



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Ingeniería Metalúrgica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Córdoba.

Proyecto Final

Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero

fundido D2

AIMARETTO, Pedro A. y CATIVELLI, Matías

Julio - 2022.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Ingeniería Metalúrgica

Copyright © 2022 por los Estudiantes Aimaretto Pedro, Cativelli Matías. Todos los derechos reservados.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Ingeniería Metalúrgica

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a nuestros profesores y compañeros, que con la misma convicción y pasión que nosotros por la metalúrgica han logrado innovar y triunfar en las distintas áreas de la industria en las que han incursionado.



Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias, amigos, novias y todas aquellas personas que nos ayudaron a llegar a este lugar, soportando al igual que nosotros el gran sacrificio de no poder compartir con ellos lo más preciado que tenemos: el tiempo.



Abstract

En este trabajo se le dará tratamiento a la problemática constante de las empresas nacionales fabricantes de matrices para lograr la reducción de costos y tiempos, y de esa manera ganar competitividad frente a sus pares asiáticos quienes continúan aumentando su cuota de participación en el mercado argentino. Para ello, se llevará a cabo el análisis de las 7 pérdidas de la manufactura según el Lean Manufacturing haciendo foco en el proceso de fabricación de los detalles fundidos en acero D2, que poseen el mayor costo por detalle del total que conforman una matriz de estampado en frío. Luego de identificar las pérdidas principales del proceso, por medio del Ciclo Cap-do (Check, Analyze, Plan, Do) se trabajará sobre cada una de ellas generando un plan de acción y se analizarán los resultados alcanzados.



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
Ingeniería Metalúrgica

Palabras Claves

Punzón – Prensa chapa – Hembra – Acero D2 – GP4M – Detalle – Matricería – Fundición –
Modelo – Siete mudas del Lean Manufacturing – 5W+1H – Espina de pescado



Tabla de Contenidos

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. Consideraciones generales	18
1.2. Objetivo.....	18
1.3. Antecedentes	19
1.4. Justificación.....	21
Capítulo 2 MARCO TEORICO	22
2.1. Estampado de chapa en frio.	22
2.1.1. Herramientas para trabajo en frio.....	22
2.1.2. Embutición	24
2.1.3. Esquema de operación de embutido.....	25
2.1.4. Requerimientos técnicos de un punzón de estampado.....	28
2.2. Fabricación detalles matricería.	29
2.2.1. Fabricación modelo de poliestireno expandido.....	29
2.2.2. Desarrollo del proceso de fundición:	32
2.3. Temple a la llama.	38
2.3.1. Alcance y aplicación	39
2.3.2. Variables y elementos involucrados en el proceso de temple a llama	40
2.3.3. Gases combustibles	41
2.3.4. Posibles fallas del temple a la llama	41
2.4. Acero D2 fundido.....	42



2.4.1. Ventajas y desventajas del acero D2	43
2.4.2. Aplicaciones acero D2	44
2.5. Las siete perdidas de la industria según el Lean Manufacturing	44
Capítulo 3 PROCESO DE MANUFACTURA DE UN DETALLE FUNDIDO.....	54
3.1. Direccionador	54
3.2 Flujoograma	56
Capítulo 4 ANÁLISIS DE PERDIDAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	57
4.1. ESPERA	57
4.1.1. Análisis 5W+1H	58
4.1.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)	58
4.1.3. Análisis de los cinco por qué.....	59
4.1.4. Objetivo	60
4.1.5. Plan de Acción Espera.....	60
4.2. TRANSPORTE	63
4.2.1. Análisis 5W+1H	63
4.2.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)	63
4.2.3 Análisis de los cinco por qué.....	64
4.2.4 Objetivo	64
4.2.5 Plan de Acción Transporte	65
4.3 DEFECTOS:.....	66
4.3.1. Defectos de diseño	67



4.3.1.1. Análisis 5W+1H – DISEÑO	67
4.3.1.2. Análisis 4M (Espina de Pescado).....	67
4.3.1.3 Análisis de los cinco por qué	68
4.3.1.4 Objetivo.....	69
4.3.1.5 Plan de acción:	69
4.3.2.1 Análisis 5W+1H – MODELO.....	82
4.3.2.2 Análisis 4M (Espina de Pescado).....	82
4.3.2.3 Análisis de los cinco por qué	83
4.3.2.4 Objetivo.....	84
4.3.3.1 Análisis 5W+1H – FUNDICIÓN.....	96
4.3.3.2. Análisis 4M (Espina de Pescado).....	97
4.3.4.1. Análisis 5W+1H – TRATAMIENTO TÉRMICO	99
4.3.4.2. Análisis 4M (Espina de Pescado).....	99
4.3.4.3. Análisis de los cinco por qué	100
4.3.4.4. Objetivo.....	101
4.3.4.5. Plan de acción:	102
4.4 Macro Planning	114
4.5 KPI.....	115
Capítulo 4 Resultados y discusión.	119
4.1. Espera.....	119
4.2. Transporte	122



4.3. Defectos.....	123
4.3.1. Diseños.....	123
4.3.2. Modelos.....	124
4.3.3. Tratamiento térmico.....	125
4.3. Expansión del proceso.....	127
4.3.1. Futuros Materiales.....	127
Capitulo 5 Conclusión.....	129
Lista de referencias.....	131
Anexo.....	132



Lista de tablas

Tabla 1 Composición química acero D2.....	42
Tabla 2. Análisis 5W+1H: Espera	58
Tabla 3. Verificación espina de pescado: Espera.....	59
Tabla 4. Análisis de los cinco por qué: Espera	59
Tabla 5. Análisis 5W+1H: transporte	63
Tabla 6. Verificación espina de pescado: Transporte	64
Tabla 7. Análisis de los cinco por qué: Transporte.....	64
Tabla 8. Análisis 5W+1H: Diseño	67
Tabla 9. Verificación espina de pescado: Diseño	68
Tabla 10. Análisis de los cinco por qué: Diseño.....	68
Tabla 11. Sobre material recomendado en cada parte de un detalle según su materia prima	76
Tabla 12. Análisis 5W+1H:Modelo	82
Tabla 13. Verificación espina de pescado: Modelo	83
Tabla 14. Analisis de los cinco por qué: Modelo.....	83
Tabla 15. Análisis 5W+1H: Fundición	97
Tabla 16. Verificación espina de pescado: Fundición	97
Tabla 17. Análisis 5W+1H: Tratamiento térmico.....	99
Tabla 18. Verificación espina de pescado: Tratamiento térmico.....	99
Tabla 19. Análisis de los cinco por qué: Tratamiento térmico	100
Tabla 20. Comparativa entra los tiempos de espera iniciales y los logrados.....	120



Tabla 21. Efecto del aumento de puntos de Izaje en la reducción de tiempo de manipuleo. 122

Tabla 22. Cuadro comparativo de costos entre el proceso inicial y el propuesto. 126



Lista de figuras

Figura 1. Costo del acero D2 fundido versus otros materiales	20
Figura 2. Sobrecosto promedio por retrabajo de un detalle de D2	20
Figura 3. Semanas de atraso promedio en la construcción de detalles.	20
Figura 4. Proceso de estampado de una pieza de chapa.	23
Figura 5. Base superior	26
Figura 6. Hembra	26
Figura 7. Punzón	26
Figura 8. Prensa chapa	27
Figura 9. Base inferior	27
Figura 10. Conjunto armado	27
Figura 11. Especificación de materiales para la construcción de matrices.....	28
Figura 12. Robot Mecanizando el bloque de “Telgopor” para obtener el modelo.	30
Figura 13. Modelos de Telgopor terminados.....	31
Figura 14. Hoja de ruta de proceso de fundición	33
Figura 15. Informe sobre sistema de colada	33
Figura 16. Caja de moldeo.....	34
Figura 17. Operario pintando el modelo de Telgopor.....	35
Figura 18. Caja de moldeo colocada alrededor del modelo.....	35
Figura 19. Bombeado de arena y llenado del molde.....	36
Figura 20. Llenado del sobre y colocación de canales de colada	36



Figura 21. Proceso de colada	37
Figura 22. Pieza desmoldada.	38
Figura 23. Rodillo para conformado de tubos	43
Figura 24. Las siete pérdidas según Lean Manufacturingm	45
Figura 25. Flujograma general del proceso de construcción de un detalle de matricería.	56
Figura 26. Análisis espina de Pescado: Espera.....	58
Figura 27. Grafica de la evolución buscada en el tiempo de espera promedio por mes en un detalle.....	60
Figura 28. Software Monday para la gestión y planificación de tareas y recursos.....	61
Figura 29. Diagrama de Gantt generado por el software Monday	62
Figura 30. Análisis espina de Pescado: Transporte	63
Figura 31. Grafica de la evolución buscada en el tiempo de manipulación por semana de un detalle.....	65
Figura 32. Análisis espina de Pescado: Diseño	67
Figura 33. Grafica de la evolución buscada en la reducción de horas de retrabajo por mes.	69
Figura 34. Ejemplo 1 para evitar volúmenes y masas excesivas.	71
Figura 35. Optimización en el entrecruzamiento de los nervios.....	71
Figura 36. Fundición de cilindros.	73
Figura 37. Cambio de sección en un redondo a fundir.	75
Figura 38. Base de matriz con torres esbeltas.....	77
Figura 39. Detalle con geometrías complicadas	78



Figura 40. a) Base sin alero. b) Base con alero superior.....	78
Figura 41. Base con zona de difícil acceso, mal moldeada y en donde aparece arena sinterizada.	79
Figura 42. Prensa chapa con zona de difícil acceso, mal moldeada y con mucha arena sinterizada.	80
Figura 43. Nervio debajo de una zona a templar sobre el cual se coloca la mazarota.....	80
Figura 44. Análisis espina de Pescado: Modelo	83
Figura 45. Grafica con la evolución esperada del promedio de horas de retrabajo por mes.	84
Figura 46. Perno de seguridad descargado.	85
Figura 47. Alojamiento de columnas y bujes descargados.	86
Figura 48. Alojamiento en general descargados.	87
Figura 49. Cambios graduales de sección en el modelo.	87
Figura 50. a) Esquina con ángulo vivo. b) Esquina con radio.....	88
Figura 51. Evitar des concentricidad con a) bujes y noyó b) tubo.....	89
Figura 52. Agregados tacos de nivelación.	89
Figura 53. Zona de colizas.....	90
Figura 54. Identificación de los detalles.	90
Figura 55. Embrides abiertos en el modelo.	91
Figura 56. Oblongos para embridar.	91
Figura 57. Bujes roscados para colocar cáncamos para movimiento.	92
Figura 58. Tacos niveladores para mecanizar.....	92



