



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Ingeniería de procesos de  
manufactura, mejora en la  
estandarización de herramental e  
índice de habilidad del proceso de  
barrenado y machuelado de copas**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero en Mecatrónica**

**P R E S E N T A**

Erick Sauza Quebrado

**ASESOR DE INFORME**

Dr. Ricardo Yáñez Valdez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019**



## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser parte de su excelente formación académica, ser mi segundo hogar durante 5 años.

Al Dr. Ricardo Yáñez Valdez, por brindarme el apoyo y conocimiento incondicional, tenerme paciencia para darle seguimiento a este informe y compartirme su experiencia profesional.

A cada uno de los sinodales por cada una de sus relevantes aportaciones y recomendaciones en el presente trabajo:

- Dr. Adrián Espinosa Bautista
- Dr. Vicente Borja Ramírez
- Dra. Flor Hernández Padilla
- Dr. Wulfrano Gómez Gallardo

A Federal Mogul, los Reyes por haberme brindado su apoyo durante mi estancia como becario y a mis compañeros de trabajo por su apoyo y motivación incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

*Este trabajo se desarrolló en las instalaciones de Federal Mogul Motorparts planta los Reyes bajo la dirección del Dr. Ricardo Yáñez.*

---

## DEDICATORIAS

A mi madre y padre por siempre alentarme, por estar presente y ayudarme afrontar dificultades y por brindarme su cariño compañía y apoyo a lo largo de mi carrera.

A aquellas que siempre se han preocupado por mi bienestar y buscan siempre lo mejor para mí compartiendo su profesionalidad, mis hermanas Selene y Sharon.

A mi familia por brindarme amor, cariño y buena vibra a lo largo de este camino, motivarme y darme consejos infinitas gracias.

A cada uno de mis amigos que sin pensarlo me han brindado una excelente amistad ofreciendo su apoyo y cariño incondicional a lo largo de esta carrera.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la más grata formación académica como ingeniero mecatrónico y por hacer realidad esta meta en la Facultad de Ingeniería.

## CONTENIDO

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	VI
FUNCIONES PRINCIPALES BECARIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	X
1 ANTECEDENTES. ....	15
1.1 PARTE 1. ....	15
1.2 PARTE 2. ....	17
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. ....	18
2.1 PROBLEMÁTICA 1.....	18
2.2 PROBLEMÁTICA 2.....	23
2.3 OBJETIVO.....	24
2.3.1 <i>Objetivos particulares</i> .....	24
3 METODOLOGÍA.....	25
3.1 METODOLOGÍA PROBLEMÁTICA 1. ....	25
3.2 METODOLOGÍA PROBLEMÁTICA 2. ....	32
4 RESULTADOS. ....	37
4.1 RESULTADO PROBLEMÁTICA 1.....	37
4.2 RESULTADOS PROBLEMÁTICA 2.....	39
CONCLUSIONES.....	42
5 REFERENCIAS.....	43

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Marcas comerciales Federal-Mogul. ....	vii
Figura 2: Línea del tiempo productos fabricados en Federal Mogul, Los Reyes .....	viii
Figura 3: Posición de junta universal.....	xi
Figura 4: A) Junta Universal                      B) Referencia de tamaño .....	xii
Figura 5: Componentes principales de una junta universal. ....	xii
Figura 6: A) Copa con grasera                      B) Referencia de tamaño .....	xiii
Figura 7: Especificación de producto. ....	xiii
Figura 8: Cuadro rojo proceso de barrenado y machueleado de copa. ....	15
Figura 9: Cuadro azul proceso de ensamble de cruceta.....	16
Figura 10: Copa fuera de especificación.....	16
Figura 11: Acabado para barrenado y machueleado de copa. ....	17
Figura 12: A) Copa buena                      B) Copa con avellanado grande      C) Referencia de tamaño.....	17
Figura 13: Índice de capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ).....	18
Figura 14: Clasificación del proceso de acuerdo con el $C_p$ .....	19
Figura 15: Proceso capaz con piezas fuera de especificación.....	20
Figura 16: Relación índices $C_p$ , $C_{pk}$ .....	20
Figura 17: Estudio de habilidad de proceso.....	21
Figura 18: PPM basado en el $C_{pk}$ del proceso. ....	22
Figura 19: Hoja de instrucción emitida por departamento de calidad. ....	23
Figura 20: Piezas de rediseño antes de la mejora. ....	25
Figura 21: Tabla de clasificación de V-blocks. ....	26
Figura 22: Nuevo diseño de sujeción de V-block.....	27
Figura 23: V-block para barreno antiguo diseño. ....	28
Figura 24: V-block para machuelo antiguo diseño. ....	28
Figura 25: V-block para barreno nuevo diseño.....	29
Figura 26: V-block para machuelo nuevo diseño. ....	29
Figura 27: Validación por departamento de calidad. ....	30
Figura 28: Soporte para pistón.....	31
Figura 29: Pieza de sujeción de copa.....	31
Figura 30: Plantilla y solución de 5 why's.....	32
Figura 31: Tornillo para contacto con microswitch. ....	34

Figura 32: Placa de sujeción de microswitch.....	34
Figura 33: Soporte de guía de copa.....	35
Figura 34: Guía de copa.....	35
Figura 35: Layout proceso de barrenado y machueado de copa.....	36
Figura 36: Estudio de habilidad después de mejoras implementadas.....	37
Figura 37: Actividades vs beneficios problemática 1.....	38
Figura 38: Actividades vs beneficio problemática 2.....	39
Figura 39: Proceso antes de las mejoras.....	40
Figura 40: Después de las mejoras.....	41
Figura 41: Después de las mejoras.....	41

## ***DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA***

### Política del Negocio

Federal Mogul, se compromete a dar a nuestros clientes productos de origen y posventa, canales de distribución y un servicio de formación de nivel mundial.

### Visión

Elevar los estándares del sector de componentes para la automoción y el transporte de manera continua, ofreciendo soluciones que garanticen la eficiencia y movilidad en aplicaciones fabricación de equipos originales y el mercado posventa.

### Misión

Pensamos, diseñamos y ofrecemos los productos más seguros, las soluciones más inteligentes, para contribuir al éxito de nuestros clientes hoy y mañana.

Federal-Mogul Corporation se fundó en 1899 en Detroit, Michigan como Muzzy-Lyon Company. En aquel entonces, los fundadores J. Howard Muzzy y Edward F. Lyon vendieron suministros de molinería y artículos de caucho. El mismo año, los socios establecieron una compañía subsidiaria temprana, la Mogul Metal Company, para fabricar nuevas aleaciones para rodamientos. En ese momento, era una práctica común vender un tipo de soporte metálico para todo tipo de usos. Muzzy y Lyon adoptaron la teoría de que llevar metales para trabajos de alta o baja velocidad, cargas pesadas o cargas livianas requería diferentes calidades y estructuras. Como resultado, eran dos babbitts, que se vendieron bajo las marcas de Duro y Mogul. Duro se hizo según una fórmula de comprada, pero los fundadores Muzzy y Lyon desarrollaron la fórmula Mogul.

A principios de la década de 1900, los rodamientos se fabricaron vertiendo metales de babbit fundidos directamente sobre el bloque del motor y dando forma al metal para que cupiera. Para reemplazar un rodamiento, un mecánico tuvo que sacar el antiguo y verter nuevo metal. Muzzy y Lyon consideraron que los metales podrían fundirse directamente en cojinetes reemplazables del tamaño y la forma requeridos, por lo que los socios compraron una máquina de fundición de tipo antiguo y comenzaron a experimentar. Su máquina de fundición a presión tuvo tanto éxito que dejaron de vender suministros de fábrica y comenzaron a vender cojinetes para automóviles y productos de metal. El Buick 10 fue uno de los primeros coches en utilizar piezas producidas por Mogul Metal. En 1910, Buick había realizado un pedido de 10.000 bielas para este automóvil.

Federal-Mogul ha visto su nombre cambiar a lo largo de su historia. Mogul Metal Company se convirtió en Federal-Mogul Corporation el 1 de mayo de 1924, cuando la empresa se fusionó con Federal Bearing and Bushing, un fabricante de cojinetes y bujes de motores. Luego, el 29 de julio de 1955, Federal-Mogul se fusionó con Bower Roller Bearing Company, un fabricante de rodamientos de rodillos cónicos y cónicos, para formar Federal-Mogul-Bower Bearings, Inc.



El nombre de la compañía cambió a Federal-Mogul Corporation el 27 de abril de 1965. Justo un año después, el 28 de julio de 1966, la sede central de Federal-Mogul se trasladó oficialmente desde su ubicación en el centro de Detroit a Southfield, Michigan. Entre 1979 y 1983, Federal-Mogul lanzó su programa FOCUS, o Servicio al cliente de operaciones de campo, para fortalecer su servicio a los clientes de piezas de repuesto, también conocidos como clientes de posventa. El sistema administró los inventarios de piezas de repuesto, envió y facturación de Federal-Mogul. En 1982, Federal-Mogul tomó un paso líder en la industria mediante el establecimiento de una línea directa de servicio al cliente para los trabajadores, mecánicos y reconstructores de motores para recibir información actualizada sobre los productos de posventa de la compañía.

A lo largo de la década de 1980, Federal-Mogul realizó adquisiciones y celebró empresas conjuntas para fortalecer su posición de fabricación, tanto para los equipos originales como para los clientes del mercado secundario. [1] En la Figura 1 se muestran algunas de las marcas más comerciales pertenecientes a los productos de Federal-Mogul.



Figura 1: Marcas comerciales Federal-Mogul.

## RAIMSA- FEDERAL MOGUL, LOS REYES

La historia se empezó a escribir en el año 1957, bajo la denominación Refacciones Automotrices Industriales Mexicanas S.A. de C.V., en la colonia Morelos del Distrito Federal; posteriormente, en 1969, se cambia de domicilio a Los Reyes La Paz, Estado de México, lugar donde se ubica actualmente la planta. Los Reyes, Raimsa comenzó a formar parte del grupo Federal Mogul en 1986.

La planta se ha caracterizado por ser especialista en la producción de Suspensiones y Chasis Moog en México. A través de la estructura de procesos basados en calidad y tecnología, se ha logrado alcanzar un alto nivel en mecanismos, soldadura, rectificado, tratamiento térmico, recubrimiento, sala de herramientas, estampación, inyección de plástico, forja, diseño de chasis y laboratorio metalúrgico. Los procesos desarrollados en esta planta están avalados por certificaciones como:

- ISO 9001 en el entrenamiento de piso (Plan de control, configuración, instrucciones de proceso e inspección, empaque y montaje), metrología, equipos de medición, CNC, herramientas básicas, calidad, resolución de problemas.

- ISO 14001 & EHS en instrucciones de seguridad en el trabajo y EPP, conciencia de seguridad, gestión de residuos y productos químicos, programas saludables y programa de mejora de la seguridad. [2]

Desde sus inicios Federal Mogul, los Reyes ha introducido nuevos productos y dejado de producir otros más, en la Figura 2 se muestra la línea del tiempo de los productos fabricados en Federal Mogul, los Reyes desde sus inicios y hasta la actualidad.

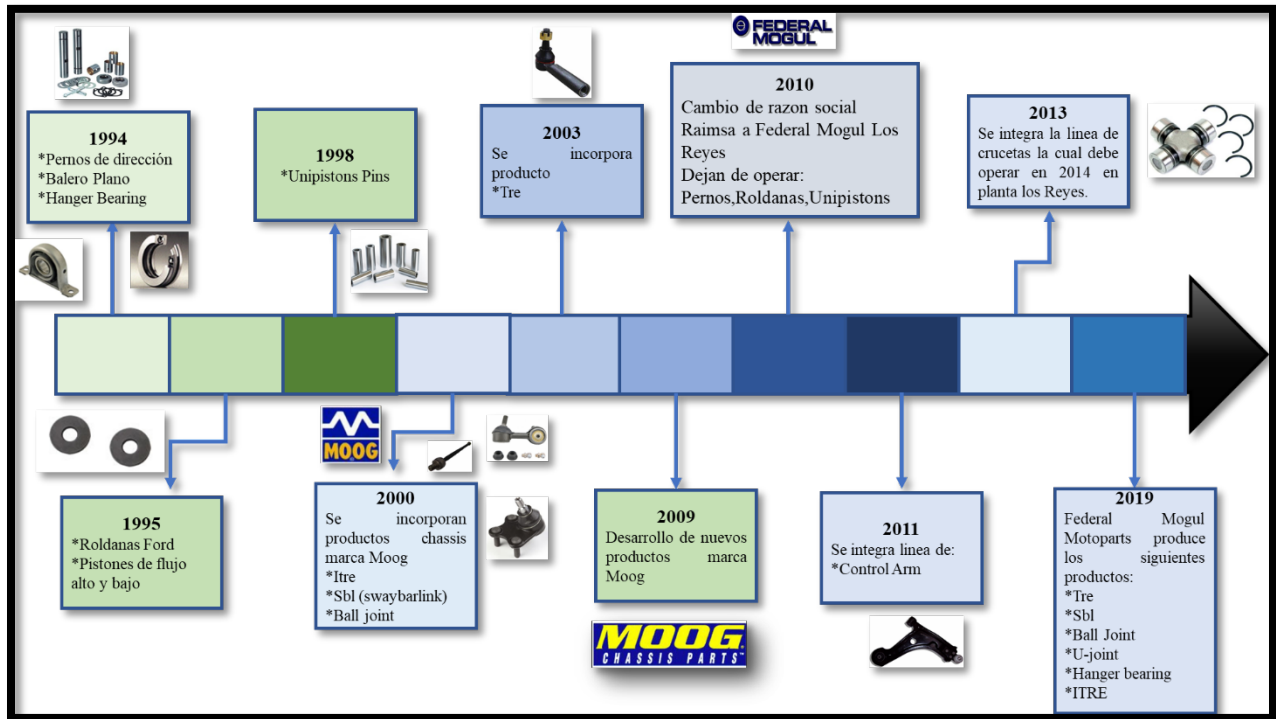


Figura 2: Línea del tiempo productos fabricados en Federal Mogul, Los Reyes

## ***FUNCIONES PRINCIPALES BECARIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA***

Se puede definir a la ingeniería de procesos como la especialidad de la ingeniería industrial que se ocupa del diseño, puesta en marcha, gestión y mejora de los procesos productivos que dan existencia física a un producto [3]; dentro de Federal Mogul, los Reyes el becario de ingeniería de procesos de manufactura es responsable de dar soporte a las líneas de producción a través las siguientes funciones:

- Diseño de herramental (bases para maquinados, refacciones de máquinas, etc.) en software de diseño NX y Autocad incluyendo su implementación.
- Diseño de layouts y ayudas visuales para auxiliar a los operadores de las líneas de producción.
- Documentación, emisión y control de hojas de operación-seguridad y ergonomía, set-up, registro de parámetros, así como la capacitación del personal.
- Apoyo al control de presupuesto para soporte a líneas de producción, requisiciones, orden de compra mediante el uso de SAP.
- Apoyo en la resolución de problemas a través de la técnica de 5 Why's.
- Trato con proveedores, cotización de nuevo material, herramental y dispositivos para la mejora de procesos.
- Aplicación de herramientas Lean para la mejora de los procesos de producción.
- Capacitación de personal referida a las nuevas implementaciones o mejoras de procesos.
- Participación en proyectos de alto impacto para la reducción de costos de producción.

## ***INTRODUCCIÓN***

Hoy en día la venta de un producto se ha caracterizado por ser uno de los objetivos más importantes para organizaciones internacionales. Sin embargo, conseguir una buena calidad en la fabricación de los productos y la satisfacción del cliente son objetivos que no han pasado a segundo plano debido a que influyen mucho en las ventas y estatus de dichas organizaciones.

