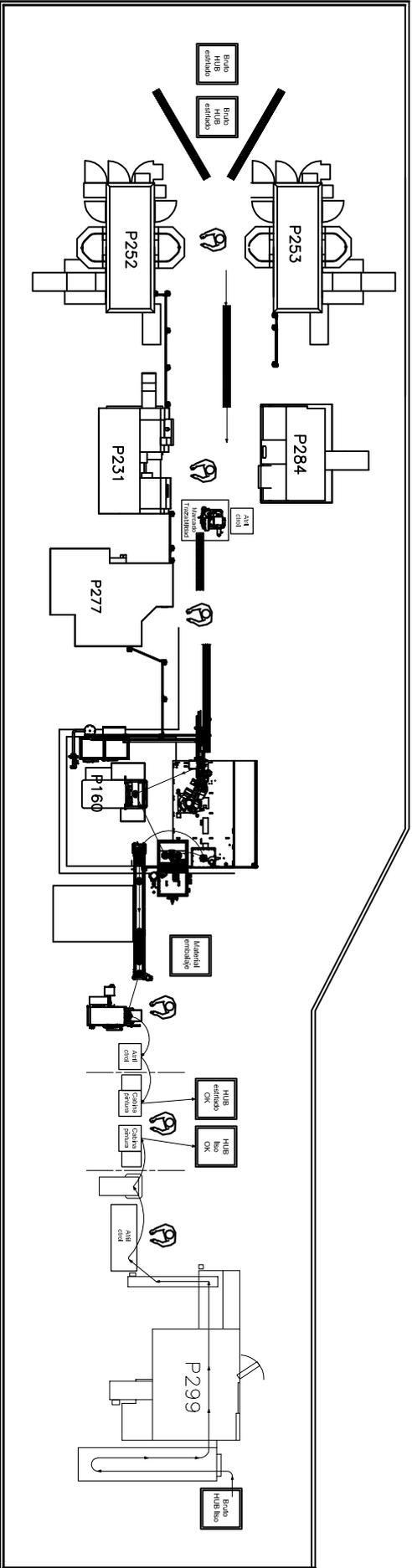


Procedimientos relacionados al Proceso

- PIO 07.03 - Diseño y Desarrollo del Proceso de Fabricación
- PIO 07.08 - Identificación y Trazabilidad del Producto
- PIO 07.09 - Gestión de Logística
- PIO 08.04 - Seguimiento y Medición de los Productos y Procesos
- PIO 08.05 - Tratamiento de No Conformes

L/C	FECHA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE

B. Anexo: layout de la línea productiva



C. Anexo: Planillas para análisis de tiempos

ESTUDIO DE TIEMPOS: MAQUINA P299

Fecha	Parada N	Hora de parada	Duracion de parada [min]	Herramienta	Cant. Piezas realizadas	Retrabajos	Tiempo por Eject Stop [min]	Scrap	Observaciones	
19-09-2016 (hora de entrada 6:00) (hora de salida 14:00)	1	6:10	15	TA01	35	2	4 + PIEZA	0		
				TA10	70					
				TC01	70					
				TC12	130					
				TC15	70					
	2	8:28	22	TA01	35	0	0	0		
	3	9:20	9	TB05	52	1	3 + PIEZA	0	Por rotura del inserto	
	4	10:31	14	TA01	35	1	4 + PIEZA	1		
				TA10	70					
				TB05	35					
				TC01	70					
				TC12	80					
TC15	70									
5	12:44	7	TC10	612	0	0	0			
6	13:40	13	TA01	35	0	0	0	0	La maquina paro por alarma "1215 - 01 ALARM-A SM (Comando asincrono)	
			TB05	47						
20-09-2016 (hora de entrada 6:00) (hora de salida 14:00)	1	6:00	8	TA01	35	0	0	0		
				TA10	70					
	2	7:56	9	TA01	35	0	0	0		
				TB05	60					
	3	9:35	7	TA01	35	0	0	0		
				TA10	70					
	4	9:56	11	TA08 se cambio por TA01	La maquina paro por alarma "1215 - 01 ALARM-A SM (Comando asincrono)	
	5	11:10	8	TB05	60	0	0	0		
	6	12:44	11	TA01	35	2	8 + 2 PIEZAS	0		
				TC01	140					
TC12				140						
21-09-2016 (hora de entrada 6:00) (hora de salida 14:00)	1	6:31	10	TA01	35	0	0	0		
				TA08	35					
				TA04	140					
				TB05	60					
	2	8:02	9	TB03	138	0	2 + 1 PIEZA	0		
				TB07	140					
	3	9:38	5	TB05	60	0	2 + PIEZA	0	No hace falta el eject stop en esta pieza (operario con poca experiencia en la maquina)	
	4	10:30	16	TC01	139	0	6 + 2 PIEZAS	1	0	Scrap diam 108 con baja tolerancia. Los 16 min se deben a que el operario tubo que ir a buscar nueva caja de insertos. Ya se notaba rebaba en la pieza antes de cambiar el inserto a causa de TC01
				TA01	35					
				TA08	18					
	5	11:50	6	TC15	70	0	3 + 1 PIEZA	0		
	6	12:51	10	TC01	38	3	4 + 1 PIEZA	0	0	
				TA01	24					
7	13:25	10	TA04	132	0	3 + PIEZA	0			
			TA08	20						
			TB05	60						
			TB05	60						
22-09-2016 (hora de entrada 6:00) (hora de salida 14:00)	1	6:00	5	TA01	35					
				TA08	30					
				TC15	70					
	2	7:32	6	TA04	140					
				TA12	140					
				TB05	50					
				TB05	50					
	3	9:15	18	TA01	35	1	4 + PIEZA	0		
				TB03	131					
				TB05	35					
				TB07	135					
				TC15	65					
	4	11:08	17	TA03	600	2	9 + 2 PIEZAS	1		
				TB05	31					
				TC01	131					
				TC12	131					
	5	13:00	6	TA01	35	0	..	0		
				TA08	30					
6	13:38	5	TC15	70	0	..	0			
23-09-2016 (hora de entrada 6:00) (hora de salida 14:00)	1	6:40	11	TA01	35	0	..	0		
				TA08	30					
				TA12	140					
				TC15	64					
	2	8:56	4	TB05	40	0	..	0		
				TB05	40					
	3	10:05	20	TA01	35	1	3 + PIEZA	1		
				TA08	30					
				TB03	131					
				TB07	132					
				TC01	127					
				TC12	127					
	TC15	62								
	4	11:10	7	TA04	140	0	..	0		
	5	11:40	6	TB05	45	0	..	0		

CLIENTE: **TOYOTA**

MÁQUINA: **P252**

PIEZA: **HUB ESTRIADO**

OPERACIÓN:

Observaciones:

TIEMPO OBSERVADO POR TAREA

Nro	Tarea	1		2		3		4		5		Promedio seg
		min	seg									
1	Ciclo Puro P252 (cada 2 piezas)	5	31									331
2	Descarga y Carga P252	2	35	2	12							143.5
3												
4												
5												
6												
7												
8	Cambio de inserto T7 1:42	6	20	4	50	4	55	7	10	6	40	359
9	Cambio de inserto T3 y T5 (1 por turno)	6		6		8		8				420
10												
11												
12												
13												
14												
15												