Figura 59. Bujes para cáncamos para girar el detalle.	93
Figura 60. Agujeros para pasajes de limitadores.	93
Figura 61. Modelo de Base superior con agujeros alineados para conservar concentricidad.....	94
Figura 62. Modelo de Base con entrecruzamiento de nervios optimizado.	95
Figura 63. Modelo de base con pasaje de columna mecanizado.	96
Figura 64. Análisis espina de Pescado: Fundición.....	97
Figura 65. Análisis espina de Pescado: Tratamiento térmico	99
Figura 66. Grafica de la evolución buscada en la reducción de horas de retrabajo por mes.	102
Figura 67. Norma Ford WDX. Dureza vs. Profundidad en endurecimiento superficial.	104
Figura 68. Parámetros del horno de precalentamiento.....	105
Figura 69. Detalle fundido listo para templar luego del precalentamiento.	105
Figura 70. Marcas de lima realizadas para corroborar la dureza.	106
Figura 71. Comienzo del temple a la llama.	107
Figura 72. Prueba de temple a la llama, pero sin aire forzado.....	108
Figura 73. Primera fisura en el detalle	109
Figura 74. Fisuras visibles a simple vista	110
Figura 75. Enfriamiento del punzón con un ventilador.	111
Figura 76. Controlador del horno para el proceso de revenido.....	112
Figura 77. Zonas fisuradas del punzón.	113
Figura 78. Recorrido de temple sobre el punzón.	113
Figura 79. Propuesta de recorrido para mejorar el templado.....	114



Figura 80. Manual de buenas Prácticas: Diseño de detalles fundidos.	124
Figura 81. Manual de buenas prácticas: Modelos de Telgopor.	125
Figura 82. Instructivo de temple a la llama para detalles fundidos en acero D2.	125



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Consideraciones generales

La producción de autopartes hechas a partir de chapa metálica ha ocupado una gran parte de la industria actual, siendo el sector automotriz una de las industrias que han apuntalado su crecimiento durante muchos años en el mejoramiento de los procesos de conformado de chapa metálica.

El dominio de los diferentes procesos de conformado ha permitido que se puedan obtener partes con mayor resistencia, disminuyendo la cantidad de material, pero al mismo tiempo se ha incrementado la complejidad de estas y la necesidad de que la repetitividad, velocidad de producción y confianza de los procesos aumenten, haciendo así que los costos de las matrices y herramientas utilizados para la fabricación de las partes se incrementen considerablemente.

1.2. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es diseñar un método para la construcción de detalles fundidos de matricería en acero D2 (DIN 1.2382) que permita la reducción de costos asociados a tres de los siete tipos de pérdidas industriales: espera, defectos y transporte. De esta manera, se presentará la posibilidad de reducir el precio del producto final y así lograr mayor competitividad frente a los competidores asiáticos que año a año amplían su cobertura del mercado nacional argentino.



1.3. Antecedentes

Un recurrente problema que agobia a los fabricantes de matrices es la construcción de detalles fundidos de acero D2. Tanto es así que, hasta la Matricería más grande del país, siendo la principal consumidora de esta materia prima, no ha encontrado aún una solución satisfactoria para el problema.

Según la experiencia y los datos que se recopilaron al entrar en contacto con esta compañía, los costos de un solo detalle fundido en acero D2 puede llegar a significar el 10% del valor total del producto final. Parte de esto se debe a que este acero aleado posee un valor por kilo que triplica al de una fundición nodular. Además, debido a las falencias del proceso, la dificultad para trabajar con este tipo de acero y las horas no previstas por retrabajo hace posible que un detalle fundido duplique su costo previsto de fabricación.

A continuación, se exponen tres gráficos donde podremos apreciar:

1. El costo del acero D2 fundido versus otros materiales.
2. El sobre costo promedio por retrabajo de un detalle de D2
3. Las semanas de atraso promedio en la construcción de detalles en los últimos 10 años.



Figura 1. Costo del acero D2 fundido versus otros materiales

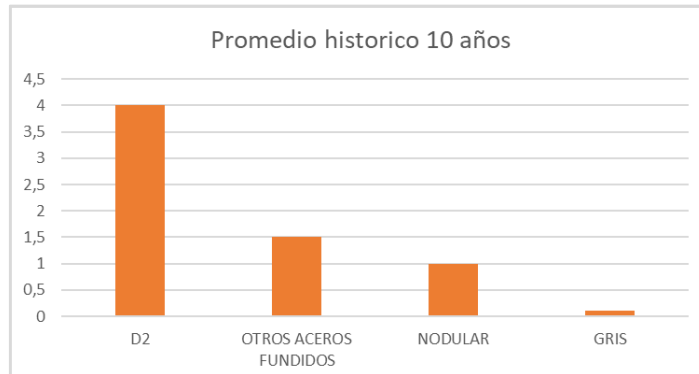


Figura 2. Sobrecosto promedio por retrabajo de un detalle de D2

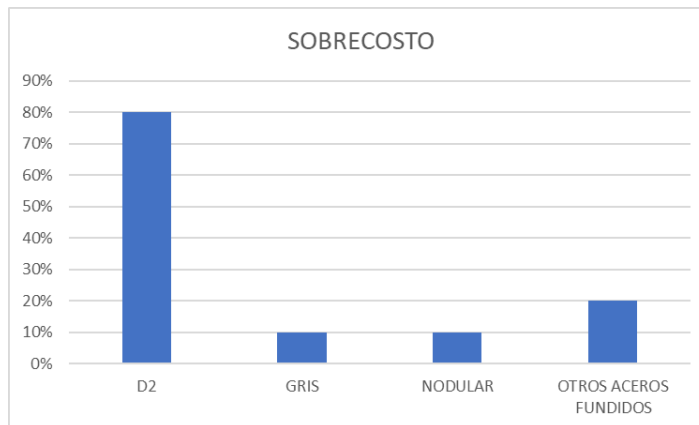
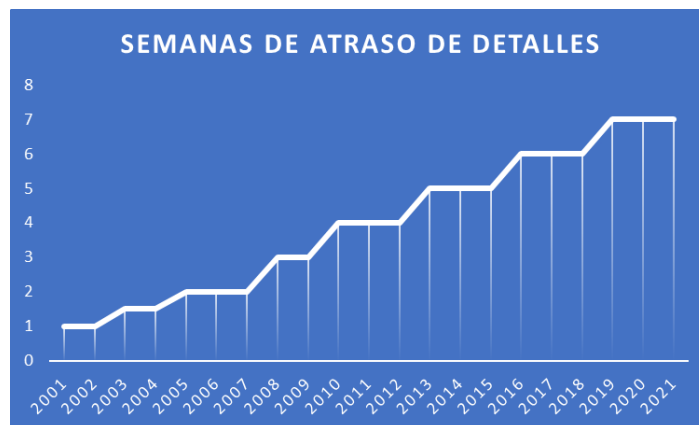


Figura 3. Semanas de atraso promedio en la construcción de detalles.



Fuente: Elaboración propia



1.4. Justificación

El diseño de un método para la fabricación de detalles fundidos de acero D2, en matricería de piezas de chapas de alta resistencia y gran espesor, va a permitir la reducción tanto en costos como en tiempos del proyecto. En consecuencia, nuestro objetivo con este método es lograr un ahorro en costos de hasta el 15% y reducir las semanas de atraso del proyecto a no más de una.

Por otra parte, este método servirá a la empresa como punta pie inicial para poder comenzar a trabajar con un mayor abanico de aceros fundidos y así, aumentar su cuota de participación en un mercado más amplio y especializado, como lo es el de las partes estampadas en HSS (High-Strength Steel) y AHSS (Advance High-Strength Steel)

La factibilidad de la aplicación de dicho método será plausible dado que las actividades necesarias para ponerlo en funcionamiento tales como, planes de acción, capacitaciones, estudios y análisis de materiales, entre otros; significan una baja inversión, pero una gran ganancia.



Capítulo 2

MARCO TEORICO

2.1. Estampado de chapa en frío.

Existen tres procesos básicos que nos ayudarán a dar casi cualquier forma que nos imaginemos a una lámina de acero que son el corte y punzonado, el pestañado y el estampado. (Gutter, 1977)

2.1.1. Herramientas para trabajo en frío

Las herramientas de trabajo en frío se pueden clasificar dependiendo de la clase de operación que van a efectuar, en este trabajo tomaremos la siguiente clasificación acorde a la denominación utilizada en la industria argentina:

- Herramientas para cortar
- Herramientas para pestañar y dar forma
- Herramientas de embutir

Además, existen herramientas que combinan varias operaciones a la vez, esto en muchos casos permite realizar varias operaciones al mismo tiempo y obtener piezas totalmente terminadas de un solo herramental.

Existen algunas consideraciones respecto a la calidad de los aceros que se utilizan para la construcción de las matrices, los aceros seleccionados dependen de la operación que van a realizar, de la calidad de la lámina con la cual van a interactuar y de la vida útil esperada del herramental, pero independiente de estos factores los aceros utilizados para



la fabricación de matrices se los denomina aceros grado herramienta. Las características que deben reunir los aceros grado herramienta son:

- Deben ser indeformables, incluso al estar expuestos a tratamientos térmicos como el temple.
- Deben tener estabilidad dimensional.
- Alta dureza, en general alrededor de los 57 a 64 HRC. (Con T.T.)
- Deben ser resistentes al desgaste y al impacto.
- Resistencia aceptable a la corrosión para evitar excesivo mantenimiento.
- Deben ser fáciles de mecanizar.

Como se puede ver las características requeridas de un acero grado herramienta son difíciles de conseguir en un acero común, por este motivo este tipo de aceros son aleados especialmente, los elementos aleación son los que brindan al acero grado herramienta las propiedades descritas que son necesarias para que soporten durante su trabajo. (Suchy, 1998)

Figura 4. Proceso de estampado de una pieza de chapa.



Fuente: Elaboración propia.



2.1.2. Embutición

La embutición es un proceso tecnológico que consiste en dar forma a una lámina metálica en superficie no desarrollable, normalmente se obtienen piezas huecas que tienen una profundidad de al menos cinco veces el espesor de la chapa. El proceso de embutido proviene del verbo embutir que significa llenar un recipiente hueco con un material determinado, si bien este concepto no describe el proceso de embutición de chapa metálica tiene una similitud ya que para poder dar forma a la lámina debemos tener una matriz hueca con la forma que deseamos dar a la chapa metálica, y el punzón es el encargado de introducir la lámina en la matriz, pero no con la finalidad de llenarla de material sino de darle forma.

En el proceso de embutido se pueden obtener las más diversas formas, como en todas las operaciones de dar forma teóricamente no se debe modificar el espesor de la chapa, por lo que se deduce que la superficie de la pieza producida debe ser teóricamente equivalente a la superficie de la chapa plana empleada. Esto en la práctica no se da, ya que siempre vamos a tener estiramientos de material, lo que ocasiona que el espesor de la chapa se vea comprometido, y al no tener un control sobre este pueden surgir las grietas o roturas de material.