Para que la calidad y la satisfacción del cliente se logren es importante que una organización cuente con un sistema de gestión de calidad (SGC). La adopción de un SGC es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible. Federal Mogul, Los Reyes (FMR) certificada en ISO (9001:2015) al ser una organización de carácter internacional busca a través de la planificación avanzada de la calidad del producto (APQP) bsuca cumplir con estos objetivos.

FMR es una empresa dedicada a fabricar productos aftermarket para suspensiones automotrices, dentro de su línea de productos se encuentran principalmente los siguientes:

- Sway bar link-sbl (barra estabilizadora),
- Hanger Bearing (Soporte de flecha Cardan-balero colgante),
- Ball Joint (Rótula)
- Tie Rod End-TRE (Terminal de dirección exterior)
- Inner Tie Rod End-ITRE (Terminal de dirección interior)
- Universal Joint (Junta universal)

En este trabajo me centraré en el proceso de producción de un componente clave denominado “copa”, el cual tiene la función de un rodamiento y forma parte del producto final llamado Universal Joint (Junta universal). Por lo tanto, es imprescindible contar con un panorama general de lo que involucra el funcionamiento, componentes y proceso de producción de dicho producto.

La copa proviene de un proceso de forjado y de material acero 1018, en FMR se adquiere esta materia prima mediante proveedor externo y es denominada como copa a partir de blank.

Para comprender mejor la importancia de las juntas universales, es esencial conocer el sistema de del tren motriz y su funcionamiento. El propósito del sistema de tren motriz es transmitir el par torsional del motor hacia las ruedas por medio del eje diferencial, la junta le permite al eje cardan operar a distintos ángulos, mientras que el yugo deslizable absorbe las variaciones de longitud de esta. El tren motriz está constituido por: transmisión, yugo deslizable, flecha cardan, junta universal (dependiendo del diseño del tren motriz dos o más juntas universales), yugo de acoplamiento y en algunos casos el ensamble de un cojinete central. Los cojinetes centrales se utilizan para dar soporte a dos o más flechas cardan, dependiendo de la longitud del chasis.

Existen diferentes tipos diferentes de tren motriz:

1. Tracción trasera: Este sistema es utilizado en camionetas, camiones medianos y vehículos pesados
2. Tracción delantera: Utilizado en la gran mayoría de los automóviles actuales y mini vans.
3. Doble tracción: Camionetas, vehículos utilitarios deportivos (SUV). Recordemos que, al hablar de doble tracción, nos referimos a contar con tracción en las cuatro ruedas que en algunos casos el acoplamiento puede ser controlado desde el tablero del vehículo y en otros casos la tracción en las cuatro ruedas es permanente.

Las juntas universales son utilizadas en los vehículos con tracción trasera y doble tracción. Por medio de ellas se transmite el movimiento del motor mediante la línea de transmisión hacia las ruedas, las juntas universales pueden absorber hasta  $15^\circ$  de inclinación de la flecha cardan. [4] En la Figura 3 se ilustra la posición en la cual es montada la junta universal en un vehículo.

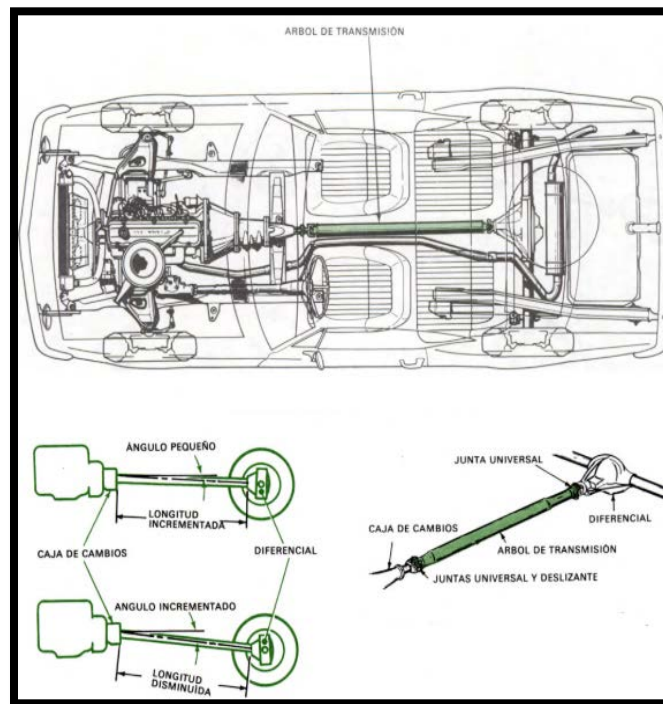


Figura 3: Posición de junta universal. [5]

Una junta universal está integrada por: Cuerpo de la junta universal (En forma de cruz), una copa en cada muñón de la junta, rodillos tipo aguja colocados dentro de las copas, adicionalmente pueden contener seguros de sujeción y graseras para una mejor lubricación. Lo que permite a la junta articularse conforme la flecha cardan gira. En la Figura 4 y Figura 5 se observa de manera representativa la junta universal y los componentes típicos principales que componen a una junta universal.



Figura 4: A) Junta Universal

B) Referencia de tamaño

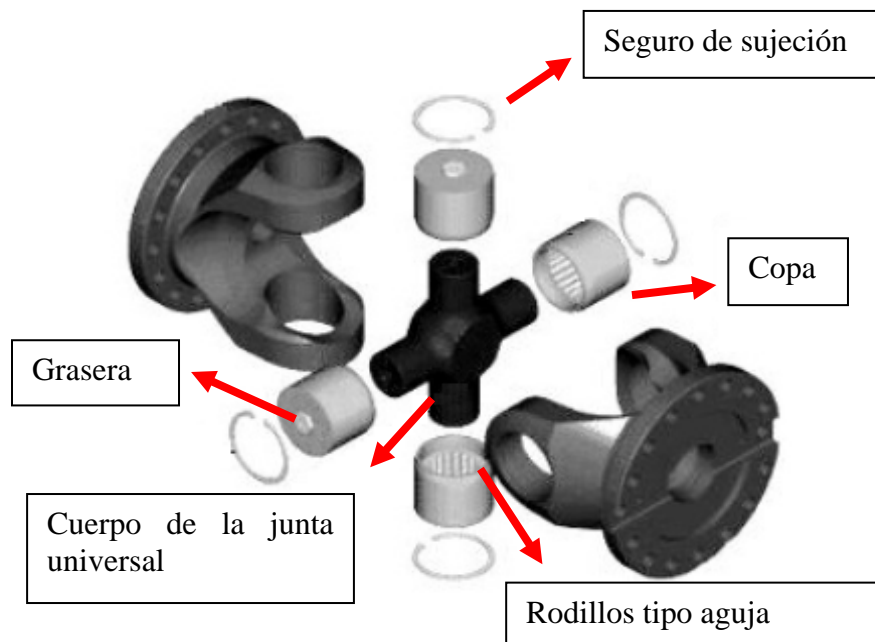


Figura 5: Componentes principales de una junta universal.

El daño a una junta universal se puede atribuir a la pérdida de lubricante o al uso indebido por cargas adicionales, por lo tanto, la lubricación juega un importante papel para prolongar la vida útil y tener un mejor rendimiento en las juntas universales.

La lubricación de junta universal se hace por medio de una graserera que va colocada en la copa. El usuario final al montar la junta en el vehículo coloca la graserera, para poder colocar la graserera en la copa esta debe tener un barreno con la cuerda adecuada. En el área de maquinado de copa se hace el barreno a un diámetro determinado y al mismo tiempo se realiza el roscado ambos en la máquina 34-12. En la Figura 6 se observa el ensamble de copa con graserera.



Figura 6: A) Copa con graserera

B) Referencia de tamaño

El hecho de realizar un barreno con cuerda no garantiza el correcto funcionamiento del ensamble final, en FMR para garantizar el correcto funcionamiento y brindar un producto de calidad al cliente se maneja una especificación que se muestra en la Figura 7 de muestra de manera concreta.

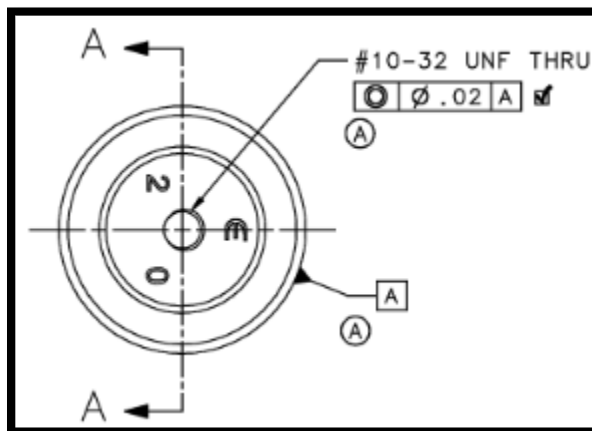


Figura 7: Especificación de producto.

De no controlarse esa especificación puede repercutir en distintos problemas, entre ellas pérdidas económicas, retardo en tiempos de entrega, reclamación de clientes internos y externos (clientes dentro y fuera de la empresa).

He introducido de manera breve la información más relevante respecto a la función, especificaciones, material e importancia de la copa, a continuación, voy a detallar los antecedentes de las problemáticas que surgieron en el proceso de barrenado y machueado de copa.



# Capítulo 1

## 1 ANTECEDENTES.

A continuación, voy a describir los antecedentes del presente trabajo en dos partes. Esto en el entendido de que fueron dos diferentes problemas los que se resolvieron en periodos de tiempo distintos.

### 1.1 Parte 1.

En enero de 2017, se recibió una queja por parte del cliente interno en el área de ensamble proceso posterior a barrenado y machueleado de copa tal como se muestra en la Figura 8 y Figura 9. La queja consistió en que la grasera no se podía colocar en la copa, esto es necesario para liberar el primer ensamble y arrancar la producción. El personal de la línea de maquinado de copa tuvo que dar asistencia para seleccionar el material defectuoso por barreno desplazado, cuerda defectuosa y rebaba, en total se seleccionaron 11,600 copas correspondientes al último lote producido en la máquina 34-12.

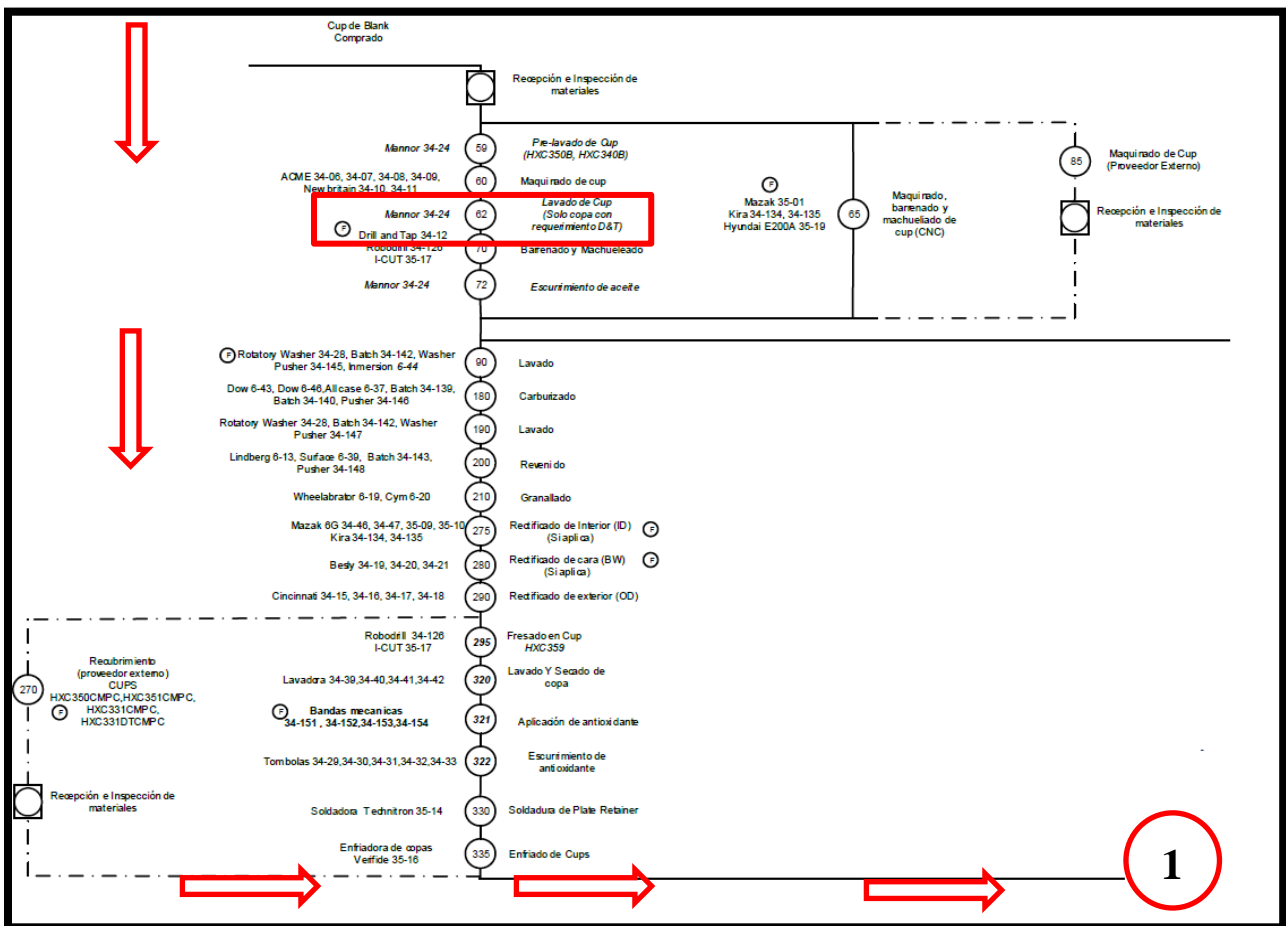


Figura 8: Cuadro rojo proceso de barrenado y machueleado de copa.

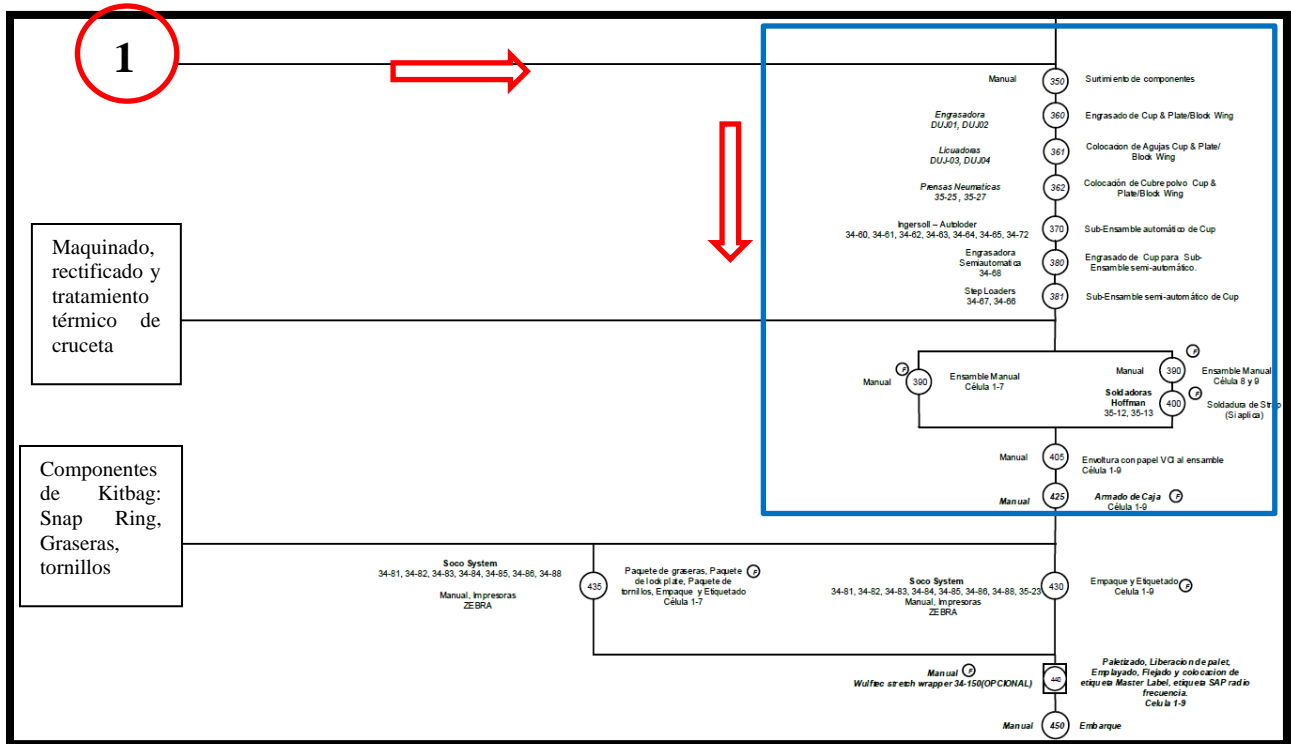


Figura 9: Cuadro azul proceso de ensamble de cruceta

Del resultado de la inspección de las 11,600 piezas fue de 3,500 copas fuera de especificación, lo cual se tradujo en un 30.1% de copas rechazadas que se registraron en febrero 2017 en los Key Performance Indicators (KPI'S) de nuestra planta. Lo anterior rebasó el objetivo de 1.6% de scrap.