DETERMINACION DE CADENCIA

- A) Items que intervienen en el ciclo total: **1**
- B) Tiempo ciclo total [segundos]: **331** (Suma de los items de A)
- C) Cantidad de piezas por ciclo: **2** (piezas en la misma posición por dispositivo)
- D) Tiempo ciclo por pieza: **165.5** (B / C)
- E) Cadencia resultante [pzs/hora]: **21.75** (3600 / D)
- F) Perdida de cadencia x T7 [pzs/hora]: **1.07**
- E) Cadencia con cambio de T7 [pzs/hora]: **20.68**
- F) Cadencia con cambio de inserto en P231 [pzs/hora]: **20.38**

CLIENTE: TOYOTA	MÁQUINA: P253
PIEZA: HUB ESTRIADO	OPERACIÓN:

Observaciones:

TIEMPO OBSERVADO POR TAREA

Nro	Tarea	1		2		3		4		5		Promedio
		min	seg									
1	Ciclo Puro P252 (cada 2 piezas)	5	58									358
2	Descarga y Carga P252	2	35	2	12							143.5
3												
4												
5												
6												
7												
8	Cambio de inserto T7 1:25	6	20	4	50	4	55	7	10	6	40	359
9	Cambio de inserto T3 y T5 (1 por turno)	6		6		8		8				420
10												
11												
12												
13												
14												
15												

DETERMINACION DE CADENCIA

- A) Items que intervienen en el ciclo total: **1**
- B) Tiempo ciclo total [segundos]: **358** (Suma de los items de A)
- C) Cantidad de piezas por ciclo: **2** (piezas en la misma posición por dispositivo)
- D) Tiempo ciclo por pieza: **179** (B / C)
- E) Cadencia resultante [pzs/hora]: **20.11** (3600 / D)
- F) Perdida de cadencia x T7 [pzs/hora]: **1.49**
- E) Cadencia con cambio de T7 [pzs/hora]: **18.62**
- F) Cadencia con cambio de inserto en P231 [pzs/hora]: **18.35**

CLIENTE: **TOYOTA**

MÁQUINA: **P284 y P231**

PIEZA: **HUB ESTRIADO**

OPERACIÓN:

Observaciones:

TIEMPO OBSERVADO POR TAREA

Nro	Tarea	1		2		3		4		5		Promedio
		min	seg	seg								
1	Ciclo Puro 284	1	33	1	33							93
2	Descarga y Carga P284		14		13							13.5
3	Control 100 %		8		9							8.5
4	Ciclo Puro 231	1	14	1	14							74
5	Descarga y Carga P231		15		17							16
6	Micropunzonado		19		24							21.5
7												
8	Cambio de inserto P284 1:150	3	58									238
9	Carga y mecanizado de pieza	1	40									100
10	Control y correccion	1	18									78
11	Carga y mecanizado 2da pieza	1	38									98
12	Control y correcccion		44									44
13												
14	Cambio de inserto P231 1:600	25										1500
15	Pieza de prueba y correccion											

DETERMINACION DE CADENCIA

- A)** Items que intervienen en el ciclo total: **1 y 2**
- B)** Tiempo ciclo total [segundos]: **106.5** (Suma de los items de A)
- C)** Cantidad de piezas por ciclo: **1** (piezas en la misma posición por dispositivo)
- D)** Tiempo ciclo por pieza: **106.5** (B / C)
- E)** Cadencia resultante [pzs/hora]: **33.80** (3600 / D)
- F)** Ciclo por pieza con cambio de inserto en P284: **110.22** Segundos
- G)** Cadencia con cambio de inserto en P284: **32.66** [piezas/hora]
- H)** Ciclo por pieza con cambio de inserto en P231: **112.72** Segundos
- I)** Cadencia con cambio de inserto en P231: **31.94** [piezas/hora]

ESTUDIO DE TIEMPOS

Realizó: **Tassaroli, V.**
 Fecha: **19-09-16**

CLIENTE: **TOYOTA**

MÁQUINA: **P277**

PIEZA: **HUB ESTRIADO**

OPERACIÓN:

Observaciones:

TIEMPO OBSERVADO POR TAREA

Nro	Tarea	1		2		3		4		5		Promedio
		min	seg									
1	Ciclo Puro P277 (cada 2 piezas)	3	6	3	6							186
2	Descarga y Carga P277		18		24							21
3	Control 100%	1	30	1	30							90
4												
5												
6												
7												
8	Cambio de mecha (cada 4 turnos)	20		25								1350
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

DETERMINACION DE CADENCIA

- A) Items que intervienen en el ciclo total: **1**
- B) Tiempo ciclo total [segundos]: **186** (Suma de los items de A)
- C) Cantidad de piezas por ciclo: **2** (piezas en la misma posición por dispositivo)
- D) Tiempo ciclo por pieza: **93** (B / C)
- E) Cadencia resultante [pzs/hora]: **38.71** (3600 / D)
- F) Cadencia con cambio de mechas [pzs/hora]: **38.26**

CLIENTE: **TOYOTA**

MÁQUINA: **P160**

PIEZA: **HUB ESTRIADO**

OPERACIÓN:

Observaciones:

TIEMPO OBSERVADO POR TAREA

Nro	Tarea	1		2		3		4		5		Promedio
		min	seg	seg								
1	Linea Robotizada P160 Brochado		54		54							54
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

DETERMINACION DE CADENCIA

- A)** Items que intervienen en el ciclo total: 1
- B)** Tiempo ciclo total [segundos]: 54 (Suma de los items de A)
- C)** Cantidad de piezas por ciclo: 1 (piezas en la misma posición por dispositivo)
- D)** Tiempo ciclo por pieza: 54 (B / C)
- E)** Cadencia resultante [pzs/hora]: 66.67 (3600 / D)

CLIENTE: TOYOTA	MÁQUINA:
PIEZA: HUB ESTRIADO	OPERACIÓN: Prensa/CC/Pintura

Observaciones:

TIEMPO OBSERVADO POR TAREA

Nro	Tarea	1		2		3		4		5		Promedio
		min	seg	seg								
1	Pintura		14.1		13.1		14.2		16.1		16.4	
			15.2		15.4		18.3		16.7		17.2	15.7
2	Control de calidad		26.9		29.1		27.2		28.0		32.0	
			27.6		29.3		29.4		28.8		30.0	28.8
3	Prensa		38.6		29.9		42.3		27.0		32.5	
			41.2		39.9		31.0		43.5		33.1	35.9

DETERMINACION DE CADENCIA

- A) Items que intervienen en el ciclo total: **3**
- B) Tiempo ciclo total [segundos]: **42.6** (Suma de los items de A)
- C) Cantidad de piezas por ciclo: **1** (piezas en la misma posición por dispositivo)
- D) Tiempo ciclo por pieza: **42.6** (B / C)
- E) Cadencia resultante [pzs/hora]: **84.51** (3600 / D)