Durante el proceso de embutición la lámina se ve expuesta a fuerzas de estiramiento y compresión dependiendo del sitio donde estén las fibras, por ejemplo la zona de ataque del punzón está expuesta a estiramiento, mientras que el material que se encuentra en los



bordes de ingreso de la matriz está expuesto a compresión, esta compresión ocasiona la formación de pliegues en la superficie de la lámina, esto se da sobre todo en chapas de espesor delgado o embuticiones complejas, para poder evitar la aparición de estos pliegues es necesario incorporar en la herramienta un pisador; la función del pisador es el mantener a la lámina estirada durante todo el proceso. Es evidente que el material al estar sujetado y ser forzado a ingresar en la cavidad matriz por medio de la acción del punzón sufrirá un estiramiento y por ende una disminución de espesor, por lo tanto, si la presión ejercida por el sujetador aumenta el estiramiento de la lámina va a aumentar haciendo que las fibras de material se alarguen disminuyendo el espesor. Hay que tener en cuenta que por sujeción no se debe entender como una sujeción totalmente restrictiva, sino de una adherencia de la lámina al pisador que permita un deslizamiento en el sentido radial que no permita la formación de pliegues. (Rossi, 1979)

2.1.3. Esquema de operación de embutido.

Una operación de embutido o “formar” (como se dice en la jerga), es la primera operación por la cual se transforma la chapa plana en una geometría volumétrica con la forma de la pieza. El producto obtenido se denomina en la jerga “tacho”, el cual será procesado por las siguientes operaciones de corte, calibrado y punzonado hasta obtener como resultado el producto final. Los componentes de una matriz de embutido son los siguientes:



Figura 5. Base superior

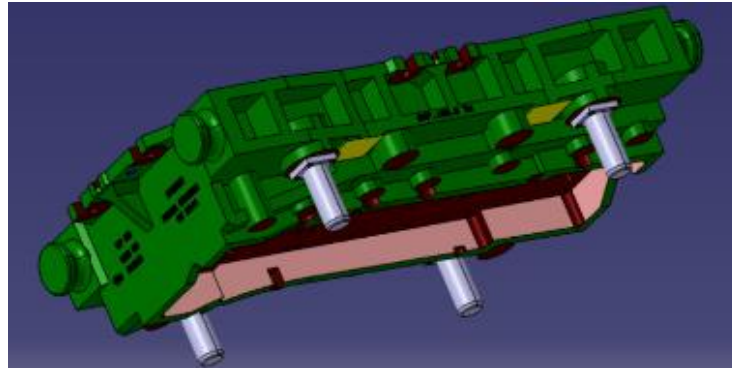


Figura 6. Hembra

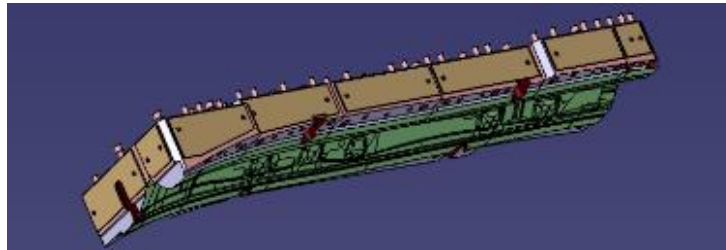
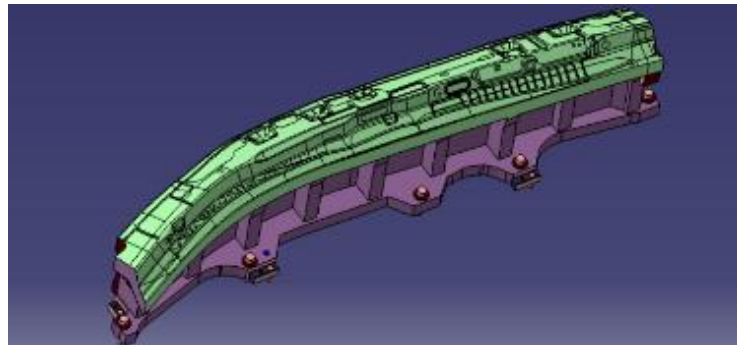


Figura 7. Punzón



Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Prensa chapa

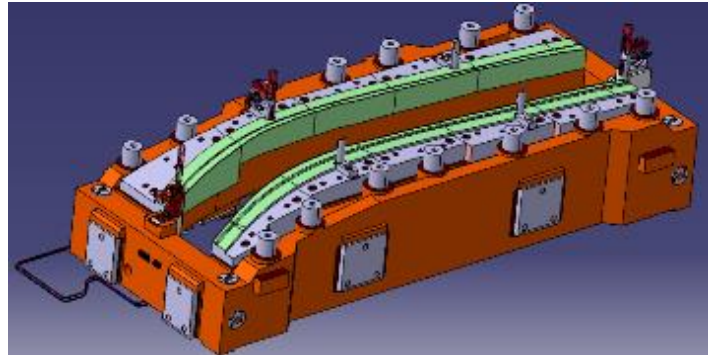


Figura 9. Base inferior

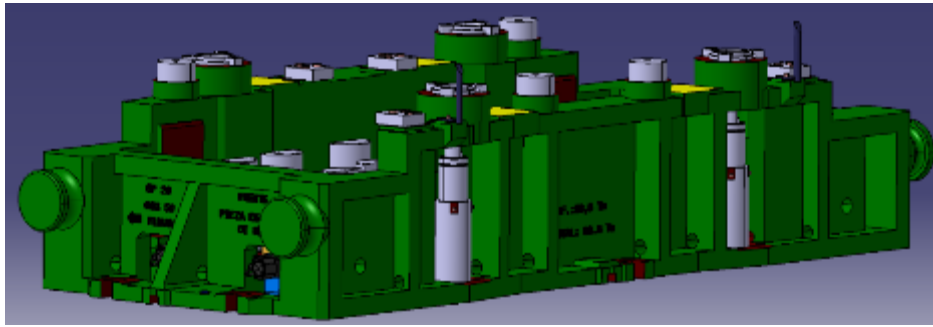
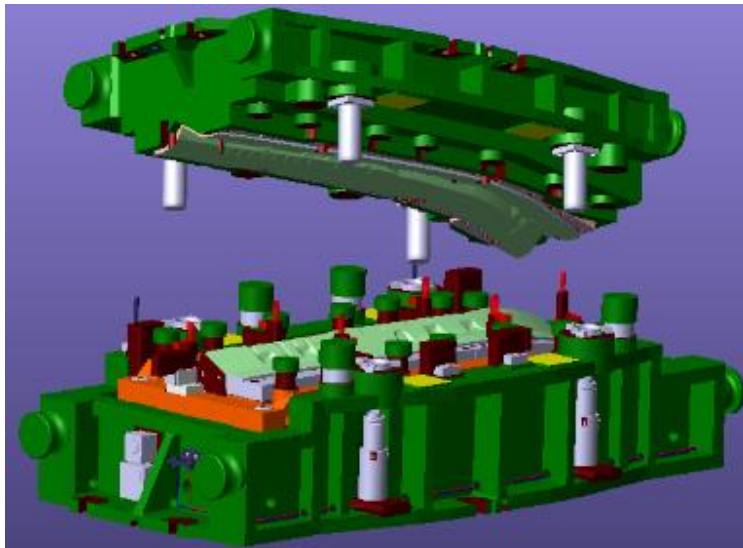


Figura 10. Conjunto armado



Fuente: Elaboración propia.

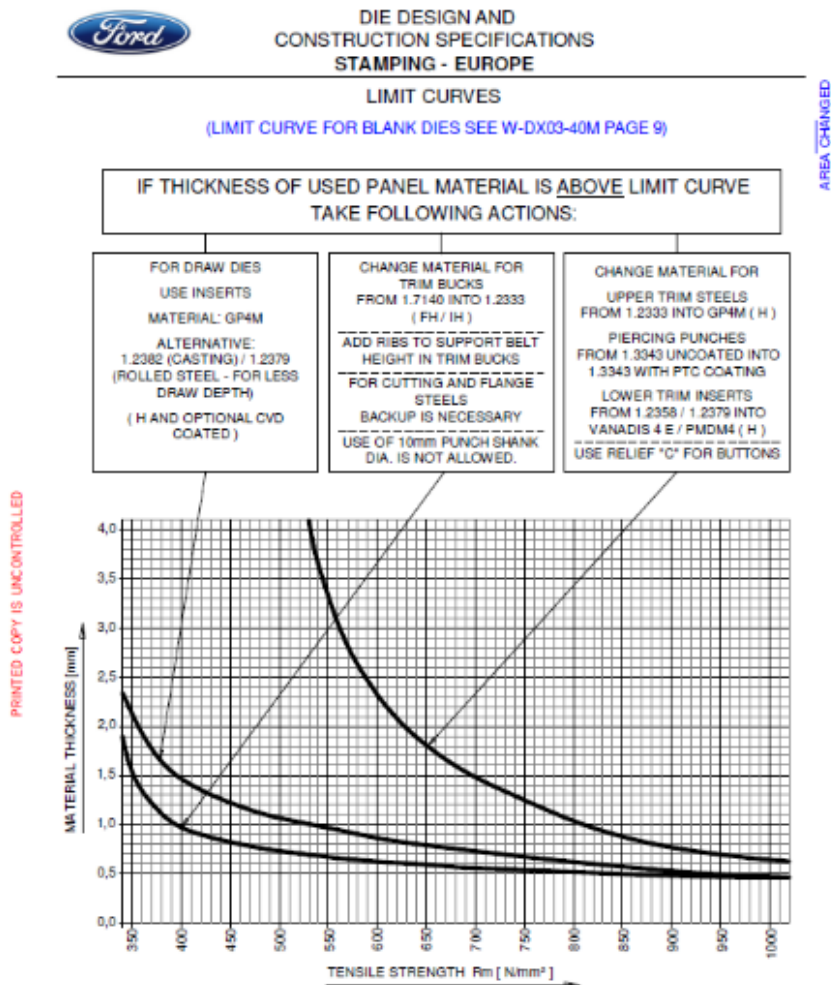


2.1.4. Requerimientos técnicos de un punzón de estampado

Generalmente el cliente posee una norma de referencia en donde se indica el material a utilizar y la necesidad de aplicarle un tratamiento superficial o no, según el nivel de producción, la dureza y el espesor de la pieza a estampar.

A continuación, modo de ejemplo se presenta un extracto de la norma FORD:

Figura 11. Especificación de materiales para la construcción de matrices



Fuente: Norma Ford WDX STAMPING - GLOBAL



2.2. Fabricación detalles matricería.

Una matricería es una fábrica de juegos de herramientas denominados matrices. Estas se utilizan para la transformación en frío de chapas metálicas en piezas con dimensiones y geometría únicas, por lo tanto, cada juego de matrices es único para cada pieza. De la misma manera, los moldes de fundición que se utilizan para construir los distintos componentes de las matrices solo sirven para ese determinado detalle. Por este motivo, el fundidor no puede desarrollar un proceso seriado, ni tampoco posee moldes metálicos para fabricar los detalles de matricería.