La producción promedio diaria de este material es de 9,000 piezas siendo alrededor de 240 piezas las que se detectan fuera de especificación. Tomando en cuenta que se laboran 243 días en el año se tiene un total de 58,320 piezas defectuosas anuales.

Si este KPI no se controlaba se iba a ver reflejado en la sobre inversión de adquisición de materia prima (copa de blank) gastos extras por manufactura y sobre inventario.

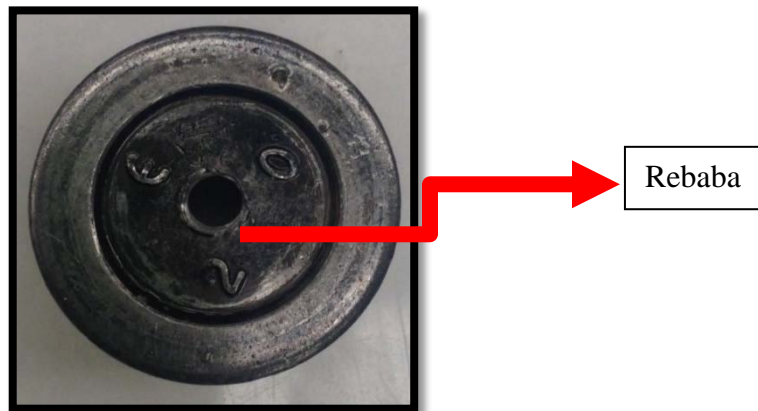


Figura 10: Copa fuera de especificación

## 1.2 Parte 2.

El día 29 de enero de 2018 surge un nuevo reclamo de cliente interno, un operador del área de ensamble proceso posterior a barrenado y machueado de copa ver Figura 8 y Figura 9, detecta que las copas con número de parte (número como se identifica una pieza dentro de la compañía) HXC534DT presentan avellanado grande, se realiza la inspección del lote con cantidad de 9000 piezas de las cuales 904 piezas cuentan con el mismo defecto. Dicha problemática repercute directamente en los KPI'S de producción adicionalmente se tiene una pérdida de dinero por scrap solo para este número de parte.

La hoja de instrucción de inspección del proceso para barrenado y machueado, indica 2 a 3 hilos de cuerda y matada de filo ver Figura 11. La consecuencia de un avellanado grande está directamente relacionada con los hilos de cuerda que tiene al final la copa, por lo anterior de tenerse 1 hilo de cuerda es imposible colocar la graserera en la copa lo cual afecta directamente la funcionalidad del producto final ver Figura 12.

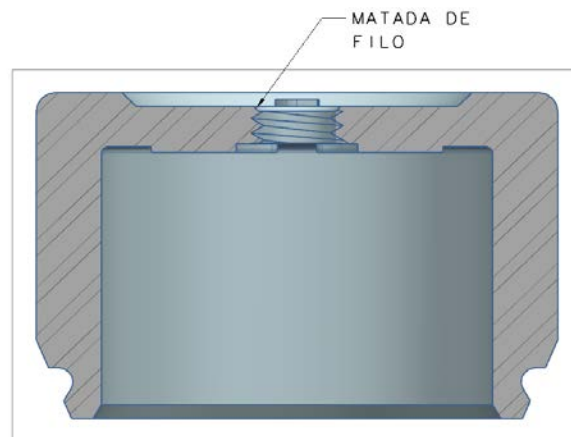


Figura 11: Acabado para barrenado y machueado de copa.



Figura 12: A) Copa buena B) Copa con avellanado grande C) Referencia de tamaño

Con base en lo abordado hasta el momento el siguiente paso es explicar cuál fue el efecto de estos antecedentes.

# Capítulo 2

## 2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En el capítulo 1 se plantearon los antecedentes del proceso de barrenado y machueado, los cuales se dividieron en dos distintos apartados, a continuación, procederé con la misma secuencia tratando ambas partes de manera separada.

### 2.1 Problemática 1.

Para comprender la problemática aquí establecida es importante tener conocimiento de los índices de capacidad (Cp) y habilidad (Cpk), sus diferencias y lo que representan en un proceso, a continuación, lo explico de manera breve debido a que es parte de la mejora que se plantea en los objetivos de este trabajo.

El Cp (capacidad potencial del proceso), nos indica la capacidad de un proceso para cumplir con la especificación del cliente. En la Figura 13 podemos observar de manera gráfica su significado, de esta manera el Cp no es más que un cociente de la variación permitida de nuestro proceso (especificación) entre la variación real del proceso.

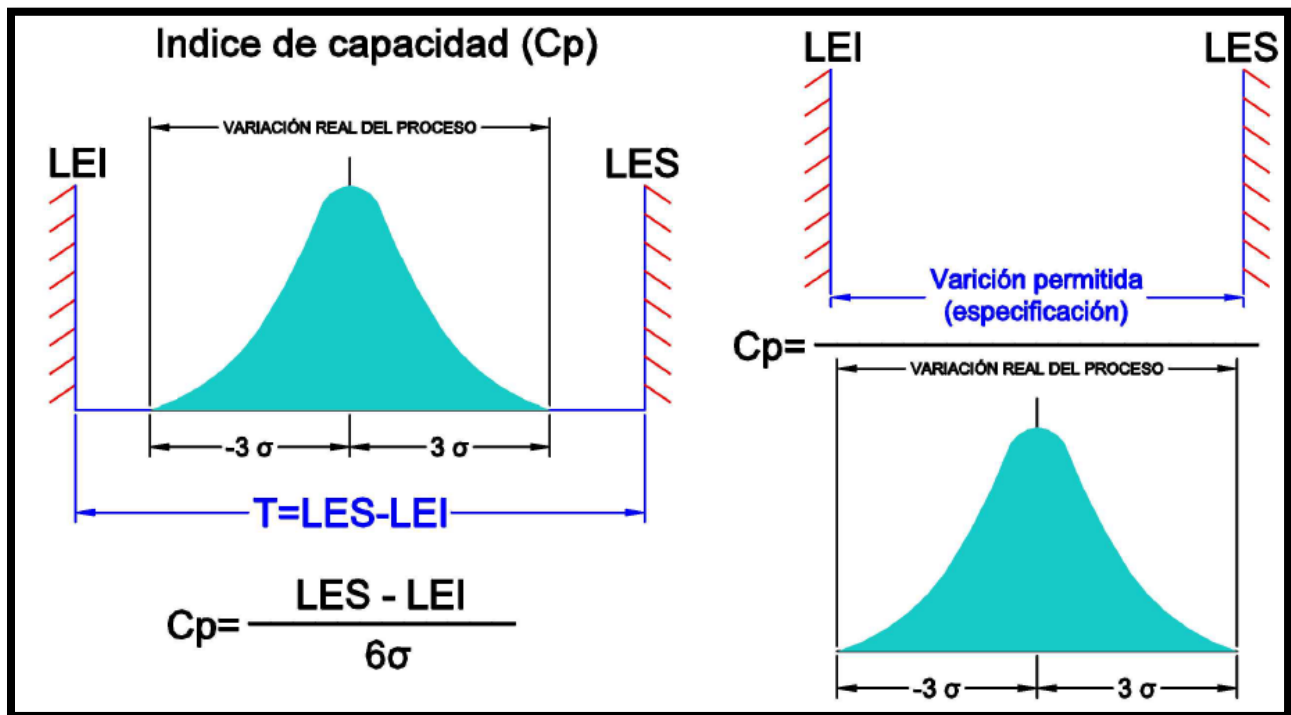


Figura 13: Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)

Dependiendo del valor obtenido de este cociente podemos clasificar al proceso de distintas formas ver Figura 14.

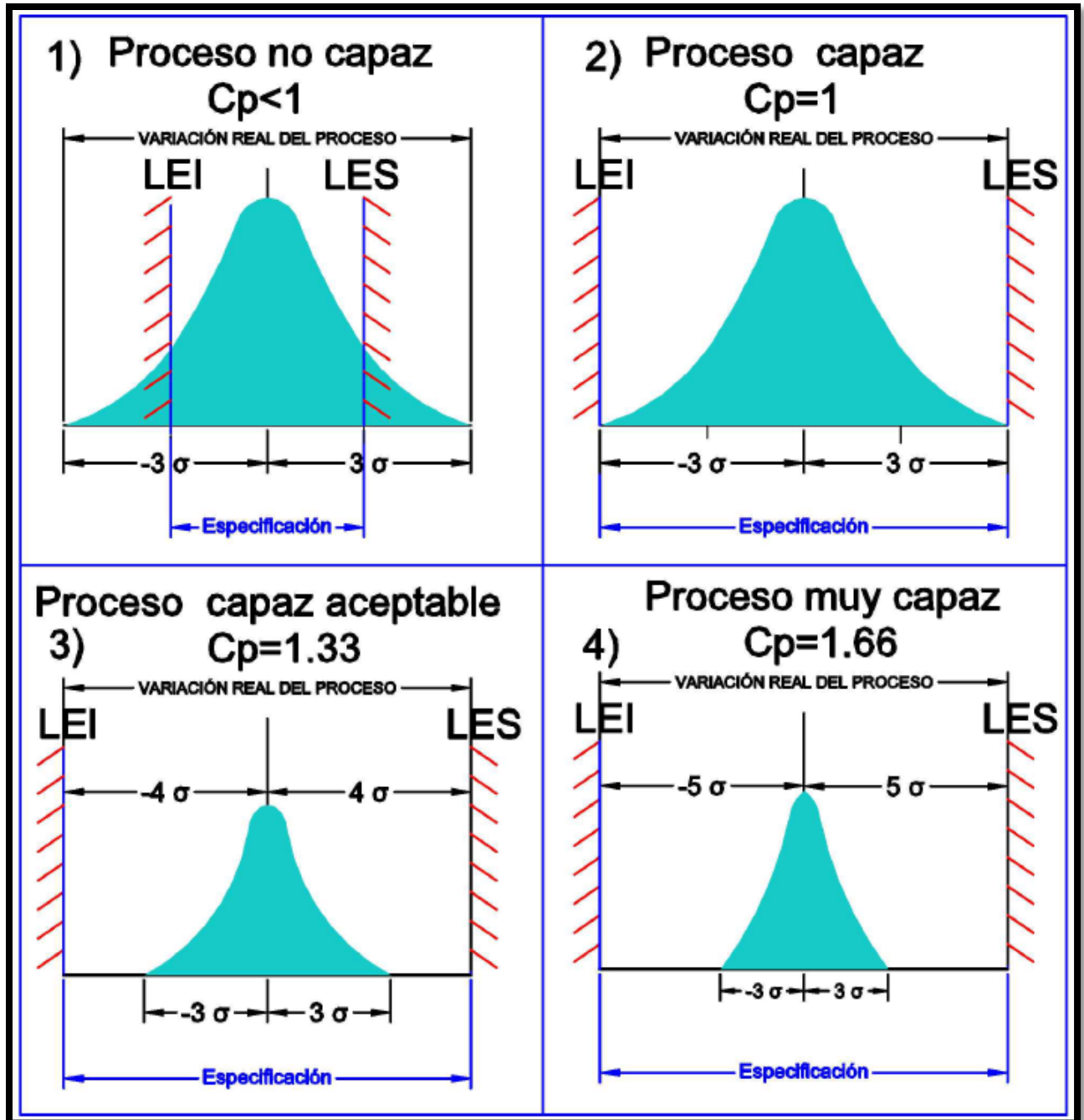


Figura 14: Clasificación del proceso de acuerdo con el  $C_p$ .

El hecho de que un proceso sea capaz potencialmente no implica estar entregando consistentemente un producto dentro de especificaciones; más bien, significa que de acuerdo con su variabilidad tiene la posibilidad de hacerlo, en la Figura 15 se observa que pese a que el proceso es capaz prácticamente la mitad de la producción está fuera de especificación.

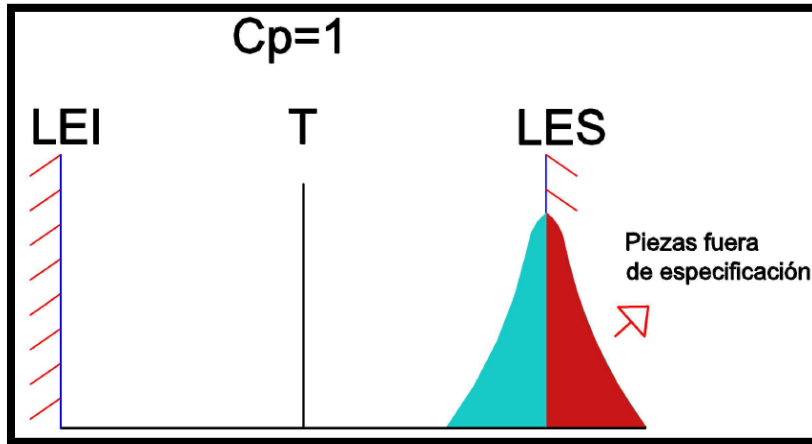


Figura 15: Proceso capaz con piezas fuera de especificación.

De acuerdo con la Figura 15 podemos concluir que hace falta un factor de cambio a la métrica de capacidad que es el Cpk, el Cpk es una versión penalizada del Cp, es decir, explica tanto la variabilidad como un cambio en la media (centrado). Si el proceso está en el objetivo no hay penalidad y  $C_p = C_{pk}$ . En la Figura 16 se puede observar la relación existente entre ambos índices capacidad y habilidad del proceso.