D. Anexo: Análisis de los costos actuales de la máquina P299

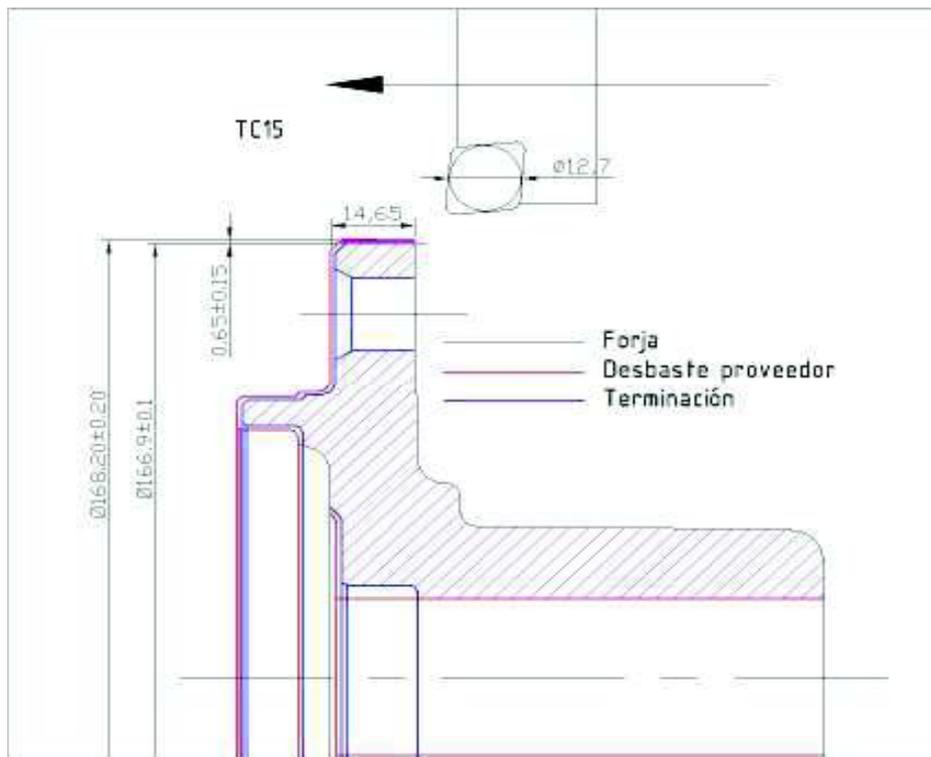
POSICION HERRAMIENTA	TIEMPO [SEG]				CANTIDAD DE PIEZAS POR FILO	NOMBRE INSERTO	CALIDAD	CANT PUNTAS	COSTOS [USD]							
	EN VACIO	DE CORTE	DE CAMBIO DE INSERTO	CAMBIO DE INSERTO POR PIEZA					TIEMPO TOTAL POR PIEZA	COSTO INSERTO	COSTO INSERTO POR PIEZA	COSTO CAMBIO DE INSERTO POR PIEZA	COSTO INSERTO + CAMBIO POR PIEZA	COSTO TPO MAQ POR PIEZA	COSTO TPO HOMBRE POR PIEZA	COSTO DE MECANIZADO POR PIEZA
TA1	0	21	240	6.86	27.86	35 CNMX 120716-M4WP	IC8250	4	8.2000	0.0586	0.1333	0.1919	0.3869	0.1548	0.4083	0.6002
TA10	5	11	240	3.43	19.43	70 266RG-16MM/0JA 150M	GC1125	3	16.5000	0.0786	0.0667	0.1452	0.2698	0.1079	0.3111	0.4563
TA12	0	13	240	1.71	14.71	140 TNMG 160408-PF	GC4315	6	6.3400	0.0075	0.0333	0.0409	0.2044	0.0817	0.2528	0.2937
TA3	0	32	600	1.00	33.00	600 TNMG 160408-F3M	IC520N	6	6.3400	0.0018	0.0194	0.0212	0.4583	0.1833	0.6222	0.6434
TA14	7	4	240	0.18	11.18	1300 SOMX 050204-DT	IC908	2	11.3000	0.0043	0.0036	0.0079	0.1553	0.0621	0.2139	0.2218
TB5	0	29	240	4.00	33.00	60 CNMG 120412-MP	GC4325	4	11.4500	0.0477	0.0778	0.1255	0.4583	0.1833	0.5639	0.6894
TB3	0	21	240	1.71	22.71	140 CNMG 120408-PM	GC4315	4	6.7400	0.0120	0.0333	0.0454	0.3155	0.1262	0.4083	0.4537
TB7	7	15	240	1.71	23.71	140 CNMG 120408-MP	GC4315	4	6.7400	0.0120	0.0333	0.0454	0.3294	0.1317	0.4278	0.4731
TB9	19	6	240	0.12	25.12	2000 FRESA ø40mm	IC8250	4	1 Ver calculo	0.0080	0.0023	0.0103	0.3489	0.1396	0.4861	0.4964
TC12	0	12	600	4.29	16.29	140 CNMG 120404-F3P	GC4315	4	7.8000	0.0139	0.0833	0.0973	0.2262	0.0905	0.2333	0.3306
TC1	14	25	600	4.29	43.29	140 CNMG 120408-PM	GC4315	4	6.7400	0.0120	0.0833	0.0954	0.6012	0.2405	0.7583	0.8537
TC15	0	7	240	3.43	10.43	70 CNMG 120412-MP	GC4325	4	11.4500	0.0409	0.0667	0.1076	0.1448	0.0579	0.1361	0.2437
TC10	0	28	240	0.30	28.30	800 ICK 137	IC908	1	87.1400	0.1089	0.0058	0.1148	0.3931	0.1572	0.5444	0.6592
TC10	0	28	240	0.18	28.18	1300 SOMX 050204-DT	IC908	2	11.3000	0.0043	0.0036	0.0079	0.3915	0.1566	0.5444	0.5524
TC15	11	2	240	0.08	13.08	3000 RWI-BN6-13.950LB-260	IC908	1	1 Ver calculo	0.0162	0.0016	0.0178	0.1817	0.0727	0.2528	0.2706
													TOTAL	7.238		

COSTO HORAS MAQUINA = AMORTIZACION + MANTENIMIENTO + PORTA HERRAMIENTAS Y DISPOSITIVOS+ ENERGIA	
US\$ X SEG	0.013888889
COSTO HORA HOMBRE = COSTO LABORAL TOTAL (INCLUIDAS PREVISIONES Y PROVISIONES) / HORAS PROCESO	
	0.005555556

**E. Anexo: Análisis del proceso
herramienta por herramienta de la
máquina P299**

Descripcion de Proceso

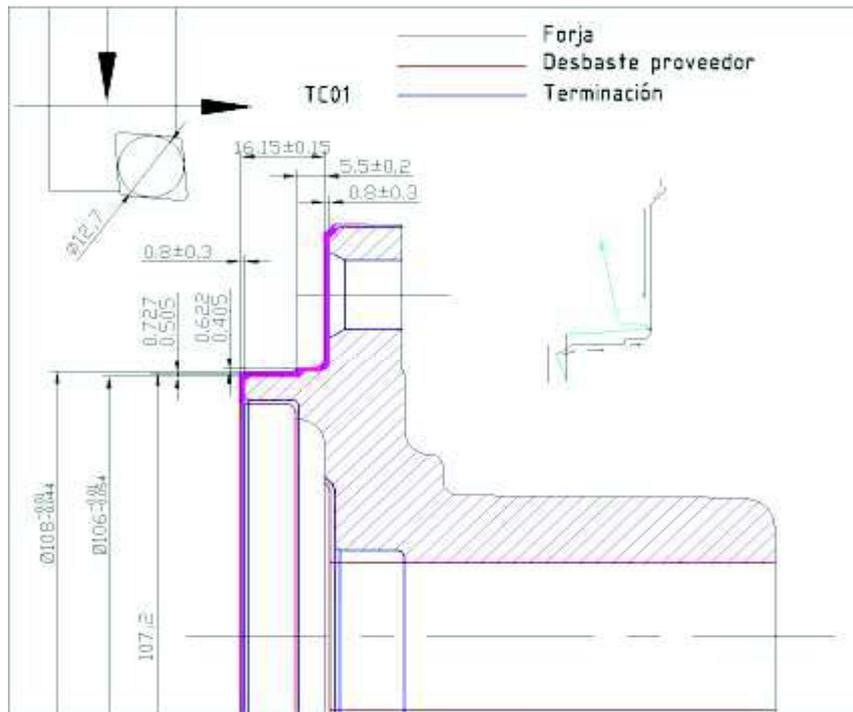
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TC15
Operación	25	Inserto	CNMG 120412 - PM
Máquina	P299	Calidad	GC4325
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta inserto	DCLNL 2020K-12
		Piezas/filo	70