El proceso de fundición utilizado requiere de un modelo de poliestireno de baja gasificación expandido que se coloca en un molde desechable de arena. Este molde es una caja que se la llena con arena para que tome la forma del modelo y luego se hace la colada la cual produce la evaporación del modelo poliestireno, dejando que el metal ocupe su lugar para formar la pieza deseada.

2.2.1. Fabricación modelo de poliestireno expandido

Para la fabricación del modelo del componente que se va a fundir, es necesario partir del diseño en 3D del mismo, el cual generalmente, lo elabora el área de ingeniería y diseño de la empresa por medio de un software de CAD. Una vez finalizado el diseño y aprobado, se envía el archivo al diseñador de modelos que deberá a su vez revisarlo y generar un nuevo diseño en CAD donde este contemplado el sobre material y todas las dimensiones y geometrías que por requerimientos típicos del proceso de fundición no pueden ser iguales a las del componente final. Ejemplos de esto son las zonas que



posteriormente deben mecanizarse, rectificarse, aquellas que van a sufrir esfuerzos de contracción y las que son propensas a producir defectos típicos del proceso de fundición como rechupes, pliegues, etc.

El modelo se fabrica mediante un robot de copiado de seis ejes, que abarca un espacio de trabajo esférico de más de seis metros de diámetro, el cual resulta ideal para mecanizar grandes superficies con tolerancias muy bajas. Este robot trabaja por medio de un software de CAM el cual debe programarse una vez que esté listo el diseño 3D del modelo.

Figura 12. Robot Mecanizando el bloque de "Telgopor" para obtener el modelo.



Fuente: Elaboración propia

El poliestireno expandido que se utiliza para realizar el modelo es de 25 Kg/m^3 , además el modelo se fabrica en láminas de 200mm de alto que se pegan entre sí.



Una vez finalizado el mecanizado del modelo, se le realiza un proceso de terminación superficial, lijándolo a mano. A pesar de ser muy buena, la terminación superficial que deja el robot no es la requerida para un modelo de fundición.

Teniendo finalizado el modelo, con la terminación superficial requerida, un técnico especializado debe realizar la llamada “Liberación de Modelo”, es decir un control exhaustivo del modelo, basándose en un Check List que contiene todas las cosas a revisar del mismo. En caso de que deba realizarse una modificación del modelo, se lo analiza junto con el área de Ingeniería, se encuentra la mejor solución y se procede a cambiar lo que haga falta. En cambio, si el modelo queda liberado, está listo para ser enviado al fundidor a través de un camión el cual lleva el modelo desde Córdoba a Buenos Aires.

Figura 13. Modelos de Telgopor terminados.



Fuente: Elaboración propia



2.2.2. Desarrollo del proceso de fundición:

Una vez que el modelo terminado y el diseño en 3D llegan a manos de la empresa que realiza la fundición, comienza la etapa de revisión realizada por su área de diseño e ingeniería. Si el modelo no necesita modificaciones se procede a la etapa de diseño y desarrollo del proceso de fundición.

Luego de seleccionar el proceso a seguir, el siguiente paso es completar la Hoja de Procesos. La cual indica información general de la pieza, el número de Orden de Trabajo interna del fundidor, material a fundir, color, peso teórico, entre otras cosas. También provee información general de los elementos a utilizarse para moldear y fundir la pieza, y se genera un anexo con la información detallada a tener en cuenta para el moldeo y posterior colada. Por ejemplo: zonas donde el moldeo requiera de arena de cromita, tapado de zonas, ganchos, refuerzo, selección y preparación de caja de moldeo, entre otras particularidades.

Una vez terminada la confección de la Hoja de Procesos se carga en el sistema con un código de barras y cada área involucrada realiza la preparación necesaria que le corresponde. Una vez completado la preparación se define el moldeo, donde las áreas de modelo, moldeo, ingeniería y supervisión general participan activamente durante el proceso.



Figura 14. Hoja de ruta de proceso de fundición

The form contains the following sections:

- ENCABECER:** FSC A.A., HOJA DE RUTA - PROCESO - PRODUCTO, CLIENTE: PRODISO, PIEZA N°: 149351.
- DESCRIPCIÓN:** Moldeo manual de la pieza.
- ESQUEMA DE LA PIEZA:** Moldeo y cerrado.
- ESPECIFICACIONES:** Material N60, peso bruto 3.700 Kg, peso molde aprox 4.500 Kg.
- 3D MODEL:** A 3D perspective view of the casting part.

Figura 15. Informe sobre sistema de colada

REG 43 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN - MOLDEO MANUAL

CLIENTE: PRODISO
PIEZA: OT 8793 DET 1001
MATERIAL: N60
PESO PIEZA: APROX 3.700 Kg
PESO MOLDE: APROX 4.500 Kg

PESO BRUTO = 3.700 Kg
PESO MOLDEO = 4.500 Kg
TEMP COLADO: 1310-1340°C

ESQUEMA DE PIEZA Y SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

ESPECIFICACIONES DE ALIMENTACIÓN:

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	ÁREA DE CONTROL	ATAQUES MEDIDA Y CANTIDAD	MEDIDA CANAL BAJO SOBRES	Ø BEBEDERO	BAJAS Nº
CUCH 1	3100	5600 20x20x14	50x70	80	4
CUCH 2	1600	2800 20x20x7	50x70	65	3

RESUMEN DE MATERIALES:

PESO DE PIEZA (Kg)	TEMPERATURA (°C)	TIPO DE PIEZA	ÁREA DE CONTROL (cm²)	CANTIDAD DE ATAQUES	PESO DE CANAL (Kg)	PESO DE SOBRES (Kg)	PESO DE BEBEDEROS (Kg)	PESO DE BAJAS (Kg)
300 - 1000	1200	MP 1	400 x 700	20x20 x 1 x 2	800 x 1000	2500 x 2500	1000	40
1000 - 2000	1300	MP 2	700 x 1200	20x20 x 2 x 2	1200 x 1200	2500 x 2500	1500	45
2000 - 3000	1400	MP 3	1200 x 1500	20x20 x 3 x 4	2000 x 2000	2500 x 2500	2000	50
3000 - 4000	1500	MP 4	1500 x 2000	20x20 x 4 x 4	3000 x 3000	3500 x 3500	2500	60
4000 - 5000	1600	MP 5	2000 x 2500	20x20 x 5 x 5	4000 x 4000	4500 x 4500	3000	70
5000 - 6000	1700	MP 6	2500 x 3000	20x20 x 6 x 6	5000 x 5000	5500 x 5500	3500	80

NOTAS DE MOLDEO: CUBRIR LA ZONA TEMPERABLE CON ENFRIADORES Y MONTANTES.

NOTAS DE COLADO: COLAR SIMULTANEAMENTE.

Fuente: Prodismo SRL



Dependiendo del tamaño de la pieza a fundir va a ser la caja en donde se va a colocar el modelo y todos los adminículos necesarios, para moldear la arena y eventualmente colar la pieza.

Figura 16. Caja de moldeo.



Una vez revisado y aprobado el modelo, habiendo ya confeccionado la *Hoja de Procesos*, elegido la caja de moldeo y colocado los noyós en el lugar correspondiente; se prosigue con la etapa de pintura del modelo, con la pintura que ya fue previamente preparada y se encuentra continuamente agitada. Se le da una primera mano de pintura y se lo seca con aire forzado, en algunos casos con temperatura. De esta misma manera, se repite el proceso hasta cubrir el modelo con tres capas de pintura logrando el espesor deseado en esta capa.

Cabe destacar que la pintura se aplica al modelo mediante un soplete, es por esto que la habilidad y experiencia del operario que aplica la pintura es de suma importancia a la hora de lograr una capa uniforme y sin imperfecciones, como falta de pintura o exceso de la misma.



Figura 17. Operario pintando el modelo de Telgopor



Figura 18. Caja de moldeo colocada alrededor del modelo



Una vez colocado el modelo dentro de la caja de moldeo, empieza el bombeado de arena con una maquina y el correcto apisonado de la mezcla por parte de los operarios; se realiza primero el moldeo de la parte baja del modelo, comúnmente llamado “el bajo”. Los operarios son los encargados de controlar que la mezcla ocupe todos los lugares de forma pareja y compacta, teniendo en cuenta siempre no romper el modelo.



Figura 19. Bombeado de arena y llenado del molde



Al terminar el moldeo del bajo, se prosigue a colocar los canales de colada, los cuales se tapan con arena y se comienza a moldear la parte superior del modelo, llamado normalmente “el sobre”.

Figura 20. Llenado del sobre y colocación de canales de colada

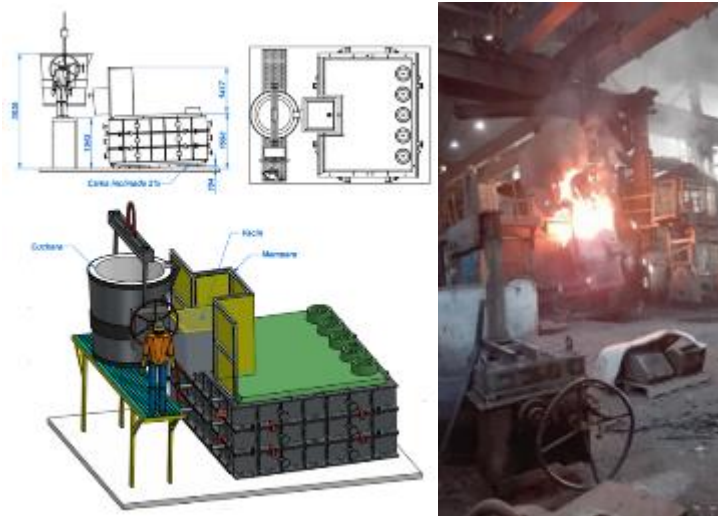




El ingeniero de proceso carga en su Orden de Trabajo el tipo de material, composición química del material y cualquier aclaración u observación que pidiere el cliente, con respecto al material o a la fusión de este.

El proceso de fusión se realiza según la hoja de proceso. En la cual, aparece la composición química del material con todos sus aleantes, como va a ser inoculado el baño, las temperaturas a las que debe llegar el baño ya sean de reacción, de fusión o de colado y también el tiempo estimado y real de la colada.

Figura 21. Proceso de colada



Luego de haber realizado la colada, se dejará enfriar la pieza en la misma caja de moldeo. Dependiendo de la pieza, el material y las dimensiones; va a ser el tiempo que deberá dejársela enfriando, ya que sacarla rápido de la caja a veces podría significar una defectuosa solidificación pudiendo dar dureza no deseada, segregaciones tanto micro como macro, entre otros defectos metalúrgicos.



Figura 22. Pieza desmoldada.



El proceso de desmoldeo, a veces puede llegar a requerir algunos trabajos posteriores, como rebabados o mejoras de la terminación superficial, pero eso dependerá de la pieza y especificaciones del cliente.