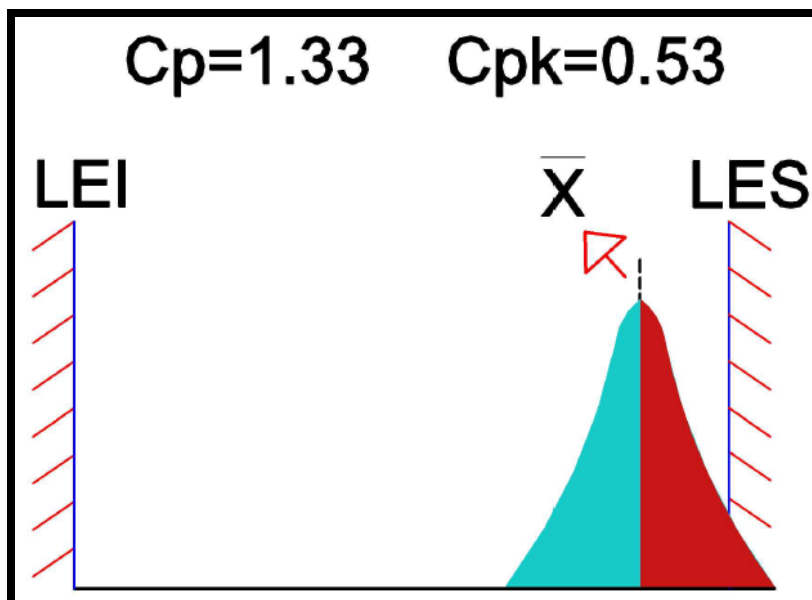


Figura 16: Relación índices Cp, Cpk

De tal manera se dice que el Cpk es la medida más realista del proceso, por lo tanto:

- Si  $C_p > C_{pk}$ : El proceso no está bien centrado entre los requerimientos de la especificación
- Cuanto mayor sea el Cpk menos ítems defectuosos se tendrán.

Una vez que ya se conoce e interpreta el significado de los índices  $C_p$ ,  $C_{pk}$  voy a describir la problemática de la parte 1.

De acuerdo con los antecedentes de la máquina 34-12 a partir del primer reclamo del cliente interno en enero de 2017 se implementaron mejoras al proceso, las cuales ayudaron a disminuir de manera significativa el % de scrap para el proceso de barrenado y machueado de copa, sin embargo, a finales de agosto del 2017 se realiza un estudio de habilidad del proceso de barrenado y machueado de copa para el número de parte HXC534DTM. El estudio arroja que el proceso cuenta con un “Cpk de 0.85 “ ver Figura 17, lo cual nos indica que pese a las mejoras implementadas el proceso de barrenado y machueado de copa aun no es hábil, esto repercute en una considerable cantidad de defectos medidos mediante el índice PPM ( partes por millón), es decir, de acuerdo con la Figura 18 el PPM tiene un valor de 10734, esto interpreta que por cada millón de piezas producidas habrá 10734 piezas defectuosas, dicho lo anterior es indispensable implementar nuevas mejoras al proceso para situar el Cpk en al menos en 1.33 donde se tiene control del proceso y el cual es un estándar adoptado por numerosas empresas transnacionales, esto evitaría futuras reclamaciones de clientes internos o en su defecto externos, además reduciría el porcentaje de scrap en la línea de producción y finalmente se podría reducir el tiempo de set-up para la máquina 34-12.

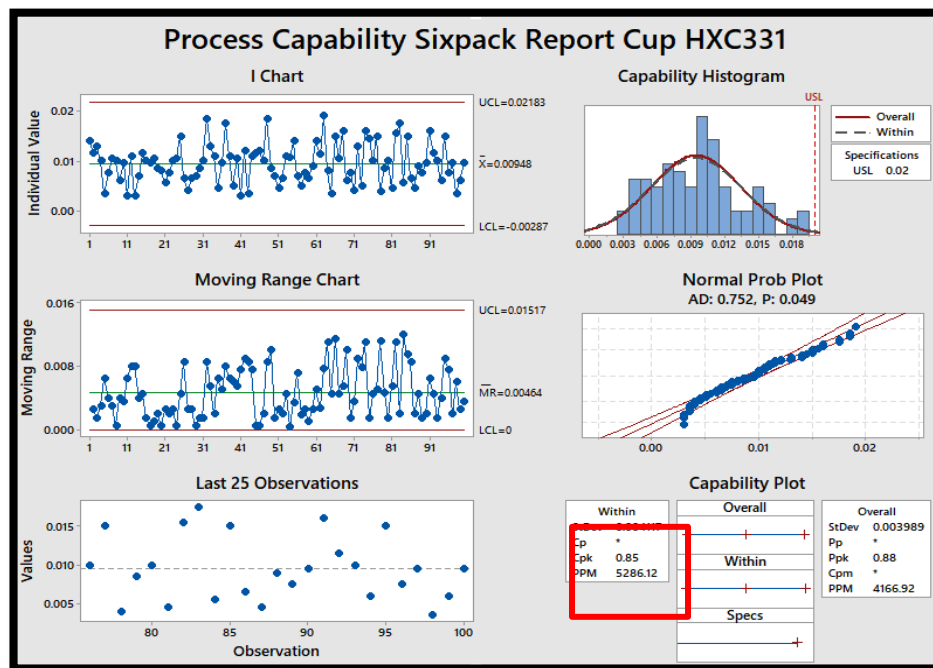


Figura 17: Estudio de habilidad de proceso

Cpk	Z <sub>st</sub>	Z <sub>lt</sub>	PPM.lt
0.0	1.5	0.0	500,000.0
0.2	2.0	0.5	308,538.0
0.5	3.0	1.5	66,807.0
0.8	4.0	2.5	6,210.0
1.0	4.5	3.0	1,350.0
1.2	5.0	3.5	233.0
1.3	5.5	4.0	32.0
<b>1.5</b>	<b>6.0</b>	<b>4.5</b>	<b>3.4</b>

Figura 18: PPM basado en el Cpk del proceso.



## 2.2 Problemática 2.

La hoja de instrucción de inspección del proceso indica lo siguiente ver Figura 19

**Característica 2: Acabado.**

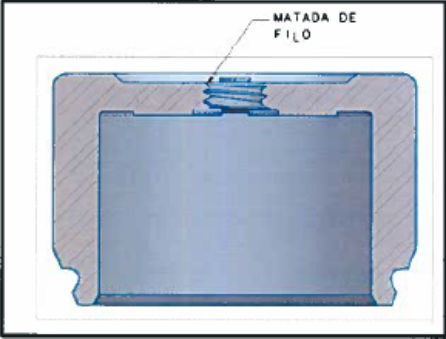

3.2. Inspección visual

3.2.1. La cuerda no deberá tener ningún tipo de rebaba o viruta por dicha operación.

3.2.2. Debe de presentar dos o tres hilos de cuerda.

\*3.2.3. La copa debe de presentar una ligera matada de filo. (Realizado por la broca escalonada a 45°). Inspeccionando visualmente que esta no sea mayor al espesor de un hilo de la cuerda de la copa.

\*



Barreno de la Grease Fitting

**FEDERAL-MOGUL LOS REYES**  
**MOTORPARTS**  
**DOCUMENTO CONTROLADO**  
**PARA USO DE PRODUCCION**

RAPAC-07-200-03A(JUN 10,2016) 2/3

Figura 19: Hoja de instrucción emitida por departamento de calidad.

Lo indicado en la hoja de instrucción de proceso debe ser llevado a cabo durante el proceso, por lo tanto, para no afectar esta característica es indispensable contar con un proceso hábil de lo contrario se puede recurrir en esta problemática afectando directamente los KPI'S del área de maquinado de copa y por ende los de la planta de producción.

### **2.3 Objetivo**

Mejorar el índice de habilidad del proceso Cpk para las características de barrenado y machueado de copa a partir de blank en máquina 34-12, a través del rediseño de nuevas piezas, reemplazo de componentes, estandarización de herramental apoyo de herramientas estadísticas y técnicas para la solución de problemas en producción.

#### **2.3.1 Objetivos particulares.**

- Mejorar el Cpk de 0.77 a por lo menos 1.33 para las características de barrenado y machueado de copa en la máquina 34-12.
- Estandarizar el control de herramental para el proceso de barrenado y machueado de copa.

# Capítulo 3

## 3 METODOLOGÍA.

### 3.1 Metodología problemática 1.

Para resolver la problemática 1 y cumplir con la especificación de concentricidad de 0.020" del barreno y cuerda de copa fue indispensable observar el proceso en piso. Junto con un operador experto del proceso de esta máquina, analicé aquellas piezas que podrían hacer que dicha falla fuera recurrente. Después de las observaciones y cuestiones al proceso, me centré en el rediseño de tres piezas principalmente; V-blocks, soporte para pistón y pieza de sujeción para V-blocks colocada en los pistones ver Figura 20.

Los V-blocks son las bases donde asienta la copa y por lo tanto juegan un papel importante para cumplir la característica de concentricidad marcada en el plano de 0.020", de ellos depende en gran parte que dicha característica sea conforme o no. La pieza de sujeción es importante para mantener firme la copa a la hora del barrenado, esta debe tener una cuerda correcta para evitar juego con el vástago del pistón neumático y lograr junto con el V-block la correcta sujeción de la copa y evitar que esta se mueva debido a la penetración de la broca. Finalmente, el soporte del pistón neumático debe de quedar empotrado a la máquina y tener un espesor adecuado para evitar que por la acción de trabajo y presión neumática se mueva el pistón y por lo tanto el vástago, de no cumplir con estas características no se logra una correcta sujeción de copa durante el proceso de barrenado y machueado.

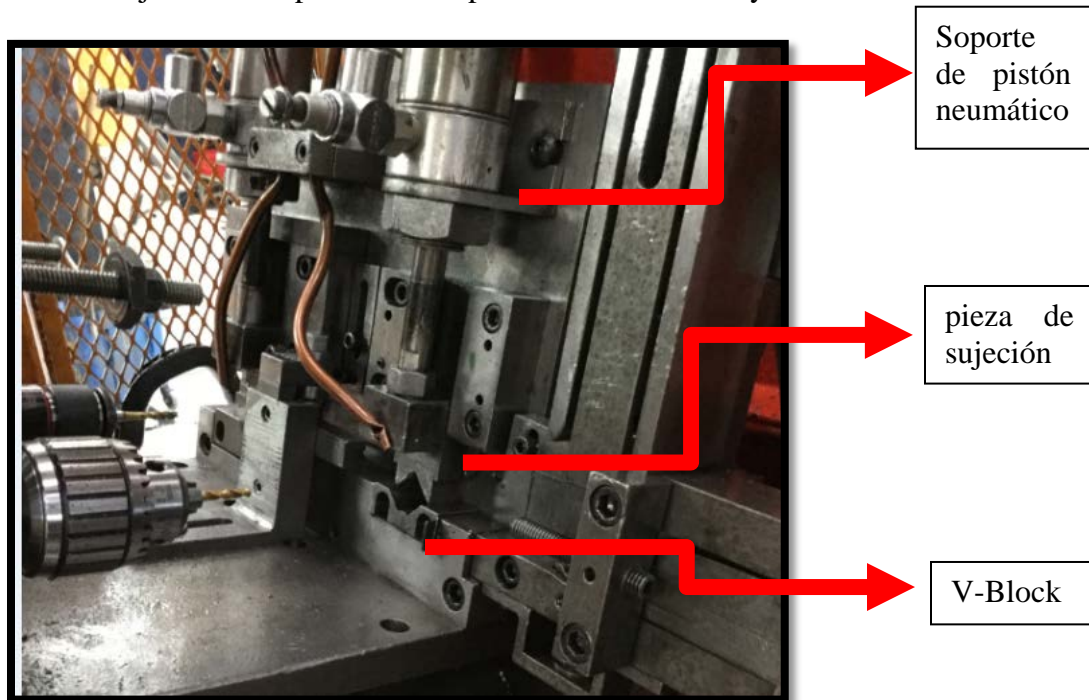


Figura 20: Piezas de rediseño antes de la mejora.

Para resolver esta problemática se realizó la estandarización de todos los V-Blocks, para ello se siguieron los siguientes pasos:

1. Agrupar todos los números de parte que pasan por la máquina 34-12 y establecer un índice con los V-Blocks necesarios para el proceso ver Figura 21.

LAYOUT DE BLOCK EN V DRILL&TAP DRIVELINE PRODUCTS		INDICE GENERAL	
TITULO: LAYOUT BLOCK EN V DRILL & TAP		NUMERO	
INGENIERIA DE PROCESOS	11/09/2017	1 DE 1	
DEPARTAMENTO EMISOR	FECHA DE EMISIÓN	PAG. NO.	
NOTA: VBD V BLOCK PARA "BARRENADO" VBT V BLOCK PARA "MACHUELADO"			
#NO.DIBUJO	NOMBRE V BLOCKS	NO. DE PARTE	DIAMETRO EXTERIOR
1	VBD 338	HXC338DTM	.946 - .950
2	VBT 338	HXC340DTM	.946 - .951
3	VBD 861	HXC861DTM	.977 - .982
4	VBT 861		
5	VBD 391	HXC391DTM	.992 - .996
6	VBT 391		
7	VBD 500	HXC500DTM	1.007 - 1.012
8	VBT 500		
9	VBD 350	HXC550M	1.070 - 1.074
		HXC280DTM	1.070 - 1.074
		HXC429DTM	1.070 - 1.074
		HXC360DTM	1.070 - 1.074
10	VBT 350	HXC436DTM	1.070 - 1.074
		HXC365DTM	1.070 - 1.074
11	VBD 246	HXC317DTM	1.086 - 1.091
12	VBT 246	HXC246DTM	1.086 - 1.091
13	VBD 384	HXC384DTM	1.109 - 1.113
14	VBD 384		
15	VBD 534	HXC534DTM	1.133 - 1.139
		HXC534BLDTM	1.133 - 1.139
16	VBT 534	HXC316DTM	1.133 - 1.139
		HXC882DTM	1.134 - 1.138
17	VBD 493	HXC383DTM	1.150 - 1.153
18	VBT 493	HXC493DTM	1.150 - 1.153
19	VBD 331	HXC331DTM	1.195 - 1.198
20	VBT 331	HXC331BLDTM	1.195 - 1.198
		HXC371DTM	1.196 - 1.199
21	VBD 964	HXC964DTM	1.259-1.264
22	VBT 964		
23	VBD 351	HXC351DTM	1.378
24	VBT 351	HXC374DTM	1.379

Figura 21: Tabla de clasificación de V-blocks.

2. Rediseñar una nueva sujeción para los V-Blocks, lo cual agiliza el tiempo de cambio de herramienta para producir un nuevo número de parte (Set-up), adicionalmente evita mal funcionamiento de V-blocks debido a la antigua sujeción por tornillos ver Figura 22.