Nº	Tipo	Codigo G	Xi	Xf	Zi	Zf	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada[mm]
1	Terminacion ext	1		166.9	-35	-15	0.35	280	0.65

Descripcion de Proceso

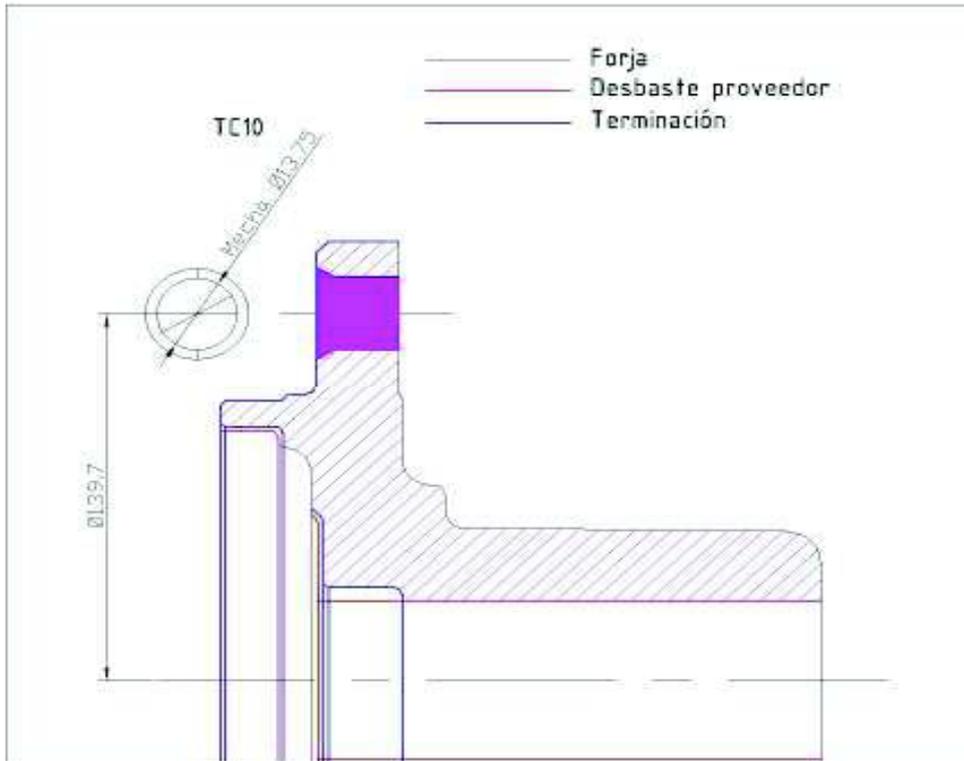
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TC01
Operación	25	Inserto	CNMG 120408 - PM
Máquina	P299	Calidad	GC4315
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta inserto	DCLNR 2020K-12
		Piezas/filo	140



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte[m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	171.5	-18.75			280	
		1	167.9	-18.75		0.5	280	
		1		-16.13	315	0.2	280	
1	Frentado Term	1	112	-16.2		0.2	280	0.8
		1	112	-15.15		1	280	
		0	110	0			280	
2	Frentado Term	1	90	0		0.33	280	0.8
		0	102	2			280	
		1	104	0		0.4	280	
		1	105.973		135	0.27	280	
3	Term diam 106	1	105.973	-10.95		0.22	280	0.616
		1	107.65	-10.95		0.22	280	
		1	107.977		150	0.22	280	
4	Term diam 108	1	107.977	-16.15		0.22	280	0.514
		1	112.2	-16.15		0.27	280	
		1	114	-15		10	280	
		0	115	-10			280	
		0	500	30			280	

Descripcion de Proceso

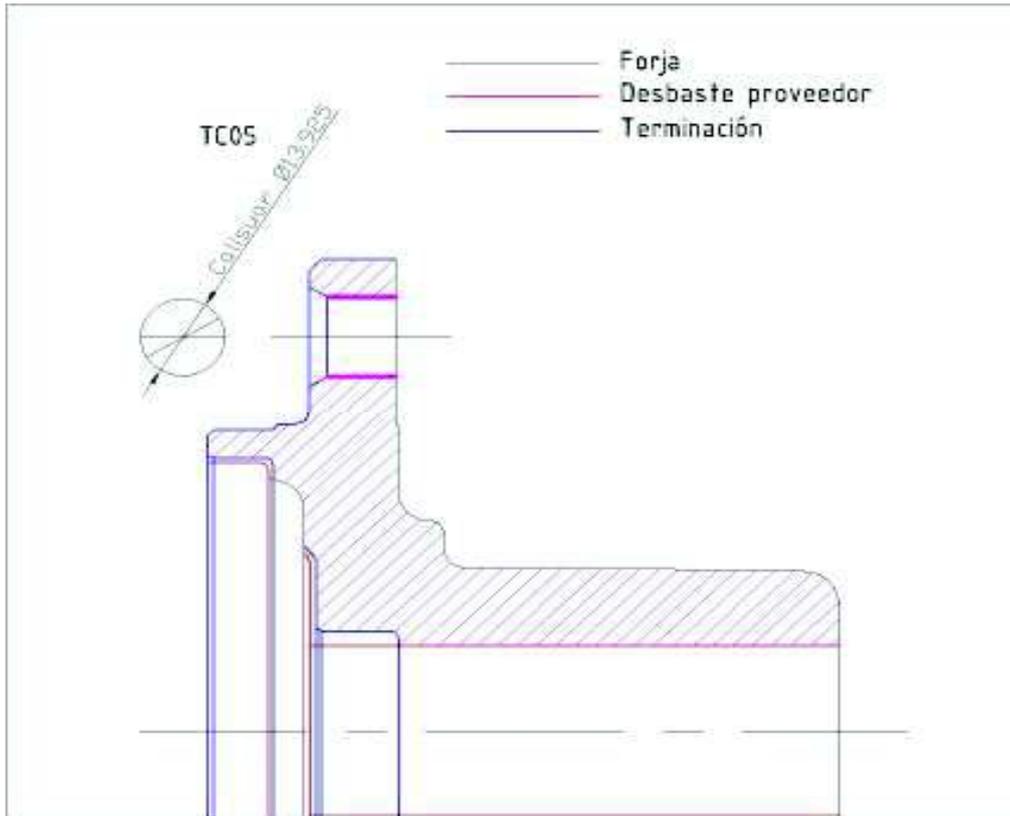
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TC10
Operación	25	Inserto	ICK 137 y SOMX 050204-DT
Máquina	P299	Calidad	IC908
Proveedor inserto	ISCAR	Porta inserto	MN13.7-15.0RR-E3R-4102
		Piezas/filo	800 Y 1300