2.3. Temple a la llama.

El temple a la llama es un proceso de tratamiento térmico mediante el cual haciendo uso de una fuente de calor intenso, una capa delgada en la superficie de una pieza es calentada rápidamente a una temperatura encima de la crítica superior del acero para obtener una estructura de grano completamente austenítica, posteriormente la pieza se enfría por la acción de un flujo de un medio de enfriamiento que impacta sobre la superficie, transformando la austenita a martensita, mientras que el núcleo de la pieza se mantiene en su condición original. El acero debe ser enfriado rápidamente para evitar que parte de la austenita se transforme en perlita o bainita, logrando bajos valores de dureza en la pieza. Ya que en estado martensítico el acero presenta mayor dureza, ofrece protección al desgaste a la superficie sin afectar el núcleo de la misma. Aun cuando el temple a la llama es usado principalmente para desarrollar altos niveles de dureza y así



aumentar la resistencia al desgaste, también mejora la resistencia a la flexión y a la torsión, y aumenta la vida a la fatiga, satisfaciendo requerimientos ingenieriles estrictos utilizando aceros al carbono. (ASM Handbook, 1991)

2.3.1. Alcance y aplicación

El temple a la llama se aplica a una amplia diversidad de piezas de trabajo y materiales ferrosos por una o más razones. Este proceso se utiliza porque:

- Las piezas son tan grandes que el calentamiento en hornos convencionales y enfriamiento rápido para lograr el temple son impracticables o antieconómicos. Los ejemplos típicos incluyen engranajes grandes, vías de máquinas, matrices y rodillos.
- Solo un pequeño segmento, sección o área de una pieza requiere tratamiento térmico, o porque el tratamiento térmico general sería perjudicial para la función de la pieza.
- La precisión dimensional de una pieza es impracticable o difícil de lograr o controlar mediante el calentamiento en horno y temple. Cuando se utiliza este método para templar piezas de gran tamaño las deformaciones, que se producen son muy pequeñas, porque se calienta sólo una pequeña parte de las piezas, y el resto, que está frío, tiene suficiente resistencia y rigidez para impedir cualquier deformación importante del material.
- El uso de endurecimiento por llama permite fabricar una pieza de un material menos costoso, lo que produce un ahorro de costes global en comparación con



otros métodos técnicamente aceptables. El proceso otorga a los aceros económicos las propiedades de desgaste de los aceros aleados, y las piezas se pueden endurecer sin incrustaciones ni descarburación, lo que elimina las costosas operaciones de limpieza. Por ejemplo, una pieza grande de acero se puede fabricar a un costo menor si se produce a partir de un acero al carbono simple endurecido a la llama en lugar de un acero de aleación de bajo carbono cementado. (ASM Handbook, 1991)

2.3.2. Variables y elementos involucrados en el proceso de temple a llama

En el proceso de temple a la llama existe una serie de variables y elementos que deben de conocerse para obtener resultados satisfactorios cuando se desea endurecer una pieza, dichas variables y elementos determinarán la profundidad de la capa endurecida, así como también la microestructura que se obtiene al realizar el proceso. Dichas variables deben controlarse en forma precisa para obtener resultados uniformes y aceptables para el servicio requerido de una pieza, por esta razón, la habilidad que posea el operario es un factor clave para llevar a cabo un tratamiento térmico adecuado ya que muchas variables de operación involucradas como la distancia de acoplamiento, presión del gas, entre otras pueden ser manejadas basándose en la experiencia y conocimiento del operario.

Las principales variables de operación son:

- a. Tipo de gas combustible a utilizar.
- b. Presión y consumo de gas.



- c. Velocidad de avance de la boquilla
- d. Distancia de acoplamiento.
- e. Velocidad de la flama.
- f. Razón oxígeno-combustible.
- g. Tipo, volumen y ángulo de enfriamiento

2.3.3. Gases combustibles

Al seleccionar un gas combustible para una aplicación dada deben considerarse los factores siguientes: velocidad de calentamiento, costo del gas, costo inicial del equipo y costo de mantenimiento. Los tipos de llamas que se pueden obtener con cada uno de los gases combustibles que se utilizan pueden ser de tres tipos: llamas de tipo carburante, neutras u oxidantes siendo las llamas oxidantes las que utilizan grandes proporciones de oxígeno produciendo temperaturas extremadamente altas causando descarburación y calentamiento en la pieza. Una llama carburante, previene la descarburación y el sobrecalentamiento, pero también puede introducir carbono en la superficie. Para obtener mejores resultados deben utilizarse llamas neutras o escasamente carburantes. (Barreiro, 1949)

2.3.4. Posibles fallas del temple a la llama

- **Baja dureza:** incorrecta potencia de los quemadores, excesivo tiempo entre calentamiento y enfriamiento, baja severidad de temple.



- **Baja profundidad de temple:** poco tiempo de calentamiento, bajo tiempo entre calentamiento y enfriamiento.
- **Alta profundidad de temple:** excesivo tiempo de calentamiento y/o entre calentamiento y temple, poca potencia de los quemadores que aumenta la profundidad a causa de la lentitud de calentamiento.
- **Fisuras de temple:** sobrecalentamiento en la superficie por mala regulación de la potencia, de los quemadores o de la distancia de éstos a la pieza, sobrecalentamiento localizado por excesivo tiempo, elevada severidad de temple para la calidad del acero utilizado.

2.4. Acero D2 fundido

Se trata de un acero para herramientas para trabajo en frío, de alto carbono y cromo.

Normalmente se lo suele utilizar en forma de acero laminado o forjado (1.2379), pero de vez en cuando si se lo necesita también puede utilizarse en piezas fundidas. Esto nos va a dar un acero ledeburítico, es decir, como las fundiciones blancas y al templearlo la austenita se va a pasar parcialmente a martensita.

Tabla 1 Composición química acero D2

c	Mn (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Cr (%)	V (%)	Mo (%)
1.40	0.10	0.030	0.030	0.10	11.00	0.5 –	0.70
– 1.60	– 0.60	Máx	Máx	– 0.60	– 13.00	1.10	– 1.20

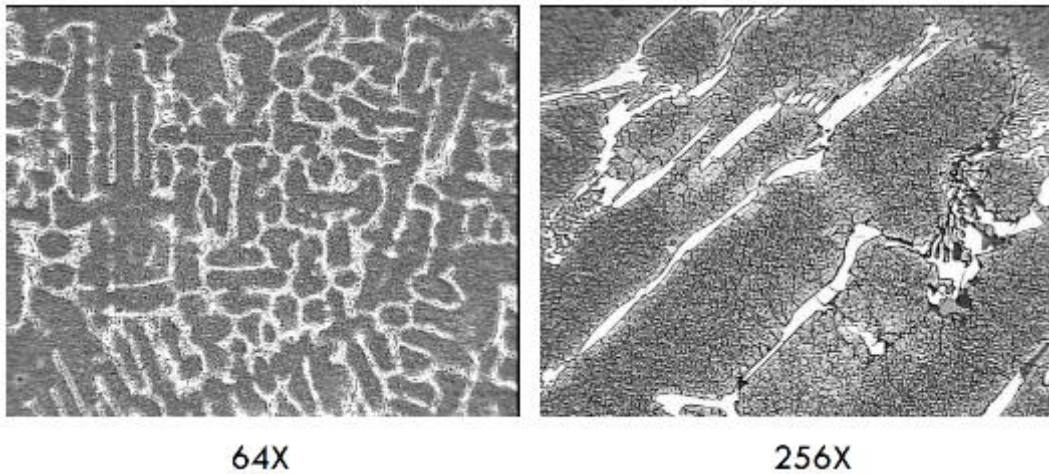
Fuente: ASM – Metal handbook



Estructura Metalográfica

- Martensita de revenido
- Red de carburos

Figura 23. Rodillo para conformado de tubos



2.4.1. Ventajas y desventajas del acero D2

Ventajas:

- Alta resistencia al desgaste
- Alta resistencia a la compresión
- Alta templabilidad
- Buena resistencia al revenido
- Buena estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico

Desventajas:

- Baja tenacidad en comparación con otros aceros, por eso es sensible a la fractura.



- No se pueden fabricar grandes detalles debido a posibilidad de fractura al templar.
- Dificultad al cortar el montante en piezas fundidas.

2.4.2. Aplicaciones acero D2

- Aceros de calibrar
- Aceros de corte
- Moldeado y punzonado
- Matrices de blank y acuñado
- Rodillos de borde
- Trituradora

2.5. Las siete pérdidas de la industria según el Lean Manufacturing

Vamos a analizar los principales factores de rentabilidad en un sistema productivo, concentrados en los 7 MUDA, uno de los conceptos lean más fáciles de trasladar a cualquier tipo de situación y en cualquier tipo de organización, ya sea de fabricación de bienes o de prestación de servicios.

Los MUDA, término japonés que significa “inutilidad; ociosidad; superfluo; residuos; despilfarro”, son 7 conceptos que se aplicaron inicialmente por el ingeniero Taiichi Ohno, autor del archiconocido “Just in time” el Sistema de producción de Toyota.



Figura 24. Las siete pérdidas según Lean Manufacturingm



Veamos el significado de cada uno de estos conceptos: Se trata de analizar el proceso productivo para eliminar o reducir los residuos como una manera efectiva de aumentar la rentabilidad de este.

Podemos definir como despilfarro todo aquel recurso que empleamos de más respecto a los necesarios para producir bienes o la prestación de un determinado servicio.

Tipos de despilfarros o Mudas:

- Sobreproducción

Producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario. Es bastante frecuente la falsa creencia de que es preferible producir grandes lotes para minimizar los costes de producción y almacenarlos en stock hasta que el mercado los demande. No obstante, esta mala praxis es un claro desperdicio, ya que utilizamos recursos de mano de obra, materias primas y financieros, que deberían haberse dedicado a otras cosas más necesarias.



Esto no solo se refiere a producto terminado, sino que se puede sobre producir en cualquier proceso, es decir, producir más de lo necesario para el siguiente proceso, producir antes de que lo necesite el siguiente proceso o producir más rápido de lo que requiere el siguiente proceso.

Las principales causas de la sobreproducción son:

- Una lógica “just in case”: producir más de lo necesario “por si acaso”.
- Hacer un mal uso de la automatización y dejar que las maquinas trabajen al máximo de su capacidad.
- Una mala planificación de la producción.
- Una distribución de la producción no equilibrada en el tiempo.

Esperas

La espera es el tiempo, durante la realización del proceso productivo, en el que no se añade valor. Esto incluye esperas de material, información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso de lote, averías, cuellos de botella, recursos humanos...

En términos fabriles estaríamos hablando de los citados “cuellos de botella”, donde se genera una espera en el proceso productivo debido a que una fase va más rápida que la que le sigue, con lo cual el material llega a la siguiente etapa antes de que se la pueda procesar.