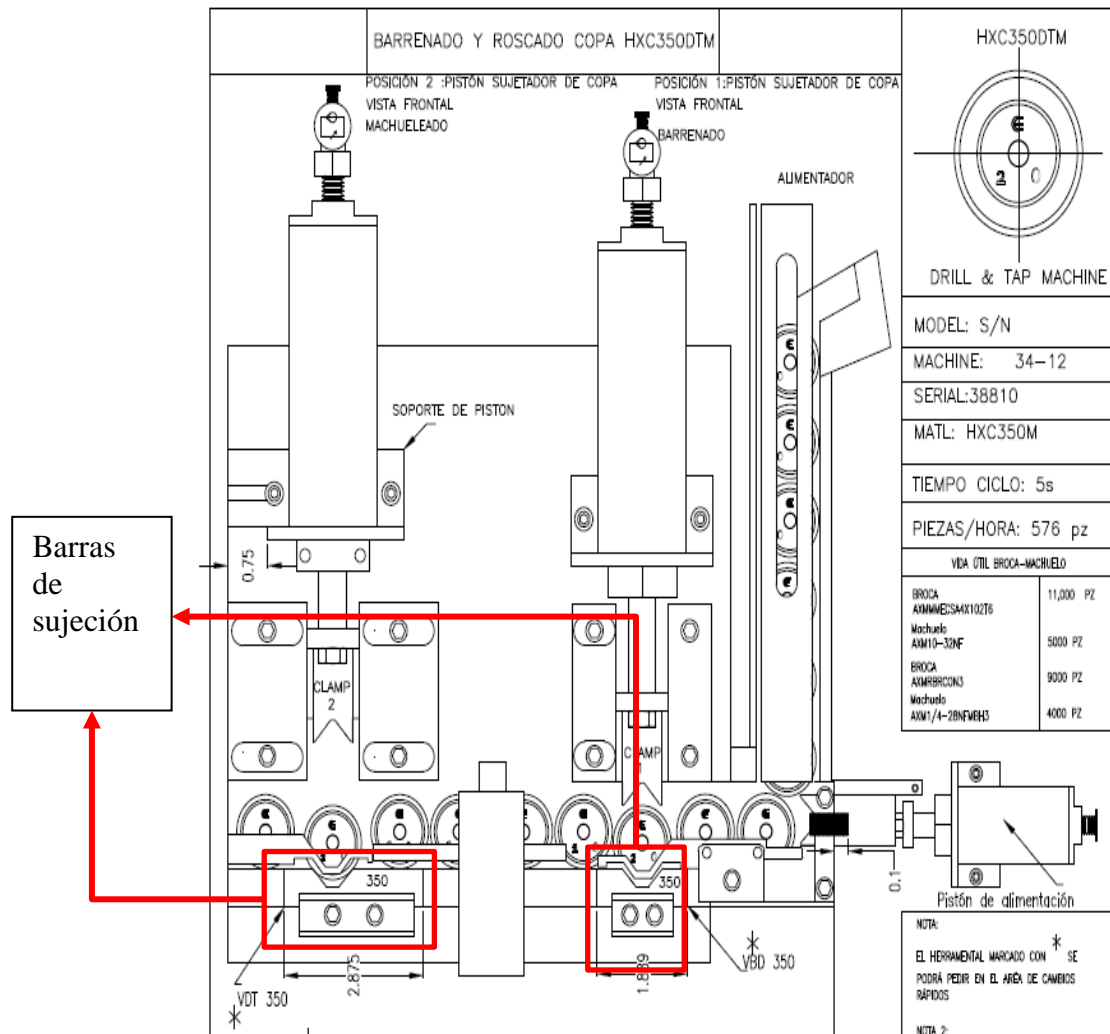


Figura 22: Nuevo diseño de sujeción de V-block.

3. Rediseñar todos los V-Blocks, se creó un nuevo modelo en Autocad con un centro estándar tanto para barrenado como para machueleado de copa. En la Figura 23 y Figura 24 se observa el antiguo diseño de los V-blocks, en la Figura 25 y Figura 26 se muestran los nuevos planos para V-blocks.

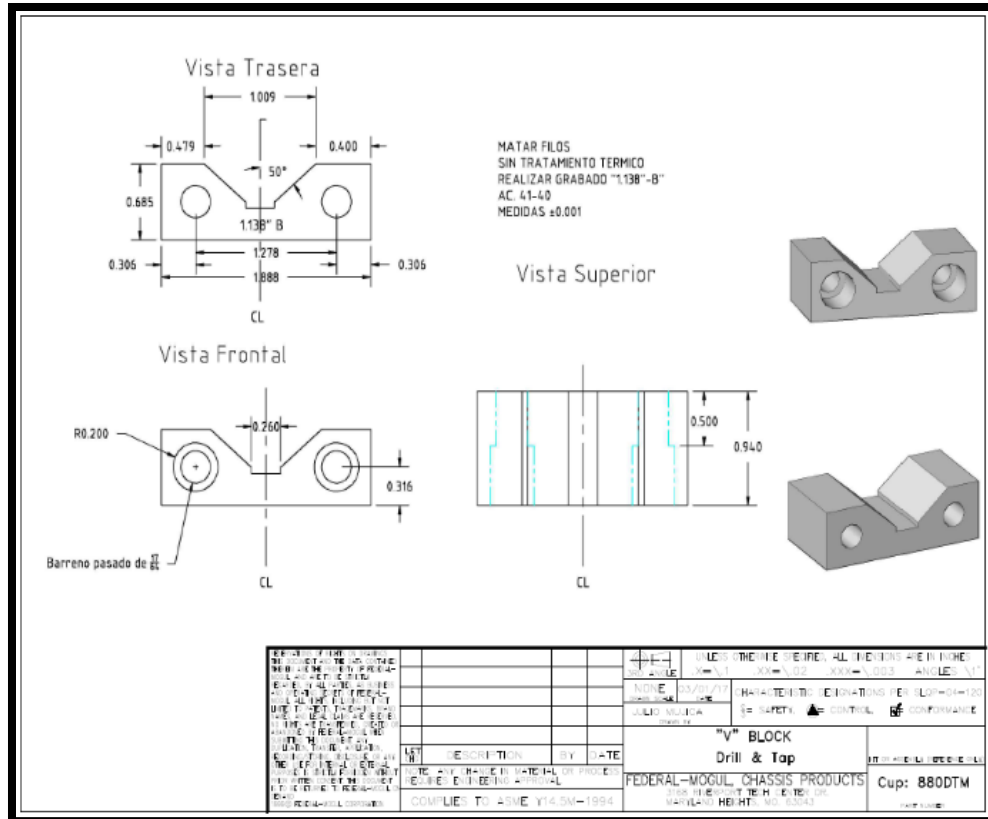


Figura 23: V-block para barreno antiguo diseño.

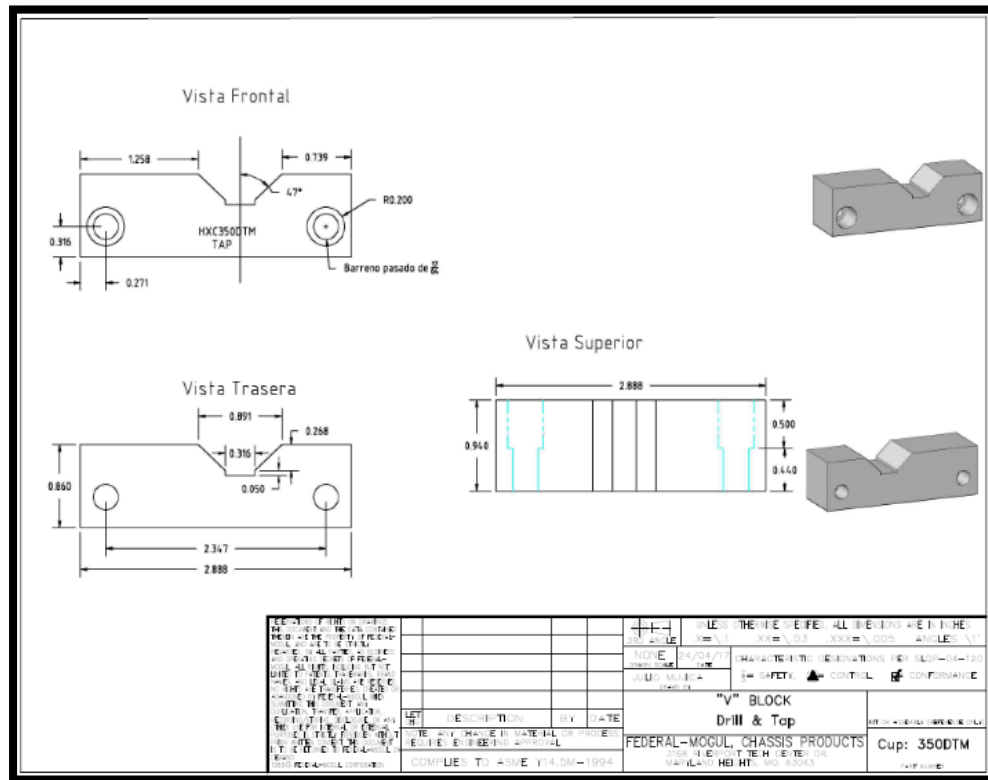


Figura 24: V-block para machuelo antiguo diseño.

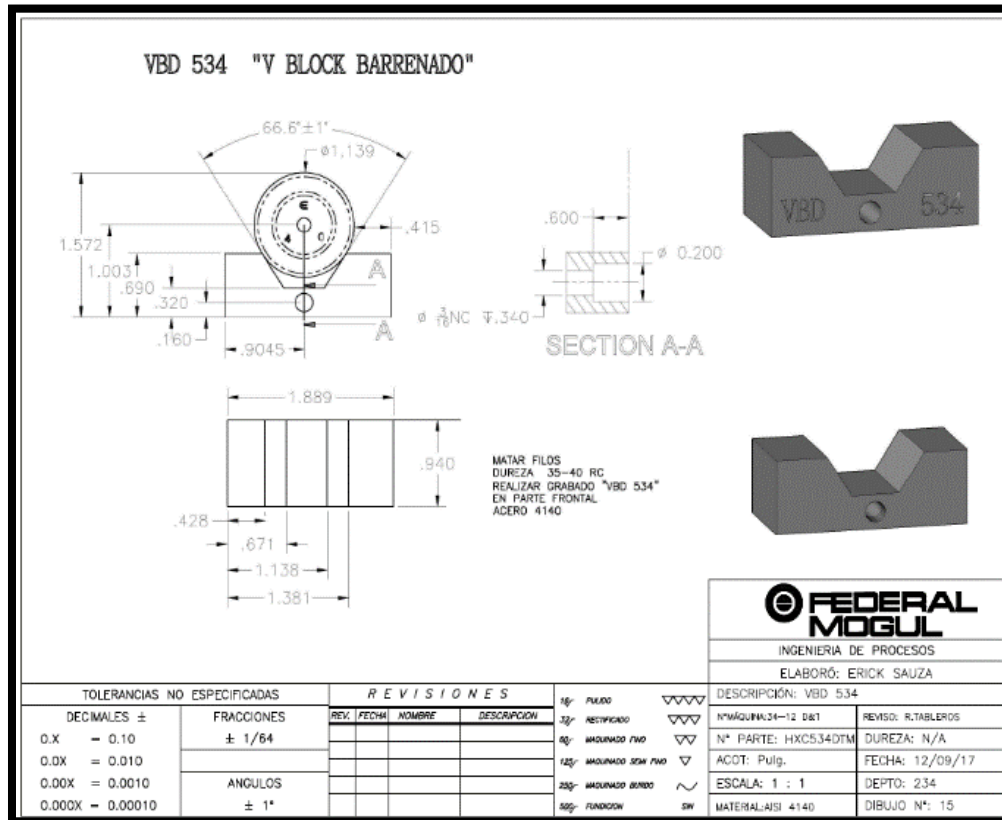


Figura 25: V-block para barreno nuevo diseño.

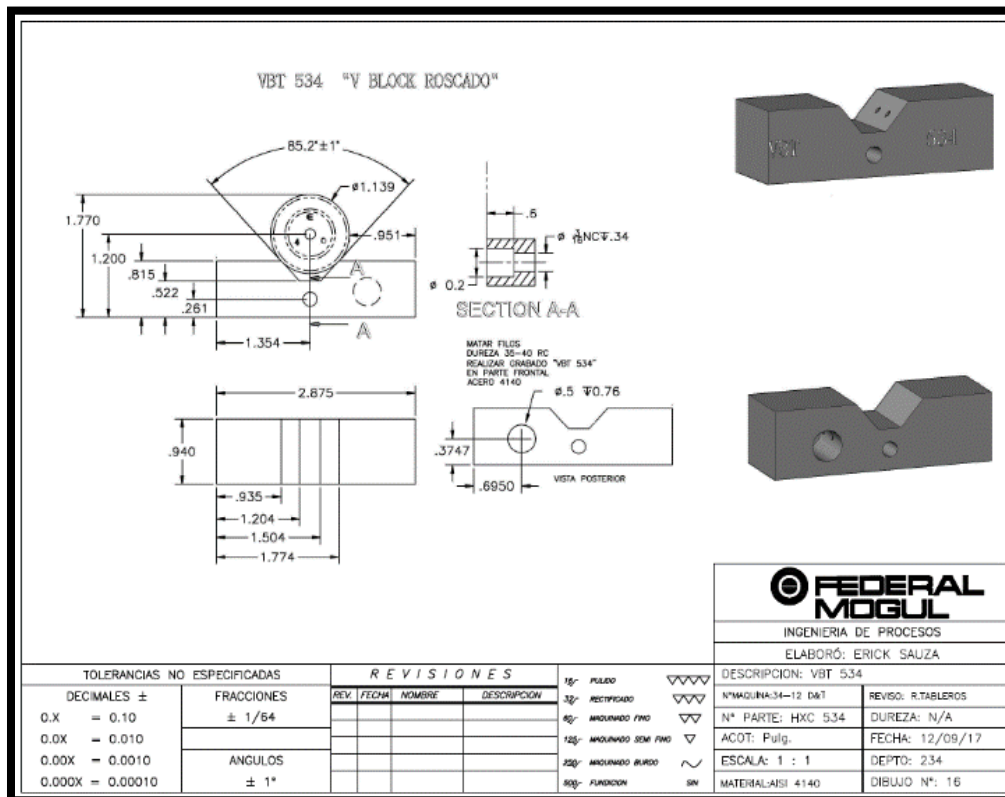


Figura 26: V-block para machuelo nuevo diseño.

4. Contactar un proveedor capaz de realizar los V- Blocks respetando las tolerancias establecidas en los planos de cada número de parte.
5. Validar las dimensiones críticas junto con el departamento de calidad para corroborar que los V-Blocks fabricados por el proveedor se han realizado conforme a las especificaciones establecidas.

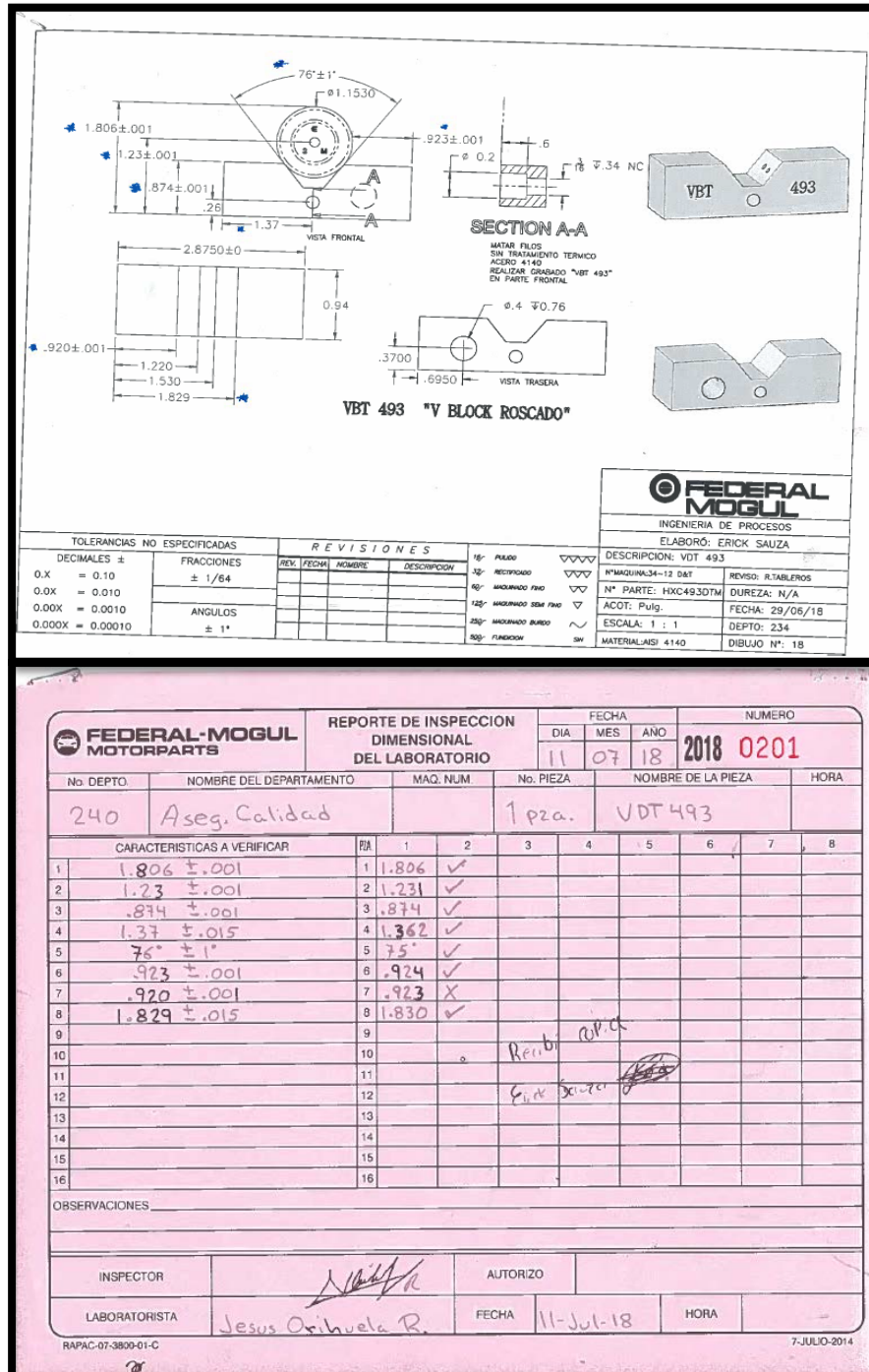


Figura 27: Validación por departamento de calidad.