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	Avance [mm/min]	RPM
		0	139.7	-13.15		
1	Perforado Diam 13.75 y chaflán	1	139.7	-31.15	350	1600
2	Perforado Diam 13.75 y chaflán	1	139.7	-34.86	700	3500
3	Perforado Diam 13.75 y chaflán	1	139.7	-34.81	1200	3500
4	Perforado Diam 13.75 y chaflán	1	139.7	-35.66	700	3500
5	Perforado Diam 13.75 y chaflán	1	139.7	-35.61	1200	3500
6	Perforado Diam 13.75 y chaflán	1	139.7	-36.21	700	3500
		0	139.7	-15.15		

Descripcion de Proceso

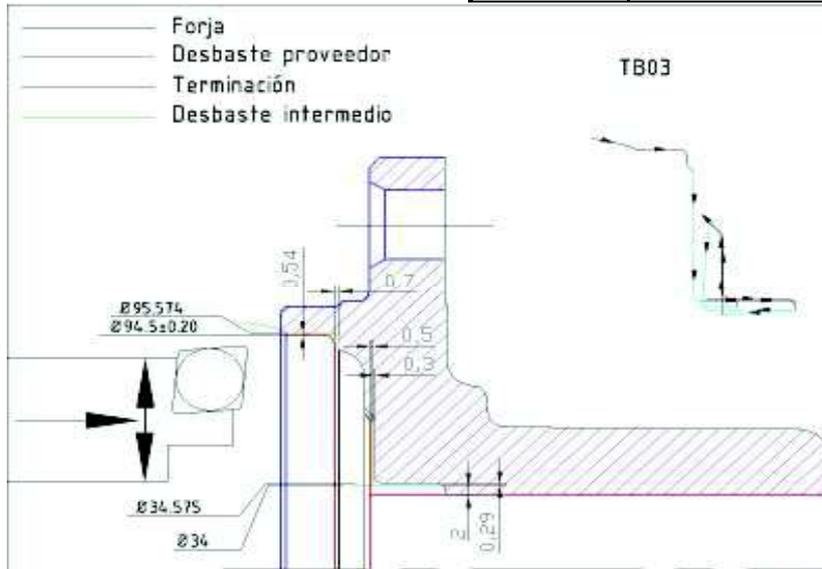
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TC05
Operación	25	Inserto	RM-BN6-13.950LB-260
Maquina	P299	Calidad	IC908
Proveedor inserto		Porta inserto	RM-BNT6-5D-16C
		Piezas/filo	3000



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	Avance [mm/min]	RPM	Prof de pasada [mm]
		0	139.7	-14.15		1500	
1	Calisuar Diam 13.925	181	139.7	-32.15	1500	1500	0.0875

Descripcion de Proceso

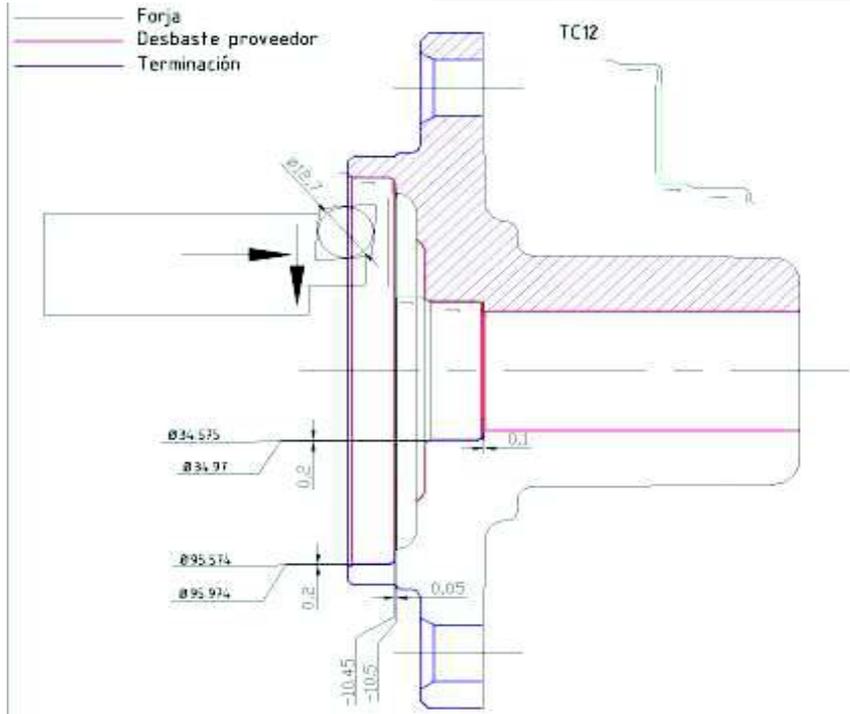
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TB03
Operación	25	Inserto	CNMG 120408- PM
Maquina	P299	Calidad	GC4315
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta inserto	A25R-PCLNR12
		Piezas/filo	140



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	100	7				
		1	97.8	2		0.3	280	
		1	96.6	0		0.3	280	
		1	95.574		210	0.3	280	
1	Desbaste int. Diam 95.574	1		-10.45		0.3	280	0.54
		1	88.8			0.45	280	
2	Frentado int.	1	86		225	0.45	280	0.7
		0	34				280	
		0		-13.15			280	
3	Desbaste int. Diam 34	1		-30.3		0.3	260	2
		1	30			0.3	260	
		0		-14.15			260	
		0	34.575				260	
4	Terminacion int. Diam 34.575	1		-30.3		0.3	260	0.29
		1	30.4			0.3	260	
		1	29.8		225	0.3	260	
		0	28	-16.85			260	
		1	30	-16.85		0.3	260	
5	Frentado int.	1	61			0.3	260	0.5
		1		-14.55		0.3	260	
		0	31	-13.15			260	
		0		-19.75			260	
		1	33			1	260	
		1	36	-17.15		0.25	260	
6	Term. frentado int cota 19	1	61.45	-17.15		0.25	260	0.3
		1		-13.15	45	0.3	260	

Descripción de Proceso

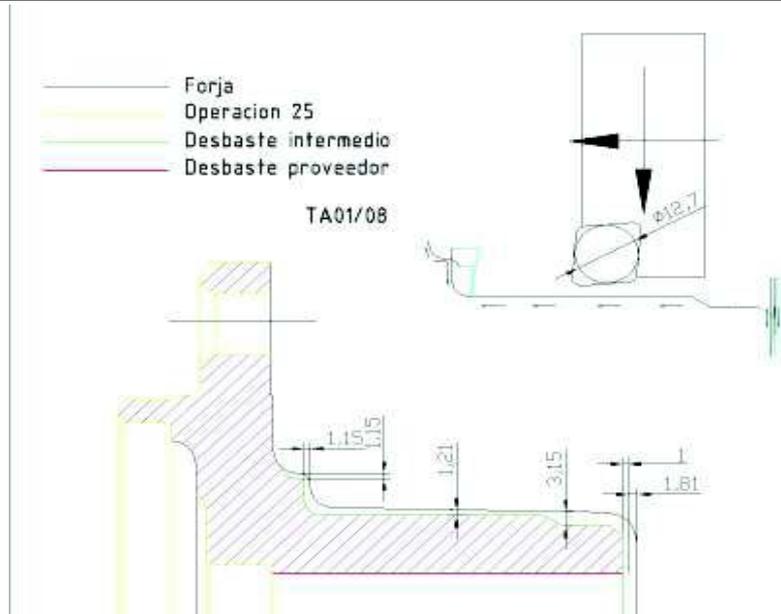
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TC12
Operación	25	Inserto	CNMG 120404 - F3P
Maquina	P299	Calidad	IC8250
Proveedor inserto	ISCAR	Porta Inserto	A25R-PCLNR12
		Piezas/filo	140