Y otro ejemplo que vivimos diariamente es cuando se convoca una reunión con diferentes personas y el personal llega con retraso: En caso de que estén 8 personas



convocadas y la reunión no puede empezar por falta de “puntualidad” de alguno de los convocados, ello nos ocasionará un retraso de $5 \text{ min} \times 8 \text{ personas} = 40 \text{ minutos}$ de RESIDUO. Es decir, dinero perdido de forma innecesaria.

Las causas de la espera pueden ser:

- Hacer un mal uso de la automatización: dejar que las maquinas trabajen y que el operador esté a su servicio cuando debería ser lo contrario.
- Tener un proceso desequilibrado: cuando una parte de un proceso corre más rápido que un paso anterior.
- Un mantenimiento no planeado que obligue a parar la línea para limpiar o arreglar una avería.
- Un largo tiempo de arranque del proceso.
- Una mala planificación de la producción.
- Una mala gestión de las compras o poca sincronía con los proveedores
- Problemas de calidad en los procesos anteriores.

Transporte

Cualquier movimiento innecesario de productos y materias primas ha de ser minimizado, dado que se trata de un desperdicio que no aporta valor añadido al producto. El realizar un transporte de piezas de ida y no pensar en la vuelta, representa un transporte eficaz al 50%, hay que prever un recorrido eficiente, ya sea dentro de la propia



empresa como en el exterior. El transporte cuesta dinero, equipos, combustible y mano de obra, y también aumenta los plazos de entrega.

Además, hay que considerar que cada vez que se mueve un material puede ser dañado, y para evitarlo aseguramos el producto para el transporte, lo cual también requiere mano de obra y materiales. O el material puede ser ubicado en un espacio inadecuado de forma temporal, por lo que se deberá volver a mover en un corto periodo de tiempo, lo que ocasionará nuevamente mano de obra y costes innecesarios.

El transporte ineficiente de material puede ser causado por:

- Una mala distribución en la planta.
- El producto no fluye continuamente.
- Grandes lotes de producción, largos tiempos de suministro y grandes áreas de almacenamiento.

Procesos inapropiados o sobre procesos

La optimización de los procesos y revisión constante del mismo es fundamental para reducir fases que pueden ser innecesarias al haber mejorado el proceso. Hacer un trabajo extra sobre un producto es un desperdicio que debemos eliminar, y que es uno de los más difíciles de detectar, ya que muchas veces el responsable del sobre proceso no sabe que lo



está haciendo. Por ejemplo: limpiar dos veces, o simplemente, hacer un informe que nadie va a consultar.

Debemos preguntarnos el por qué un proceso es necesario y por qué un producto es producido. Una vez realizada esta reflexión, es importante eliminar todos los procesos innecesarios deben ser eliminados.

Las posibles causas de este tipo de pérdidas son:

- Una lógica “just in case”: hacer algo “por si acaso”.
- Un cambio en el producto sin que haya un cambio en el proceso.
- Los requerimientos del cliente no son claros.
- Una mala comunicación.
- Aprobaciones o supervisiones innecesarias.
- Una información excesiva que haga hacer copias extra.

Exceso de Inventario

Se refiere al stock acumulado por el sistema de producción y su movimiento dentro de la planta, que afecta tanto a los materiales, como piezas en proceso, como producto acabado. Este exceso de materia prima, trabajo en curso o producto terminado no agrega ningún valor al cliente, pero muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias en sus procesos. El inventario que sobrepase lo necesario



para cubrir las necesidades del cliente tiene un impacto negativo en la economía de la empresa y emplea espacio valioso. A menudo un stock es una fuente de pérdidas por productos que se convierten en obsoletos, posibilidades de sufrir daños, tiempo invertido en recuento y control y errores en la calidad escondidos durante más tiempo.

Las causas de esta pérdida pueden ser:

- Prevención de posibles casos de ineficiencia o problemas inesperados en el proceso.
- Un producto complejo que pueda ocasionar problemas.
- Una mala planificación de la producción.
- Prevención de posibles faltas de material por ineficiencia de los proveedores.
- Una mala comunicación.
- Una lógica “just in case”: tener stock “por si acaso”.

Movimientos innecesarios

Todo movimiento innecesario de personas o equipamiento que no añada valor al producto es un despilfarro. Incluye a personas en la empresa subiendo y bajando por documentos, buscando, escogiendo, agachándose, etc. Incluso caminar innecesariamente es un desperdicio. Estos desperdicios hacen que un aumento del cansancio del operario con los consiguientes problemas dorsolumbares y demás dolencias, así como una disminución del tiempo dedicado a realizar lo que realmente aporta valor.



Las causas más comunes de movimiento innecesario son:

- Eficiencia baja de los trabajadores (por ejemplo, no aprovechan un viaje a una zona de mala accesibilidad para hacer todo lo necesario allí, en vez de ir dos veces).
- Malos métodos de trabajo: flujo de trabajo poco eficiente, métodos de trabajo inconsistentes o mal documentados
- Mala distribución en la planta: lay out incorrecto
- Falta de orden, limpieza y organización (por ejemplo, si no se encuentran las herramientas es necesario un movimiento de los operadores para buscarlas).

Defectos

Los defectos de producción y los errores de servicio no aportan valor y producen un desperdicio enorme, ya que consumimos materiales, mano de obra para reprocesar y/o atender las quejas, y sobre todo pueden provocar insatisfacción en el cliente.

Es preferible, por tanto, prevenir los defectos en vez de buscarlos y eliminarlos. Las causas de estos defectos pueden ser:

- Falta de control en el proceso.
- Baja calidad.
- Un mantenimiento mal planeado.
- Formación insuficiente de los operarios.
- Mal diseño del producto.



Últimamente se ha considerado el Desaprovechamiento del Talento Humano como el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios y por diferentes causas:

- Una cultura y política de empresa anticuada que subestima a los operadores.
- Insuficiente entrenamiento o formación a los trabajadores.
- Salarios bajos que no motiven a los trabajadores.
- Un desajuste entre el plan estratégico de la empresa y la comunicación de este al personal.

Como resumen podemos afirmar que hay que ser conscientes de que todos estos despilfarros no aportan un valor añadido al producto o servicio que paga el cliente, por lo que representan un coste directo para la empresa. La reducción o eliminación de despilfarros nos llevará a una mejora de costes y por tanto a ser más competitivos, dando una mayor flexibilidad y eficacia en nuestro proceso productivo. Todo el personal de la empresa se debe convertir en especialista en la eliminación de desperdicios, para lo cual la dirección de la organización debe propiciar un ambiente que promueva la generación de ideas y la eliminación continua de desperdicios. Aplique una sistemática de reducción y eliminación de desperdicios y obtendrá resultados inmediatos:

- Reducción de costes.
- Aumento de la productividad.
- Organización del área de trabajo.
- Motivación del equipo.



- Mejora de la imagen de la compañía respecto a proveedores.

Es importante también el ser capaces de diseñar un sistema sostenible en el tiempo fundamentado en la mejora continua, dado que los principales problemas surgen con el mantenimiento de las mejoras alcanzadas y la poca adaptación de la empresa a nuevos cambios en el entorno. (Menéndez, 2014)



Capítulo 3

PROCESO DE MANUFACTURA DE UN DETALLE FUNDIDO

En este capítulo detallaremos por medio de un flujograma el proceso utilizado en la actualidad para la construcción de un detalle fundido; además de eso estableceremos los KPI (Key Performance Indicator) y el direccionador utilizado para realizar un seguimiento de la eficiencia del proceso.

3.1. Direccionador

Cuando hablamos de direccionador nos referimos a criterio de aplicación o distribución de costos el cual determina cómo se distribuye la carga de trabajo o los recursos de la compañía a las actividades y objetos de costo, y pueden influenciar directa o indirectamente el costo. (Joaquín Cuervo Tafur, 2013)

Para la selección adecuada de un direccionador deben cumplirse las siguientes características:

- **Relación de causalidad:** se refiere a la relación directa y clara entre el costo a distribuir y el criterio a utilizar para la distribución.
- **Medición:** la información sobre el inductor a utilizar para cada concepto de costo a distribuir debe ser de fácil medición y procesamiento.
- **Oportunidad:** la recolección de información sobre el inductor debe permitir la asignación de costos de forma oportuna a cada objeto de costo.
- **Constancia:** el criterio debe ser aplicado de forma constante mientras se mantengan las condiciones que lo generaron.



- **Control:** el comportamiento de los inductores debe ser continuamente monitoreado a fin de determinar variaciones no justificadas en el mismo.

En el caso de esta empresa el recurso especial, el cual hay que preservar, presupuesto, ergo el costo del proyecto. El direccionador que utilizaremos para manejar este recurso especial son las horas trabajadas en el mismo proyecto.

El valor asignado a las horas de trabajo internas es de 40 USD por hora. Un punzón de embutir de aproximadamente entre 400 y 500 Kg conlleva actualmente un consumo de horas de trabajo de 225 hs. A continuación, se puede ver el detallado de las horas.

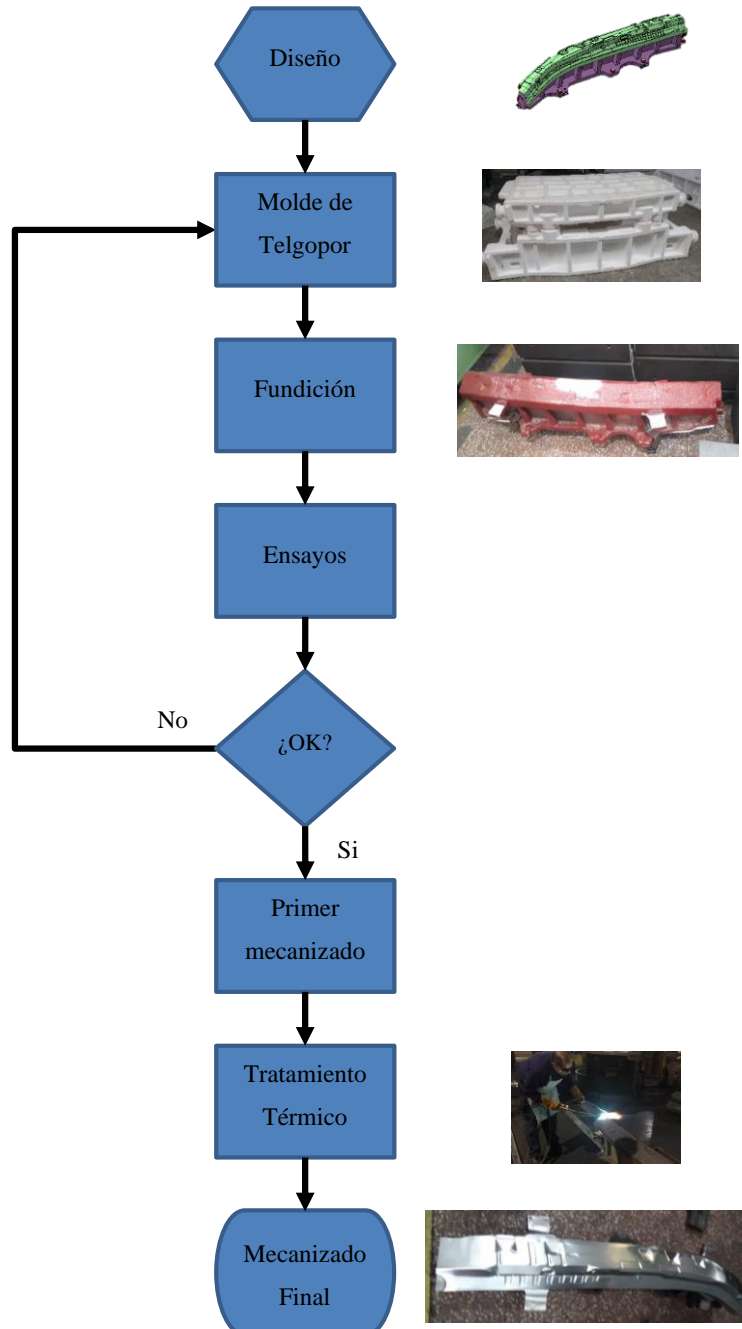
- Diseño: 16 hs.
- Modelo: 4hs
- Fundición: 93 hs
- Ensayos: 4 hs
- Primer mecanizado: 40 hs.
- Tratamiento térmico: 8 hs.
- Mecanizado Final: 30 hs.
- Traslados y manipulación: 30 hs