6. Rediseñar pieza de sujeción de copa y soporte para pistón ver Figura 28 y Figura 29.

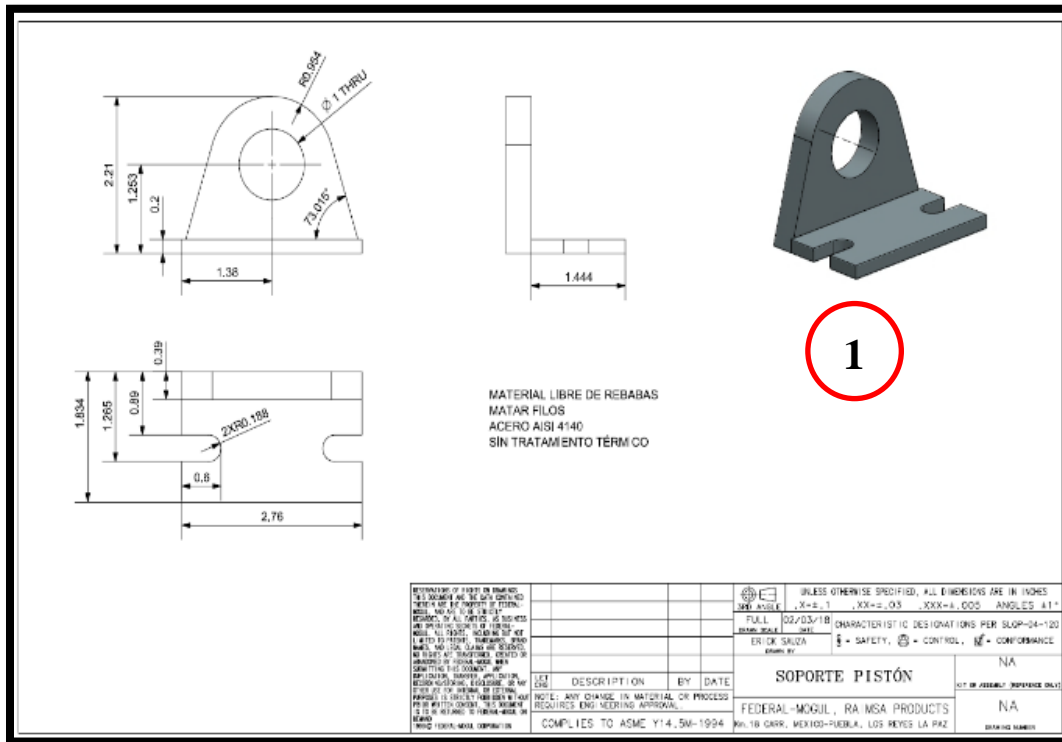


Figura 28: Soporte para pistón.

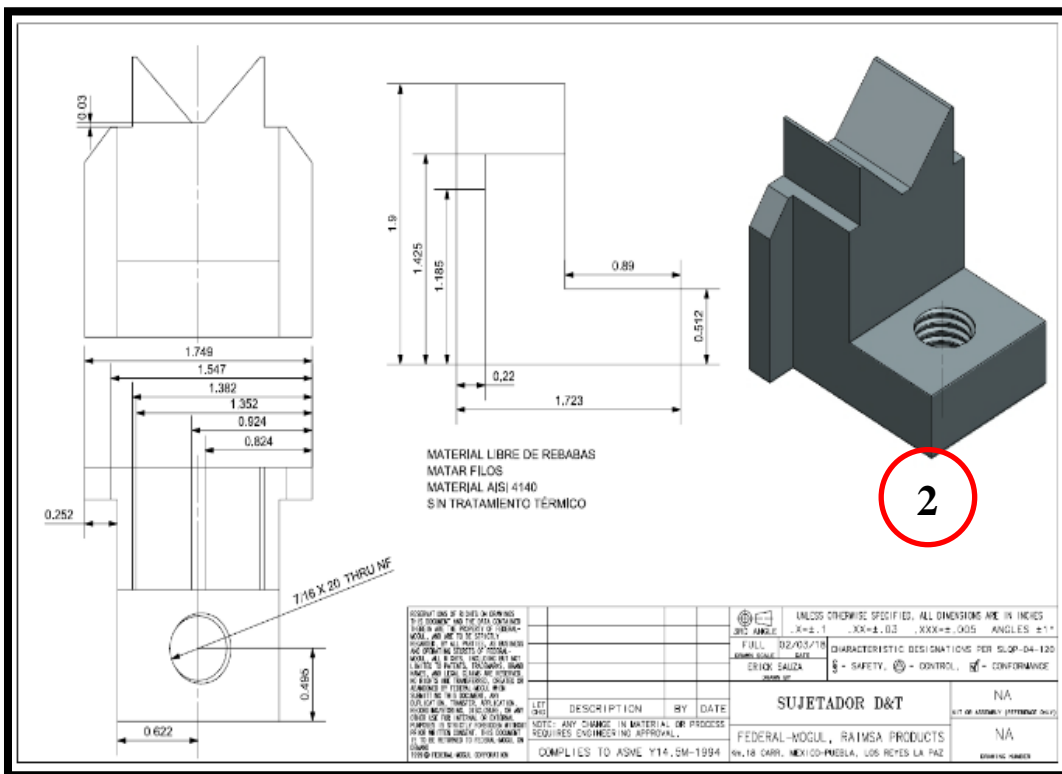


Figura 29: Pieza de sujeción de copa.

### 3.2 Metodología problemática 2.

La técnica empleada para resolver la problemática 2 fue utilizando el 5 Why's durante el cual nos reunimos el equipo de producción, calidad y operadores para llegar a la causa raíz de la problemática.


5 Why's		Fecha ocurrencia 29-Enero-2018	
<p><b>Descripción del problema(Qué, Cuánto, Dónde, Quién, Cómo?)</b>            Que?: Copa HXC534DT Avellane grande. ( Un hilo de cuerda)            Cuanto? : ( Falta que se seleccione todo el material que está en almacén de ese numero de parte para pasar el Status) 904 pzas. F/E.            Donde? : El día 29-Ene-18 En el turno de la noche se pasaron 389 Copas al Área de ensamble de las cuales 4 pzas. presentan el mismo problema. Se seleccionó el resto del material confinado en el almacén, 9 000 copas de las cuales 900 salieron con avellane grande.            Quien? : El operadora Roberto Guadalupe ( Autoloder #6)            Como?: En la inspección al proceso conforme sale de la máquina autoloder #6, el operador revisa todo su material, por eso se detectó que la copa presenta un avellane muy grande, lo que representa un hilo de cuerda. La hoja de instrucción de inspección para barrenado y machueleado indica 2 a 3 hilos de cuerda, durante el proceso de barrenado y machueleado de la máquina #34-12 el operador no revisó el material que sale de la máquina con la frecuencia indicada. La máquina no tiene un sistema que indique y/o ayude al operador en que momento tiene que realizar su inspección al proceso.</p>			
<b>Por qué?</b>			
	1. El material procedente de la máquina 34-12 sale con un avellane grande F/E. con referencia a la HI.	Entonces	↑
↓	2. Durante el proceso la máquina se desajusta del sistema de barrenado, (tornillo y tuerca regulador de avance) provocando piezas con avellane grande.	Entonces	
	3. Elementos de sujeción del sistema de barrenado se encuentran en malas condiciones (cuerdas de tornillos y tuerca barridas) requieren su remplazo.	Entonces	
	4.	Entonces	
	5.	Entonces	
	<p>El último "por qué" NO DEBE ser por error humano</p> <p>Acción correctiva: 1) En cada set up se deberán reapretar y/o reemplazar tornillos y tuercas del sistema de barrenado.            2) Instalar en la máquina 34-12 un sistema (torreta luz andón) la cual indicara al operador el momento de realizar su inspección al proceso (cada 30 minutos)            3) Colocar una caja contenedora de piezas (máximo 300 pzas. Aprox.) a la salida del material terminado, el operador deberá inspeccionar las primera y las ultimas pzas. Antes de vaciar a el contenedor de metal.            4) Estas actividades serán documentadas en la hojas de set up y operación.</p>		
Fecha: 27/02/18		Responsable: R.TABLETROS/ERICK SAUZA	
RAPAC-08-1400-01-B (Ago-18-15)			

Figura 30: Plantilla y solución de 5 why's.

Esta técnica conlleva hacer preguntas iterativas para conocer la causa-efecto de una problemática. Durante la sesión organizada por el equipo de producción se dieron a conocer los elementos de mayor relevancia para resolver el problema. De las diferentes opiniones argumentadas por el equipo involucrado se determinó que la causa raíz del problema fue el estado de desgaste en el que se encontraban los elementos de sujeción del sistema de barrenado, al no tener un ajuste adecuado provocó que la broca tuviera un mayor avance lo que finalizó en un avellane mayor al establecido.

Como acciones correctivas se propusieron las siguientes:

- 1) En cada set up se deberán reapretar y/o reemplazar tornillos y tuercas del sistema de barrenado.
- 2) Instalar en la máquina 34-12 un sistema (torre de luz) la cual indicara al operador el momento de realizar su inspección al proceso (cada 30 minutos)
- 3) Colocar una caja tipo contenedor de piezas (máximo 300 pzas.) a la salida del material terminado, el operador deberá inspeccionar las primeras y las últimas piezas antes de vaciar a el contenedor de metal.
- 4) Estas actividades fueron documentadas en las hojas de set-up y operación.

Adicionalmente se reemplazaron los amortiguadores hidráulicos tanto para el barrenado como para machueleado y se realizó un programa preventivo junto con el área de mantenimiento en el software MP (software para la administración y control del mantenimiento), se rediseñaron piezas funcionales de la máquina ver Figura 31, Figura 32, Figura 33 y Figura 34, dentro de las cuales incluyen un nuevo tornillo que garantizará el contacto con el microswitch que controla el avance de la broca, placas de sujeción de los microswitchs, guías para corrida de la copa, se establecieron las medidas, piezas y características importantes dentro de un layout ver Figura 35 para estandarizar la forma de trabajo. Adicionalmente se mandaron a fabricar guardas de protección para el alimentador de copas y con ello evitar posible contaminación de material.

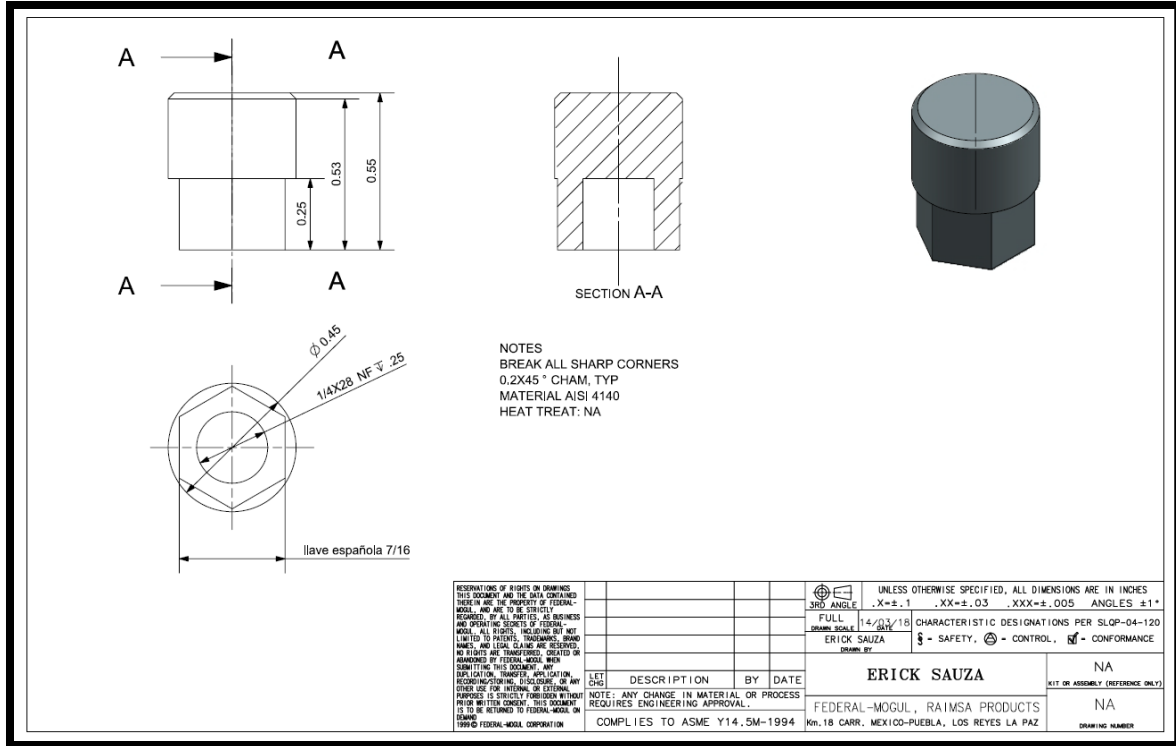


Figura 31: Tornillo para contacto con microswitch.