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	98	2			260	
		1	98.453	1		0.5	260	
		1	95.974		210	0.18	260	
1	Term. diam 96	1	95.974	-10.5		0.18	260	0.2
2	Term. cota 10,5	1	86			0.3	260	0.05
		0	37				260	
		0		-16			260	
		1	36	-17.2		0.3	260	
		1	34.97	-17.2	210	0.3	260	
3	Term. diam 35	1	34.97	-30.4		0.18	260	0.2
4	Term. cota 13	1	30.5			0.18	260	0.1
		1	29		45	0.18	260	

Descripcion de Proceso

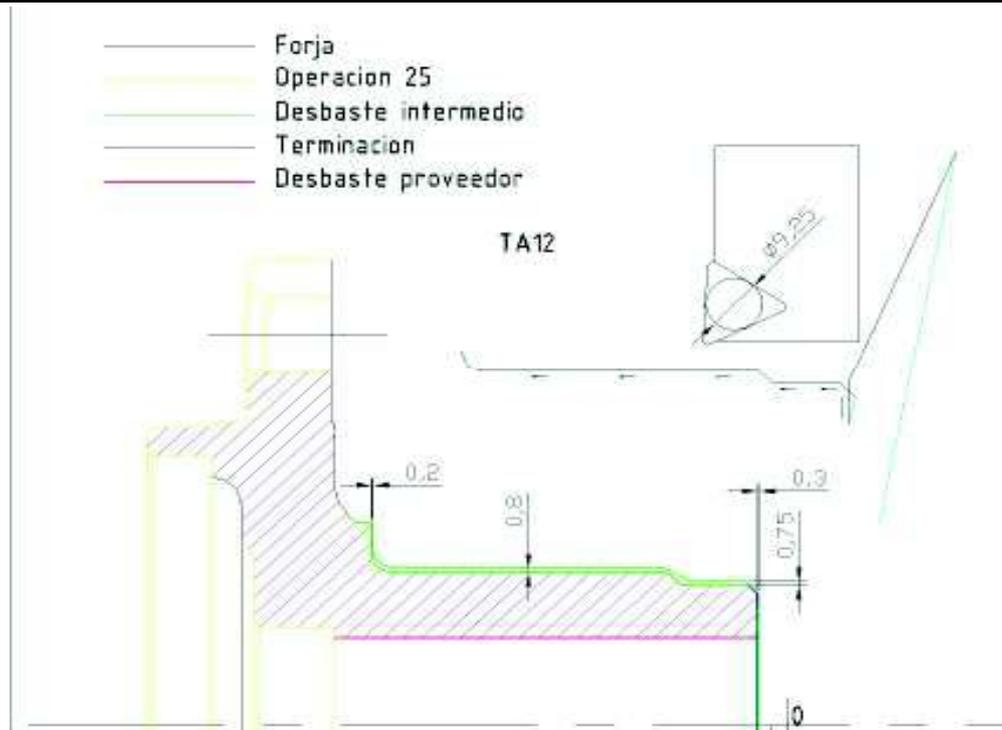
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TA01
Operación	25	Inserto	CNMX 120716-M4WP
Maquina	P299	Calidad	IC8520
Proveedor inserto	ISCAR	Porta Inserto	DCLNL 2525M-12
		Piezas/filo	35



N°	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	60	-1.5			200	
		1	29			0.3	200	
		0	64	-2.3			200	
		0		-3.7			200	
1	1er pasada frenteado desb.	1	29			0.3	200	0.75
		0	64	-3.5			200	
		0		-4.7			200	
2	2da pasada frenteado desb.	1	27			0.3	200	1
		0	52	-4			200	
		1	45.1	-3.8		0.5	200	
		1	51.5		135	0.5	200	
3	Desb diam 51,5.	1		-16.4		0.5	200	2.58
		1	56.037		150	0.5	200	
4	Desb diam 56,037.	1		-64		0.5	200	0.57
		0	77	-62			200	
		0		-67.5			200	
		1	76	-67.5		0.5	200	
5	Desb frente.	1	56.137			0.5	200	1.15
		1		-63.5		0.5	200	
		0	69				200	
		0		-66			200	
		1	70.75	-66.5		1	200	
		1	72		150	0.5	200	
6	Desb frente.	1		-72		0.5	200	1
		1	80			1	200	
		0	500	1			200	

Descripcion de Proceso

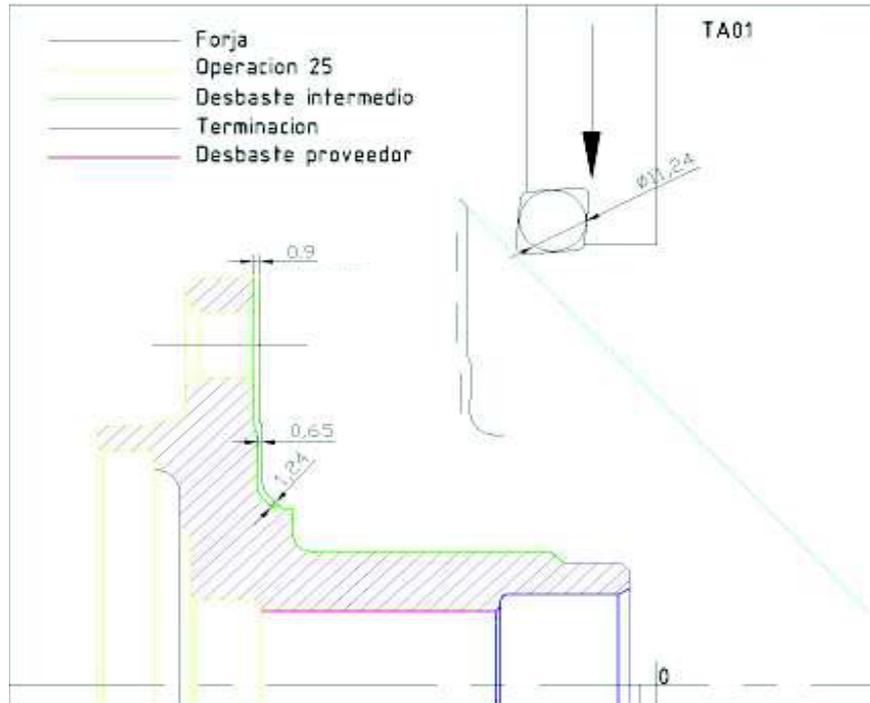
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TA12
Operación	25	Inserto	TNMG 160408-PF
Maquina	P299	Calidad	GC4315
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta Inserto	MTJNL 2020K-16W-M
		Piezas/filo	140