El proceso descrito anteriormente tiene en la actualidad demasiadas perdidas que conducen a continuos atrasos en el proyecto y a elevar su costo mucho más del valor previsto. Todo esto, se debe a la cantidad de horas de trabajo que se gastan de más y a los detalles que deben realizarse enteramente de nuevo por su cantidad de defectos cuando se utiliza como materia prima el acero fundido D2.



3.2 Flujograma

Figura 25. Flujograma general del proceso de construcción de un detalle de matricería.





Capítulo 4

ANÁLISIS DE PERDIDAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Una empresa que se dedica a la fabricación de matrices de estampado en frío para la industria automotriz, tal como Prodismo, conoce el reto que conlleva la construcción de los detalles que componen estos herramientas. Los requerimientos técnicos que deben cumplir, (mecánicos, dimensionales, entre otros.) implican el uso de aceros y procedimientos especiales que representan un alto costo productivo para la empresa. Por lo tanto, es de suma importancia reducir y eliminar todos aquellos factores que reduzcan la eficiencia del proceso y provoquen un aumento en los costos de este.

Para darle tratamiento a esta problemática, se identificaron los tipos de pérdidas a tratar tomando como guía el concepto de “las siete pérdidas de manufactura” según la filosofía Lean Manufacturing. Posteriormente, se utilizó el ciclo CAP-Do (Check, Analyze, Plan, Do) como herramienta para el análisis y evolución de cada una hacia el objetivo de la reducción/eliminación de pérdidas y, por consiguiente, disminución de costos.

4.1.ESPERA

Este tipo de pérdida se da en nuestro caso, dado que el detalle pasa demasiado tiempo improductivo entre tareas.



4.1.1. Análisis 5W+1H

Tabla 2. Análisis 5W+1H: Espera

PROBLEMA		FENOMENO
Aumento del costo del detalle.		Grandes tiempos de espera entre tareas.
¿QUE?	(What?)	Tiempo no productivo.
¿CUÁNDO?	(When?)	Entre medio de las tareas que agregan valor.
¿DONDE?	(Where?)	En el área de matricería.
¿QUIEN?	(Who?)	Supervisor de mecanizado.
¿CUAL?	(Which?)	Todos los detalles de matricería.
¿COMO?	(How?)	Tiempo de atraso entre mecanizados

4.1.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)

Figura 26. Análisis espina de Pescado: Espera

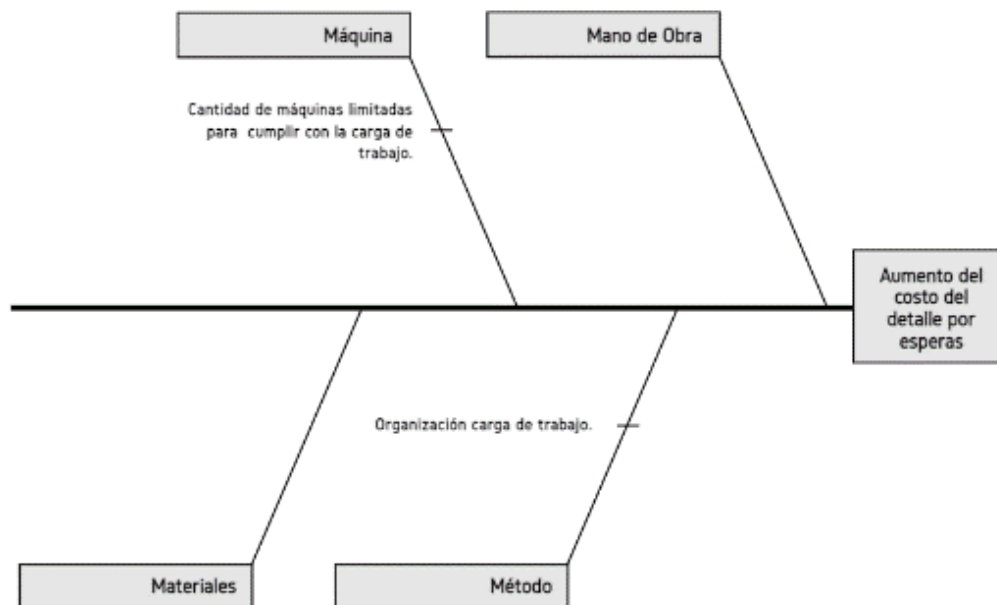




Tabla 3. Verificación espina de pescado: Espera

VERIFICACIÓN ESPINA DE PESCADO						
Ítem	Posible Causa	Causa Potencial	Método de verificación	Valor de Referencia	Conclusión	Estatus
1	Cantidad de Maquinas	Avería	Visual - Lista de verificación mantenimiento	Ver lista de verificación	NOK	ABIERTO
2	Carga de Trabajo	Prioridades no definidas	Visual – Planning carga de trabajo	PMP – Planning Máster de Proyecto	NOK	ABIERTO

4.1.3. Análisis de los cinco por qué

Tabla 4. Análisis de los cinco por qué: Espera

Problema	Nivel de la Unidad	Nivel de la Sub-Unidad	Nivele de partes, materiales, métodos, etc.		
	Factores posibles, verificación				
	W1	W2	W3	W4	W5
Cantidad de Maquinas	Avería	No se le realiza mantenimiento preventivo	No se planifica el mantenimiento	Por falta de personal	Por falta de presupuesto
	W1	W2	W3	W4	W5
Carga de Trabajo	Prioridades no definidas	No llega la información al coordinador	Sistema de comunicación inefic iente	El sistema es obsoleto	No se buscó utilizar sistemas nuevos



4.1.4. Objetivo

Nuestro objetivo para esta pérdida puntual es, llegar al menor tiempo posible de espera entre mecanizados. Esto sería alrededor de 60 minutos, promedio, entre cada uno de los procesos y lograr en un periodo de 6 meses. Esto es un objetivo SMART, dado que es Especifico (**S**pecific), Medible (**M**easurable), Alcanzable (**A**chivable), Realista (**R**elevant) y en Tiempo (**T**ime-bond).

Figura 27. Grafica de la evolución buscada en el tiempo de espera promedio por mes en un detalle.



4.1.5. Plan de Acción Espera

1. Hacer estudio sobre maquinarias en funcionamiento y sobre tiempo perdido en espera.
2. Relevar maquinarias que necesitan mantenimiento
3. Planificar mantenimiento preventivo y predictivo
4. Realizar mantenimiento
5. Instruir operarios para limpieza y mantenimiento diario de las maquinas

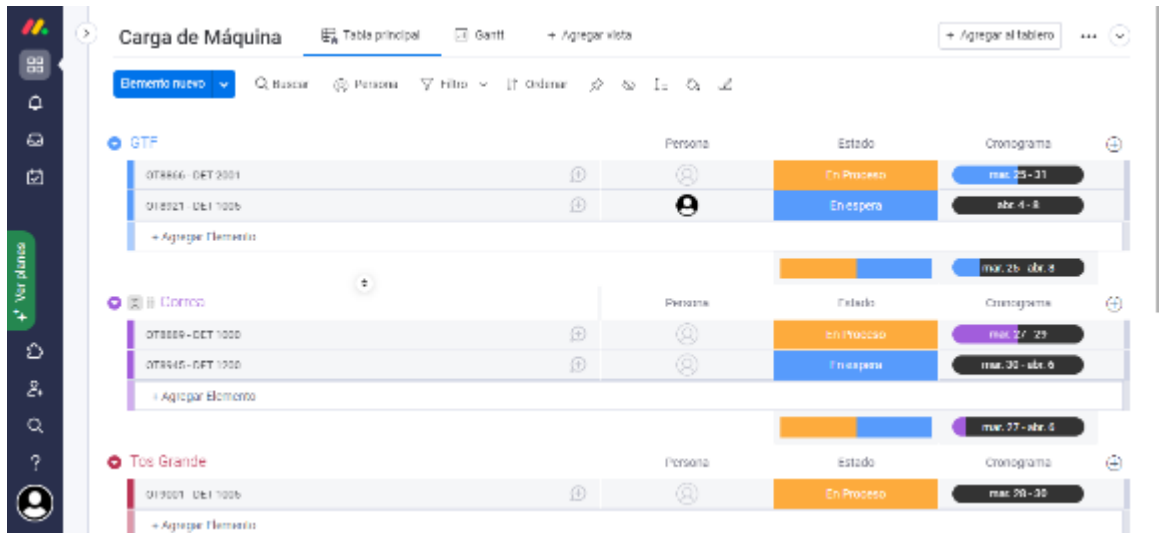


6. Utilizar nuevo Software de planificación de recursos “Monday” para un manejo más eficiente de los tiempos y para definir prioridades.
7. Dependiendo las prioridades colocarlos en las maquinas disponibles.

SOFTWARE DE GESTIÓN – MONDAY

Se utilizará un software llamado Monday para la planificación de la carga de máquina.

Figura 28. Software Monday para la gestión y planificación de tareas y recursos.