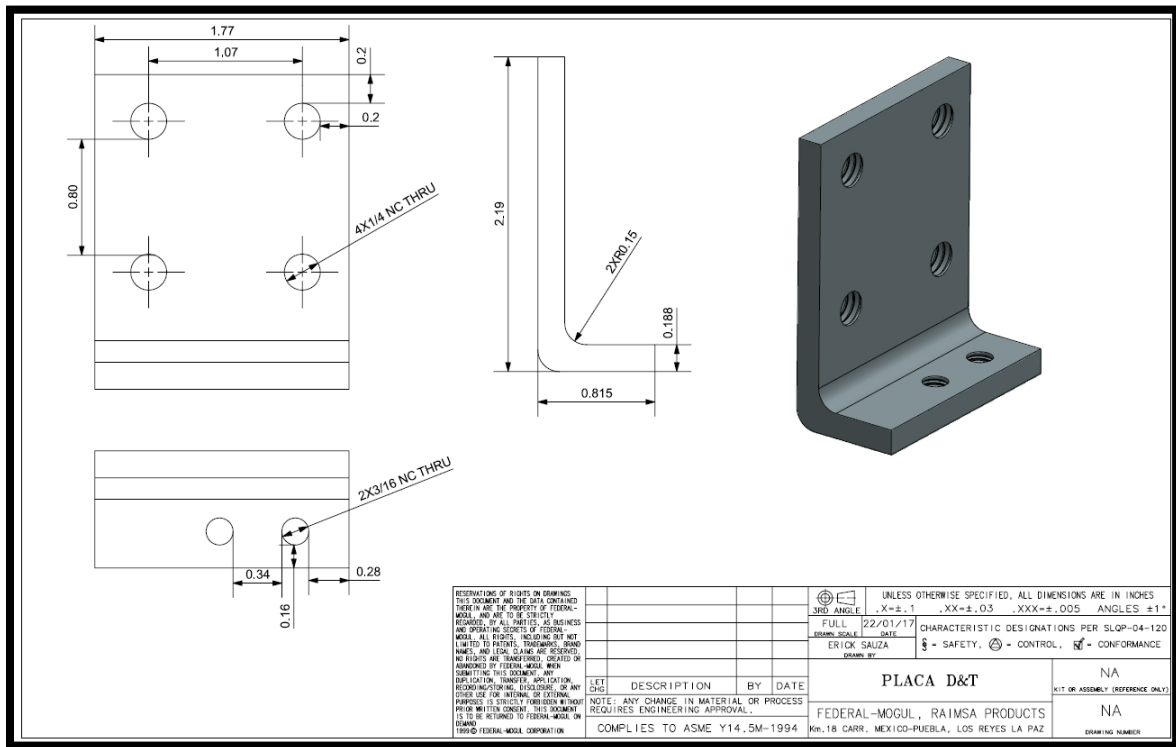


Figura 32: Placa de sujeción de microswitch.

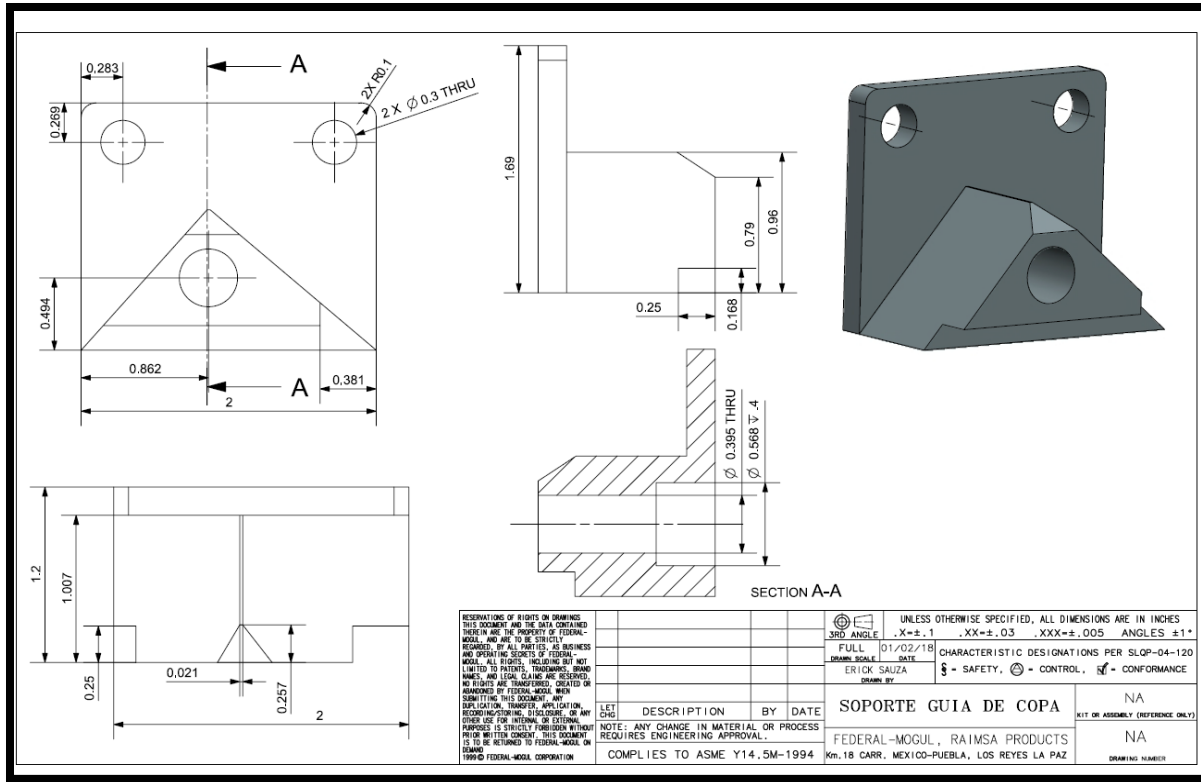


Figura 33: Soporte de guía de copa.

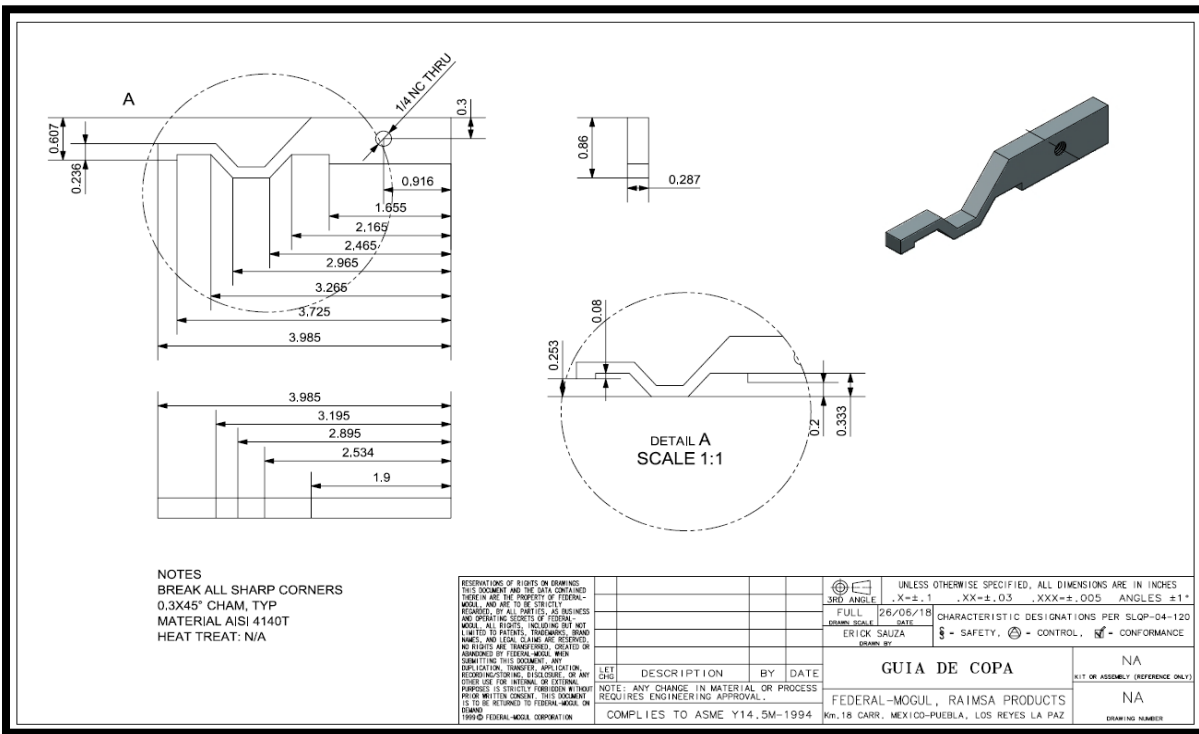


Figura 34: Guía de copa.

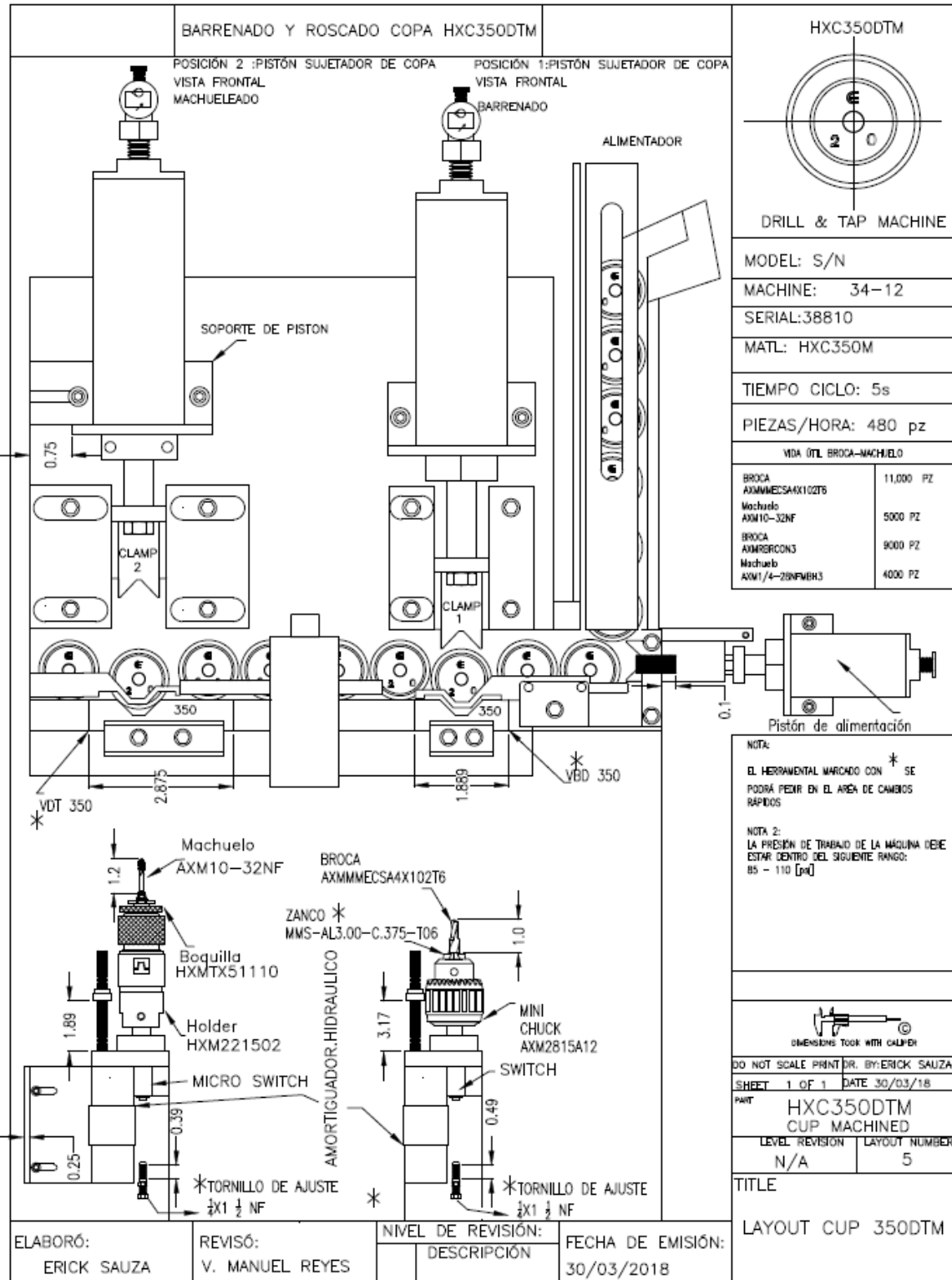


Figura 35: Layout proceso de barrenado y machueado de copa.

# Capítulo 4

## 4 RESULTADOS.

### 4.1 RESULTADO PROBLEMÁTICA 1.

Los resultados obtenidos han sido favorables, a la fecha de hoy no se ha vuelto a reincidir por un mal acabado de la copa y barreno fuera de especificación, el proceso se ha comportado de manera estable respetando la especificación de concentricidad de barreno de 0.020", además se logró manufacturar las piezas con una concentricidad de máximo 0.006" de desplazamiento del centro, lo cual queda un muy por debajo del límite máximo de la especificación 0.020". La Figura 36 muestra la habilidad del proceso a la fecha de enero 2018.

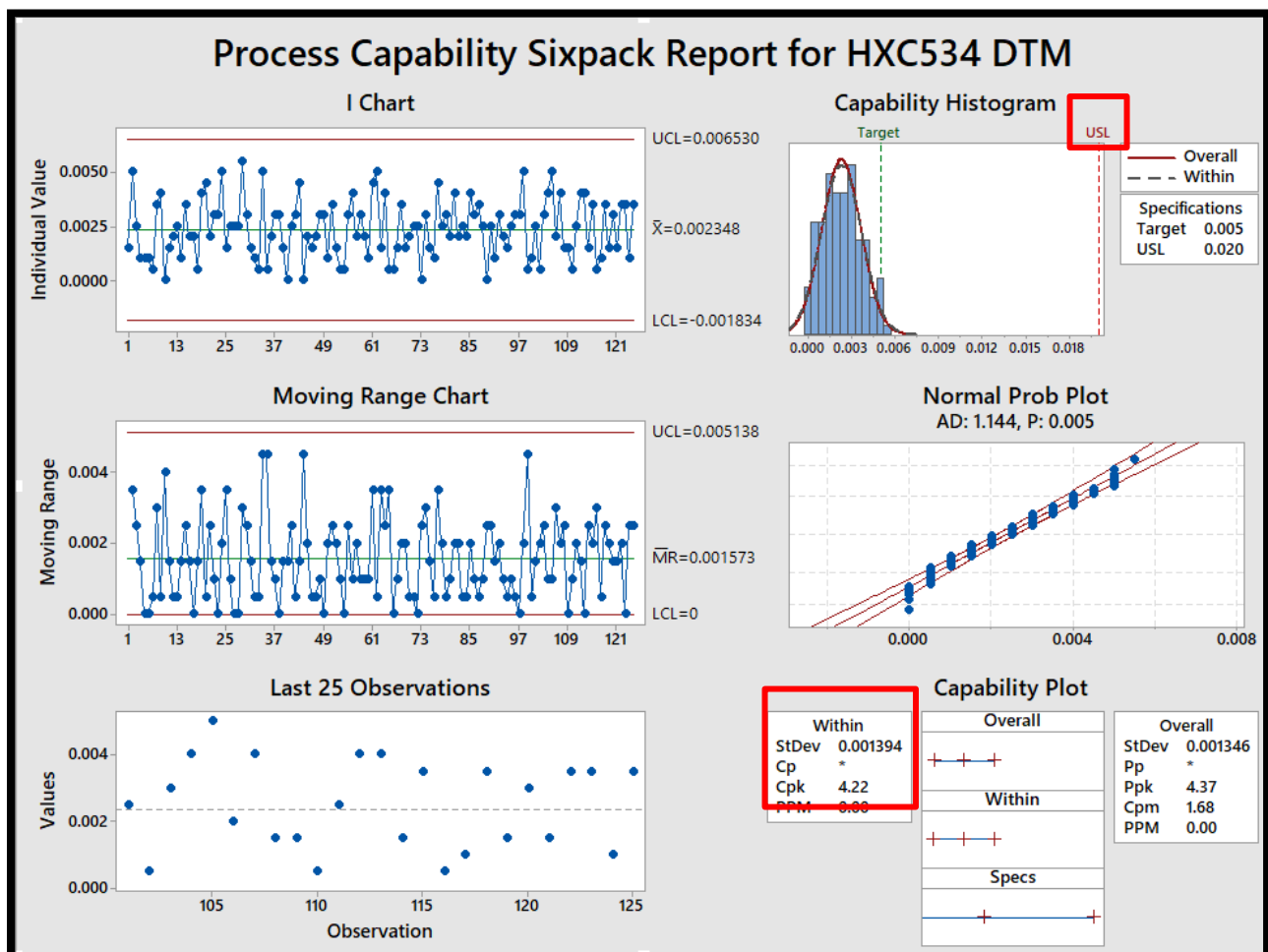


Figura 36: Estudio de habilidad después de mejoras implementadas.