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	51	-5			280	
1	Term. frentado cota 82.9	1	35			0.3	280	0.3
		0	45	-4			280	
		1	46	-4.5		0.3	280	
		1	50		135	0.3	280	
2	Desbaste exterior	1	50	-17.4		0.3	280	0.75
		1	54.437		135	0.3	280	
3	Desbaste exterior	1		-67.7		0.3	280	0.8
4	Desbaste radio y frente	1	62			0.5	280	0.2
		0	65				280	
		0	500				280	

Descripcion de Proceso

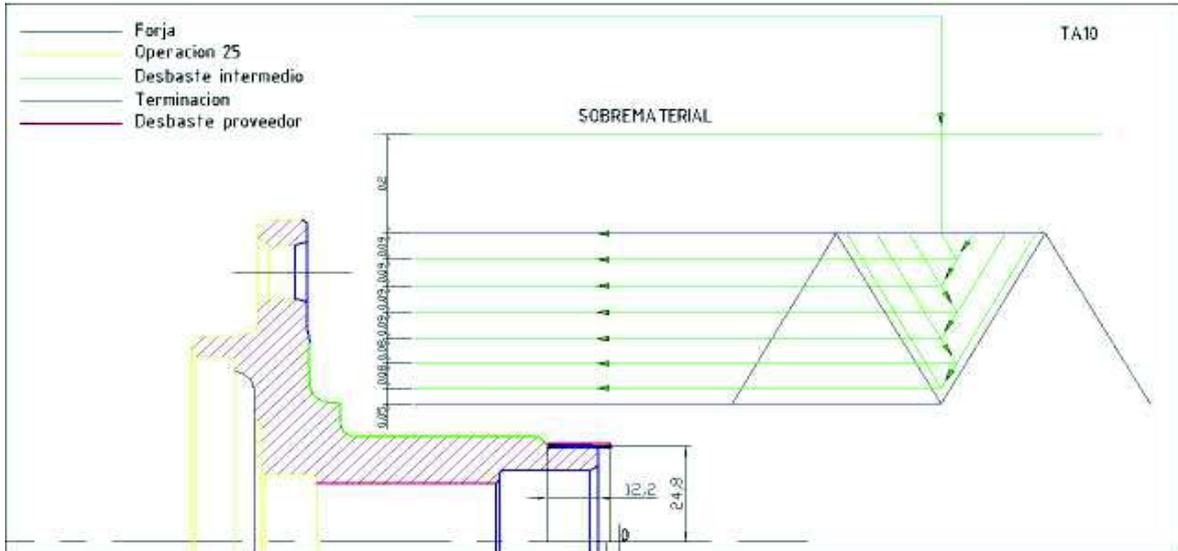
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TA01
Operación	25	Inserto	CNMX 120716-M4WP
Maquina	P299	Calidad	IC8250
Proveedor inserto	ISCAR	Porta Inserto	DCLNL 2525M-12
		Piezas/filo	35



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	170	-76.65			200	
		1	169	-76.05		0.4	200	
		1		-75.05	315	0.25	200	
1	Frentado. Desb	1	120			0.25	200	0.9
		1	109.245	-75.05		0.25	200	
		3	101.646	-74.3		0.25	200	
2	Frentado. Desb	1	88.36			0.5	200	0.75
		3	84.91	-74.45		0.5	200	
		1	72.1			0.5	200	
		1		-68		0.6	200	

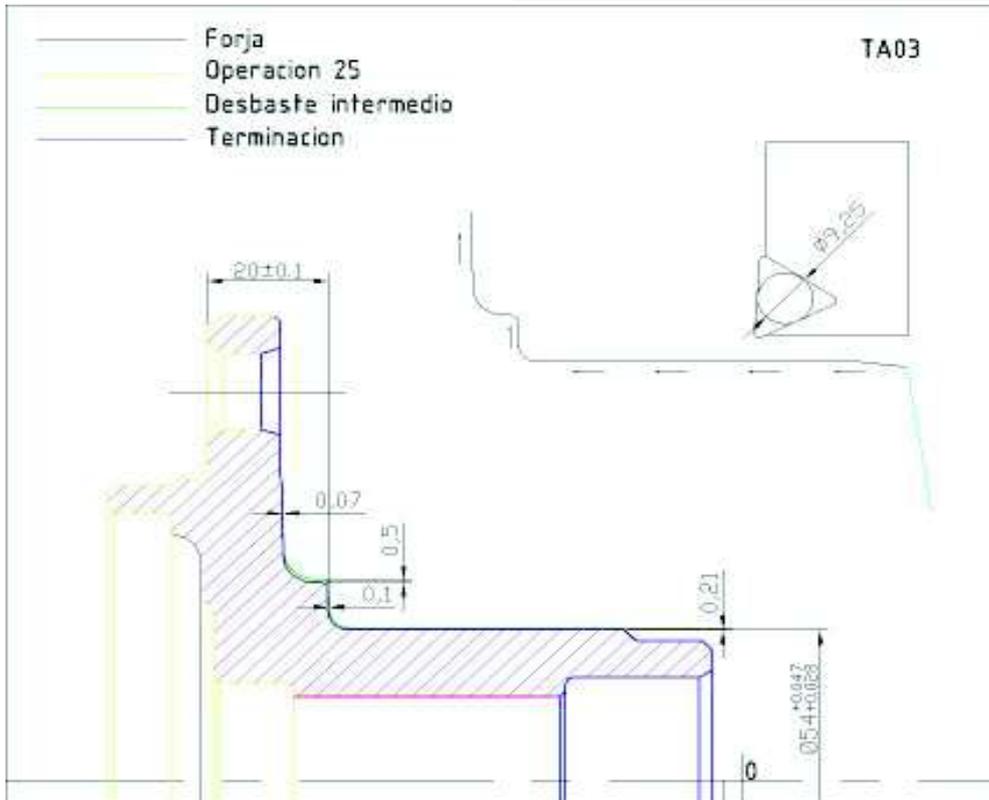
Descripcion de Proceso

Modelo	HUB LISO	Herramienta	TA10
Operación	25	Inserto	266RG-16MM01A 150M
Maquina	P299	Calidad	GC1125
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta Inserto	SER 2020 K16
		Piezas/filo	70



Descripcion de Proceso

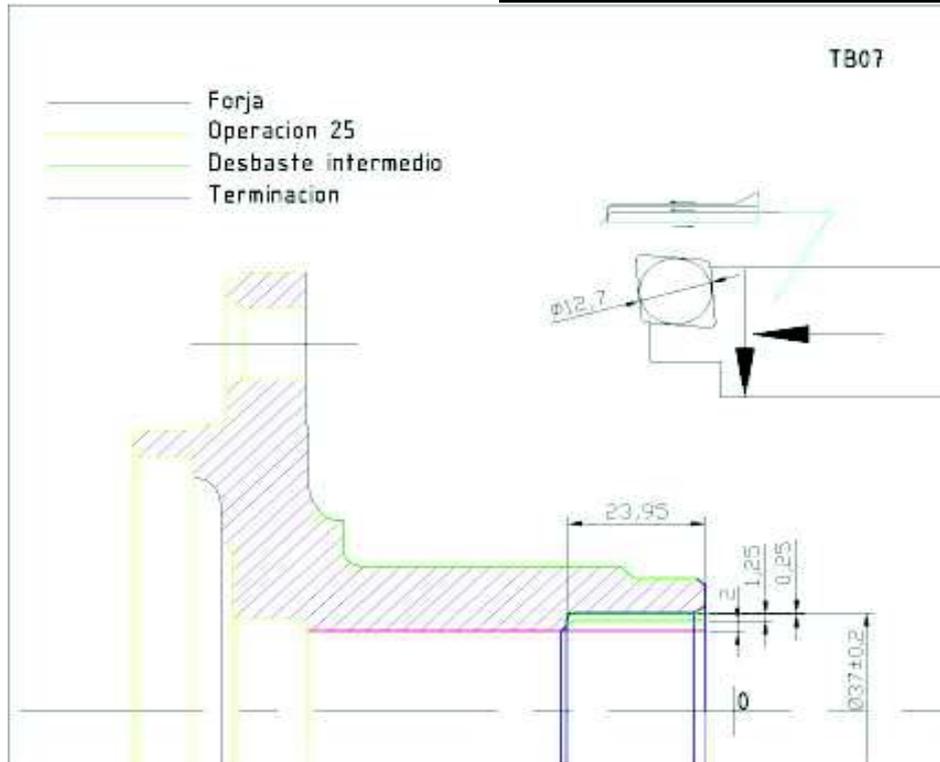
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TA03
Operación	25	Inserto	TNMG 160408 -F3M
Maquina	P299	Calidad	IC 520N
Proveedor inserto	ISCAR	Porta Inserto	MTJNL 2020K-16W-M
		Piezas/filo	600