La Figura 37 muestra de lado izquierdo las actividades que se realizaron para resolver la problemática 1 y de lado derecho el beneficio que se obtuvo de cada una de ellas.

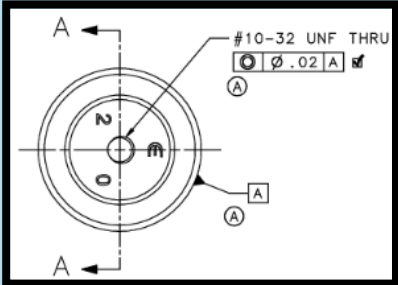
ACTIVIDAD	BENEFICIO
<p>Realicé la estandarización de los V-blocks. De igual manera, solicité la fabricación de todos los V-blocks necesarios para el proceso. Resguardé todos los planos en una carpeta con su respectivo índice para cada número de parte y establecí una actividad previa con el departamento de calidad para validar que cada V-block contara con las dimensiones correctas al momento de la entrega por parte del proveedor externo y con ello poder liberar para su uso en producción.</p>	<p>Fácil localización de herramientas para cambio de un número de parte a otro (Set-up).</p> <p>Garantizar el cumplimiento de la especificación</p> 
<p>Rediseñé, monté y emití los planos de piezas clave de la máquina para el centrado de barrenado y machueado.</p>	<p>Contribuir a controlar y cumplir con la especificación de concentricidad de 0.020”.</p>
<p>Logré elevar el índice de habilidad de la máquina Cpk a más de 1.33.</p>	<p>Pasar de 10734 piezas defectuosas por millón de piezas producidas (PPM) a 3.4 piezas defectuosas por millón.</p>

Figura 37: Actividades vs beneficios problemática 1.



## 4.2 RESULTADOS PROBLEMÁTICA 2.

La Figura 38 muestra de lado izquierdo las actividades que se realizaron para resolver la problemática 2 y de lado derecho el beneficio que se obtuvo de cada una de ellas.

ACTIVIDAD	BENEFICIO
Aplicación de la técnica de 5 Porqués para la resolución de problemas	Resolución mediante una herramienta de manufactura esbelta acerca de un problema de interés con un equipo multidisciplinario, durante un corto periodo.
Propuesta de actividades correctivas	Corregir las fallas en el proceso para un correcto funcionamiento y prevenir futuras fallas.
Estandarización de herramientas, generación del layout, documentación de hoja de Set-up y hoja de operación de la máquina, fabricación de guardas de protección	<p>Realizar cambio de herramientas de manera más eficiente.</p> <p>Crear instrucciones claras para que cualquier operador pueda trabajar en la máquina sin necesidad de ser experto en el proceso y máquina.</p> <p>Explotar al máximo la producción para este proceso.</p> <p>Evitar contaminación de material y ayudar al KPI 5'S (Referido a limpieza).</p>

Figura 38: Actividades vs beneficio problemática 2

Finalmente, en la Figura 39 se puede observar el proceso antes de las mejoras, el número 1 indica el tornillo actuador del microswitch, el 2 indica las tuercas de apriete y la placa donde se empotra el microswitch, el 3 muestra los amortiguadores hidráulicos del barrenado y machueado, el 4 el soporte para pistón, v-block y pieza de sujeción de copa finalmente, en el 5 fue una implementación, es decir, no existía la rampa y el contenedor colocado al final del proceso para la inspección de copas. Las piezas que fueron rediseñadas y los cambios que se realizaron se encuentran señaladas mediante flechas en la Figura 40 y Figura 41 siguiendo el orden de la figura Figura 39. Por otro lado, cabe mencionar que en la Figura 41 se agrega el punto 6 el cual muestra la implementación de guardas para el alimentador de copas.

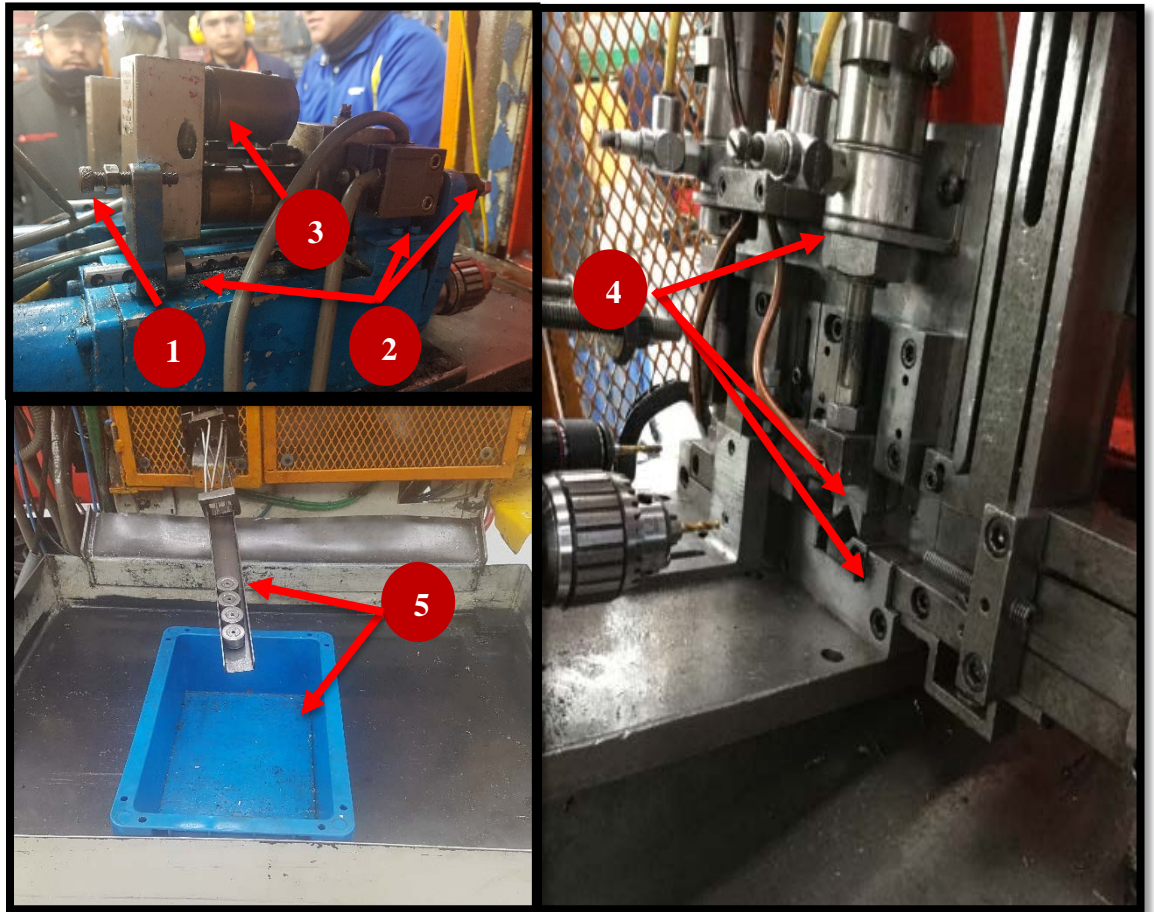


Figura 39: Proceso antes de las mejoras.

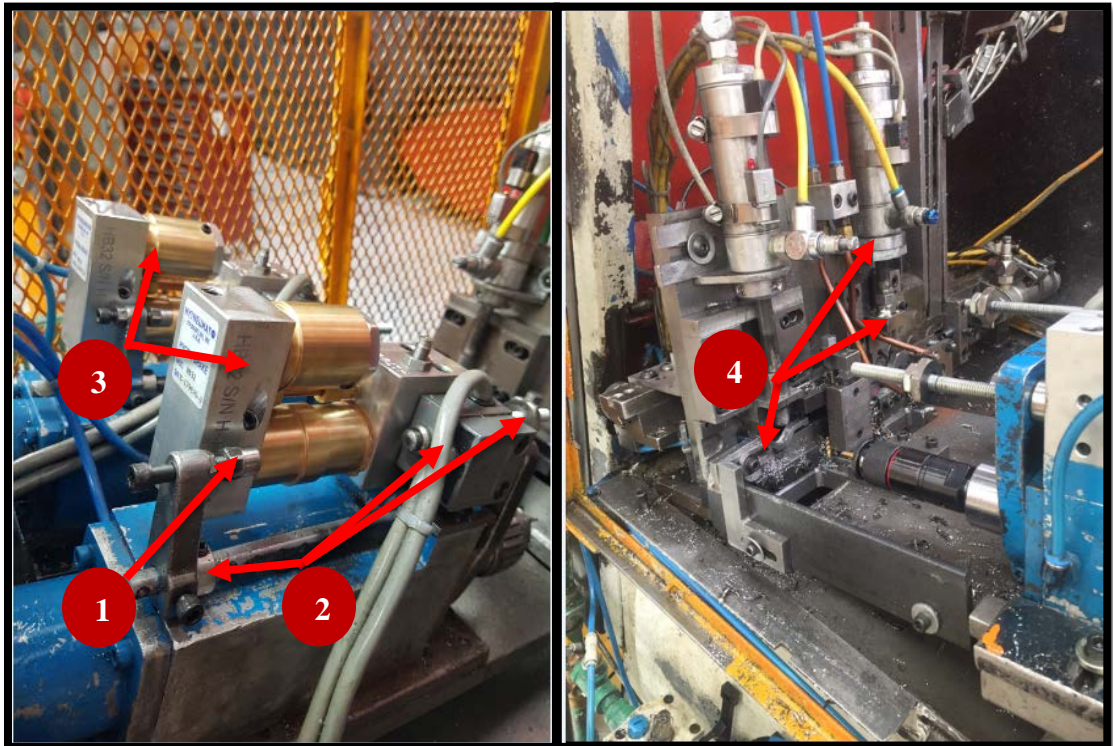


Figura 40: Después de las mejoras.

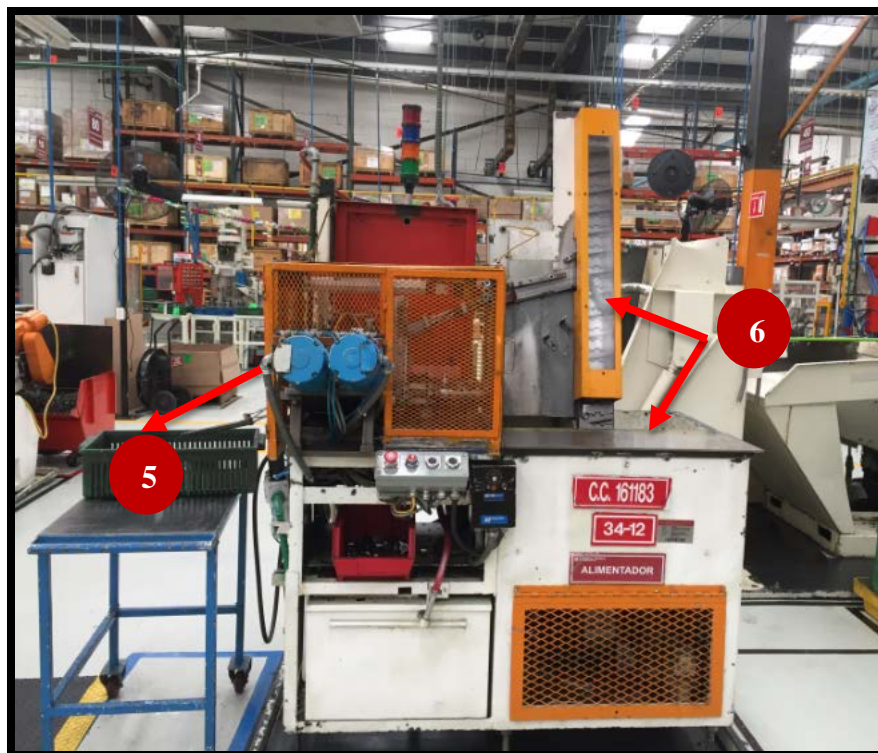


Figura 41: Después de las mejoras.

**CONCLUSIONES.**

De acuerdo con los objetivos planteados se logró cumplirlos de manera satisfactoria, incluso para el caso de la mejora sobre el índice de habilidad Cpk fue mejor de lo esperado. Inicialmente se buscaba elevar el Cpk a al menos 1.33 y se logró elevarlo a 4.22, esto repercutió de manera significativa en el porcentaje de scrap (material fuera de especificación). Además, de acuerdo con este índice por cada millón de piezas producidas tan solo se iban a tener 3.4 piezas defectuosas (ver Figura 18). Por otro lado, se logró estandarizar el herramental necesario para la operación de barrenado y machueado, sumando el rediseño de piezas desgastadas colaboraron a realizar un proceso más flexible, lo que conlleva a la óptima explotación del proceso.

El desarrollarse en un área de manufactura de procesos implica conocer de diferentes áreas de la ingeniería, mecánica, industrial, mecatrónica. Para dar solución a la problemática 1 fue indispensable tener conocimiento de dibujo técnico además de saber plasmarlo dentro del software de AutoCAD, adicionalmente fue útil contar con conocimientos de materiales específicamente aceros y algunos de los tratamientos térmicos que reciben para mejorar sus propiedades mecánicas. Por otro lado, para resolver la problemática 2 fue necesario adentrarme en la técnica del 5 porqué, esta técnica resultó muy útil para la resolución de este problema, aprendí que si las acciones correctivas son efectivas es sencillo solucionar problemáticas emergentes de los procesos y dar soluciones rápidas para no detener la producción. Otro punto importante es la estandarización de los procesos, pude observar que el simple hecho de tener estandarizado el herramental del proceso puede obtener muchos beneficios lo que lo hace flexible.

Finalmente, fue una experiencia de aprendizaje interactuar con personas de distintas áreas y diferentes cargos dentro de la empresa, el tener conocimiento teórico juega un papel importante en la industria sin embargo, aprendí que mucho del conocimiento práctico lo tienen los operadores y el saber relacionarse con ellos es de mucha ayuda a la hora de resolver un problema, es decir, las habilidades interpersonales siempre serán valoradas en la industria y el saber desenvolverse dentro de un ambiente industrial es siempre una ventaja.

Este proyecto fue de bastante aprendizaje para mí tanto en el aspecto técnico como personal, no solo reforcé y pude aplicar materias como; ingeniería de manufactura, diseño y manufactura asistidos por computadora, automatización industrial, ingeniería de materiales, dibujo mecánico e industrial, electrónica y diseño mecatrónico sino que también pude conocer adquirir conocimientos de la ingeniería industrial indispensable para el sector metalmeccánico como calidad, estadística aplicada a los procesos, herramientas de lean manufacturing entre otras. Fue muy redituable desenvolverse en la industria, conocer gente con diferentes puntos de vista y entenderlos, manejar problemáticas y poder dar una buena solución de manera rápida y concreta.

## 5 REFERENCIAS

- [1] F. MOGUL, «Hourly employee handbook,» United States, 2013.
- [2] F. MOGUL, (2017,05,05) «Trayectoria de expertos 60 años , Raimsa». [En línea]. Available: <http://www.federalmogulmexico.com/blog/2017/05/05/trayectoria-expertos-60-anos-los-reyes-raimsa/>
- [3] A. Suñé, F.Gil and I. Arcusa, Manual práctico de diseño de sistemas productivos, Madrid: diaz de santos, 2004, p.79.
- [4] F. MOGUL, (2017,28,25) «Crucetas componente importante». [En línea]. Available: <http://www.federalmogulmexico.com/blog/2017/08/25/crucetas-componente-importante-vehiculo/>.
- [5] W.H. CROUSE, Mecánica del automóvil, 3rd ed. Barcelona: Boixareu editores, 1993,p. 727