Nº	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	52	-4				
		1	54.027	-12		10	280	
1	Term. Diam 54	1	54.042	-68		0.17	280	0.21
2	Term. cota 62.9(19 y 20)	1	69.75			0.17	280	0.1
		1	71		150	0.17	280	
		1		-75.35		0.17	280	0.5
		1	85.336			0.17	280	
		2	88.36	-75.47		0.17	280	
3	Term cota 7.5	1	108			0.11	280	0.07
		0	112	-73.85				

Descripcion de Proceso

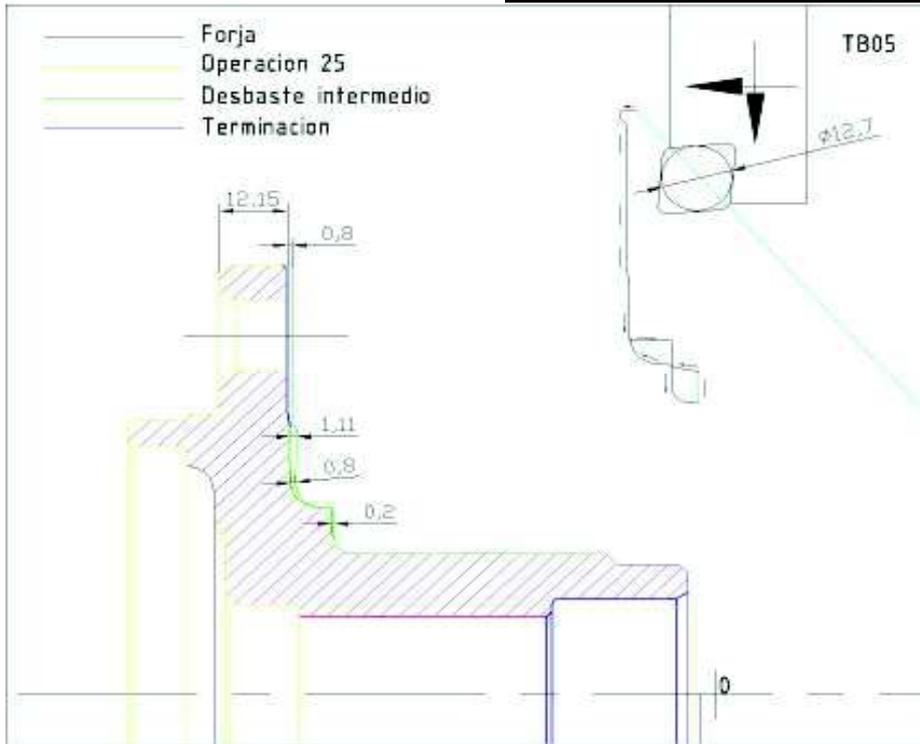
Modelo	HUB LISO	Herramienta	TB07
Operación	25	Inserto	CNMG 120408- PM
Maquina	P299	Calidad	GC4315
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta Inserto	A25R-PCLNL12
		Piezas/filo	140



N°	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	34	10			280	
		0	34	1			280	
1	Desbaste int (primer pasada)	1		-28.95		0.28	280	2
		1	30			0.28	280	
		0		-3			280	
		0	36.5				280	
		1				0.6	200	
2	Desbaste int (segunda pasada)	1		-28.95		0.25	200	1.25
		1	30			0.25	200	
		0		-3			200	
		0	40				200	
		1	41.62	-3		0.25	200	
		1	37		210	0.2	200	
3	Terminacion int. Diam 37	1		-29		0.2	200	0.25
		1	31.95			0.2	200	
		1	29.5		225	0.2	200	
		0	29	5			200	

Descripcion de Proceso

Modelo	HUB LISO	Herramienta	TB05
Operación	25	Inserto	CNMG120412-MP
Maquina	P299	Calidad	GC4325
Proveedor inserto	SANDVIK	Porta Inserto	DCLNL 2020K-12
		Piezas/filo	60



N°	Tipo	Codigo G	X	Z	A	Avance [mm/rev]	Vel corte [m/min]	Prof de pasada [mm]
		0	170	-73.85				
		1	170	-76.85		0.8	200	
		1	167	-76.85		0.3	200	
		1		-75.85	315	0.22	200	
1	Term. cara bulon	1	109.245	-75.85		0.22	200	0.8
		3	103.313	-75.4		0.22	200	
2	Desbste frente.	1	90.36			0.5	200	1.1
		3	87.02	-75.3		0.5	200	
		1	81			0.5	200	
		1	81	-67.9		20	200	
3	Desb frente	1	74			20	200	
4	Desb frente	1	56.237			20	200	0.2
		1		-63		20	200	
		0	69				200	
		1	70.75	-67.6		1	200	
		1	72		150	1	200	
5	Desb radio	1		-75.25		1	200	0.8
		1	83			1	200	

**F. Anexo: Estudio de tiempos
combinados. Actuales VS futuros.**

G. Anexo: Diseño del dispositivo para puesta a punto de herramientas.

Bibliografía

- [1] <http://www.saarstahl.com/>
- [2] (FIRM), Sandvik C.: *Modern metal cutting: a practical handbook*. Sandvik Coromant, 1994
- [3] GARANT: *Manual de mecanizado con arranque de viruta*
- [4] GARCÍA, Colín J.: *Contabilidad de Costos*. Mc Graw Hill, 1997
- [5] MITSUBISHI: *Mitsubishi Materials*. Craftsman Studio, 2017
- [6] OVAKO: *CROMAX IH482*
- [7] POLIMENI, Ralph: *Contabilidad de Costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales*. Mc Graw Hill, 1998
- [8] PULIDO, Humberto G.: *Control Estadístico de Calidad y 6 Sigma*.
- [9] SANDVIK: *Guía del usuario - Cambio rápido para CNC*.
- [10] SANDVIK, Coromant: *Training Handbook*. 2016
- [11] SCHNEIDER, George. *Cutting Tool Applications*
- [12] SECO: *Catalogue and technical guide*. SECO, 2015
- [13] SUMITOMO: *Technical Guidance*
- [14] ZOLLER: <http://www.zoller.info/es/productos>.