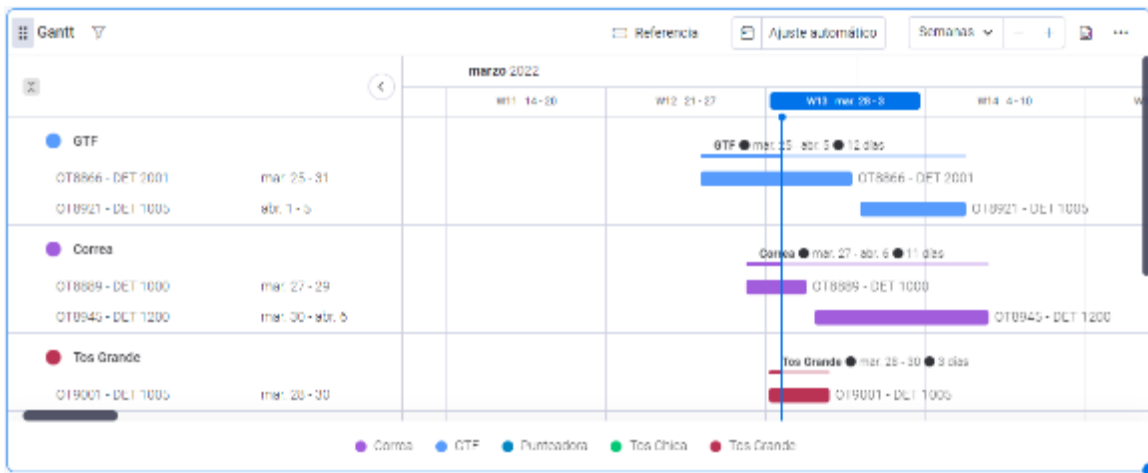


Como se puede ver en la imagen, el mismo permite realizar una división muy clara por máquina. Dentro de cada máquina, podemos ir acomodando los detalles a mecanizar, deberemos poner la OT (Orden de Trabajo) y el detalle de cada parte de la matriz que necesitemos mecanizar. Además de esto, también nos permite colocar una persona o personas encargadas de realizar dicha tarea, en qué estado se encuentra la tarea y las fechas de inicio y final.



De esta manera podemos realizar un mejor seguimiento y distribución de las tareas y dado el hecho de que este tablero será de acceso a los encargados de las máquinas, todos estarán al tanto de las tareas siguientes y pueden ir acomodando los detalles que deben mecanizar luego del que tienen arriba de la máquina.

Figura 29. Diagrama de Gantt generado por el software Monday



Encima de todas las facilidades antes descriptas, este software también nos permite ver toda la carga de máquina en un diagrama de Gantt, lo cual nos facilita la lectura de tareas y nos permite ver mejor si existen “agujeros/huecos” dentro de la programación.

Además, sobre este mismo Software de planificación se cargarán las tareas de mantenimiento predictivo y preventivo, que necesita cada una de las máquinas. Sabiéndose entonces de manera muy precisa, los días y momentos en los cuales los centros de mecanizado van a estar fuera de servicio para que se les realicen dichas tareas.



4.2. TRANSPORTE

Este tipo de pérdida se da en nuestro caso, dado que el detalle no suele tener las formas más simples para poder ser transportado y se tienen que realizar más movimientos para poder desplazar el detalle, generando así una demora.

4.2.1. Análisis 5W+1H

Tabla 5. Análisis 5W+1H: transporte

PROBLEMA		FENOMENO
Aumento del costo del detalle.		Dificultad para la movilidad del detalle.
¿QUE?	(What?)	Aumento tiempo de transporte.
¿CUÁNDO?	(When?)	Al mover el detalle de una tarea a otra.
¿DONDE?	(Where?)	En el área de matricería.
¿QUIEN?	(Who?)	Operarios de Mecanizado/ Matricería.
¿CUAL?	(Which?)	Detalles de matricería sin pernos de transporte.
¿COMO?	(How?)	Mayor consumo de horas internas.

4.2.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)

Figura 30. Análisis espina de Pescado: Transporte

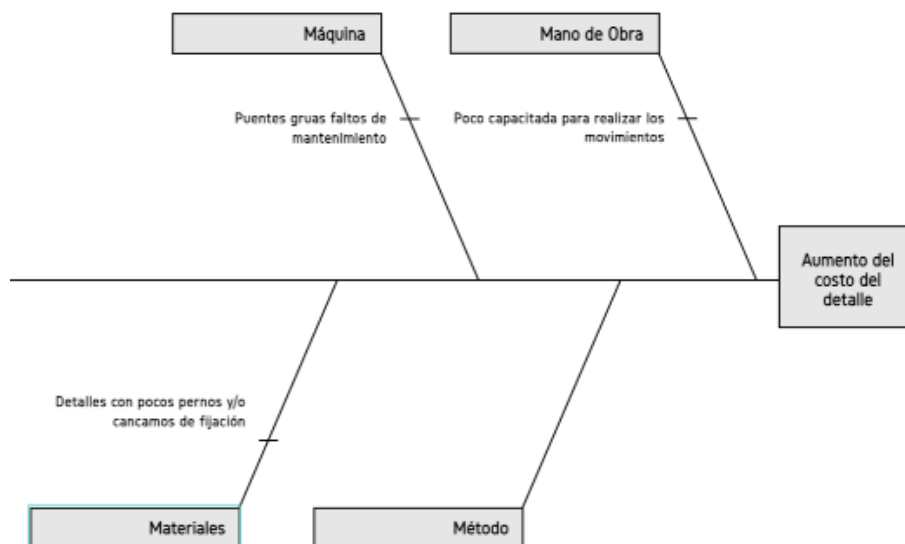




Tabla 6. Verificación espina de pescado: Transporte

VERIFICACIÓN ESPINA DE PESCADO						
Ítem	Posible Causa	Causa Potencial	Método de verificación	Valor de Referencia	Conclusión	Estatus
1	Falta mantenimiento medios de izaje	Falta de mantenimiento preventivo	Visual – Check list	Ver lista de verificación	OK	Cerrado
2	Falta capacitación	No se instruye a los nuevos operarios	Check list de capacitación	Ver lista de verificación	OK	Cerrado
3	Pocos puntos de fijación para izaje	No se agregan en el diseño	Check list del diseño y modelo	Ver lista de verificación	NOK	Abierto

4.2.3 Análisis de los cinco por qué

Tabla 7. Análisis de los cinco por qué: Transporte

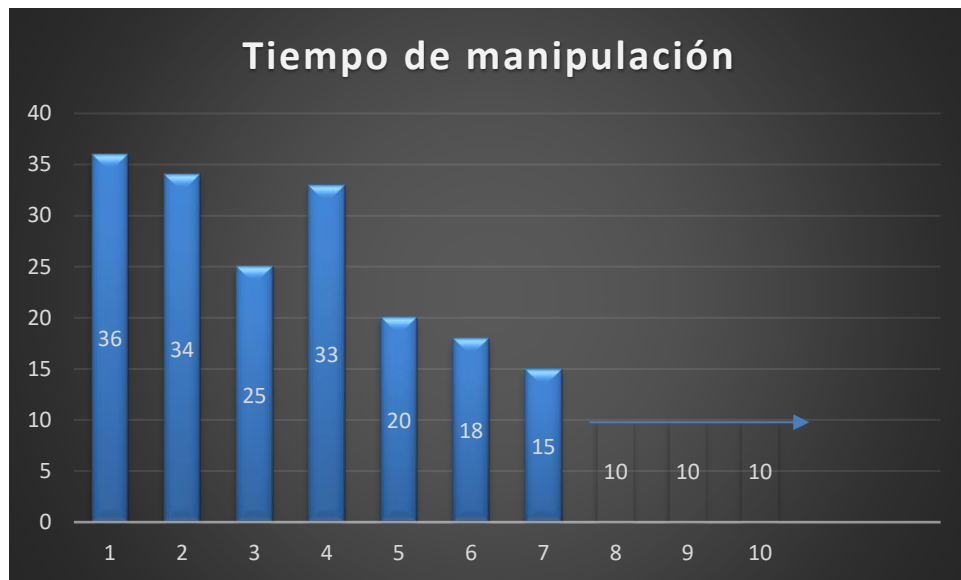
Problema	Nivel de la Unidad	Nivel de la Sub-Unidad	Nivele de partes, materiales, métodos, etc.		
	Factores posibles, verificación				
	W1	W2	W3	W4	W5
Puntos fijación	No se agregan en el modelo	No se agregan en el diseño	Falta de previsión	No se creían necesarios	No se había planteado

4.2.4 Objetivo



Nuestro objetivo para esta pérdida puntual es, llegar a 10 horas de manipulación de detalles por semana en un periodo de 10 semanas, esto es un objetivo SMART, dado que es Especifico (Specific), Medible (Measurable), Alcanzable (Achievable), Realista (Relevant) y en Tiempo (Time-bound).

Figura 31. Gráfica de la evolución buscada en el tiempo de manipulación por semana de un detalle.



4.2.5 Plan de Acción Transporte

1. Hacer estudio sobre movilidad interna de detalles de matricería.
2. Cuantificar tiempos “perdidos” por inconvenientes a la hora de transportar un detalle.
3. Plantear mejores puntos de izaje en los detalles, tanto para el traslado como para la manipulación de este.
4. Colocar todas estas mejoras dentro de los planes de acción de diseño y modelo, para que dichos puntos de izaje sean incorporados en el detalle desde el principio del proyecto.
5. Volver a tomar tiempos para corroborar la adición de puntos de izaje.

Estudio de tiempos:



Al no tener los detalles la cantidad de puntos de izaje necesarios para poder no solo levantar al mismo, sino también para girarlo libremente y colocarlo en varias posiciones sobre las máquinas o bancos de trabajo; el tiempo perdido para la movilización de un detalle aumenta en demasía. Dado que, para girar al mismo debemos buscar diferentes eslingas, cuando se realizaría muchísimo más simple si el detalle tuviese puntos de izaje laterales.

Para que la toma de tiempos sea representativa, la realizamos teniendo en cuenta solamente los movimientos realizados a detalles de entre 400 y 600 Kg, ya sea para subirlos a la máquina, girarlos entre mecanizados o bajarlos de las máquinas.

4.3 DEFECTOS:

Los defectos pueden causar retrabajos o, lo que es peor, pueden provocar scrap. Por lo general, el trabajo defectuoso debe volver a la producción, lo que cuesta un tiempo valioso e insumos. Además, en algunos casos, se requiere un área de reelaboración adicional, que viene con una explotación adicional de mano de obra y herramientas. Los defectos que poseen los detalles fundidos se pueden agrupar según proceso del que derivan:

- Diseño
- Modelo
- Fundición
- Tratamiento térmico

Dado que los defectos pueden venir desde muchos lugares, vamos a tratar cada una de las causas por separado.



4.3.1. Defectos de diseño

4.3.1.1. Análisis 5W+1H – DISEÑO

Tabla 8. Análisis 5W+1H: Diseño

PROBLEMA		FENOMENO
Aumento del costo del detalle.		Defectos en el detalle.
¿QUE?	(What?)	Detalle defectuoso.
¿CUÁNDO?	(When?)	Se lo descubre cuando el detalle está en el taller.
¿DONDE?	(Where?)	En el área de matricería.
¿QUIEN?	(Who?)	A fabricación.
¿CUAL?	(Which?)	Todos los detalles de matricería.
¿COMO?	(How?)	Semanas de atraso en el planning

4.3.1.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)

Figura 32. Análisis espina de Pescado: Diseño

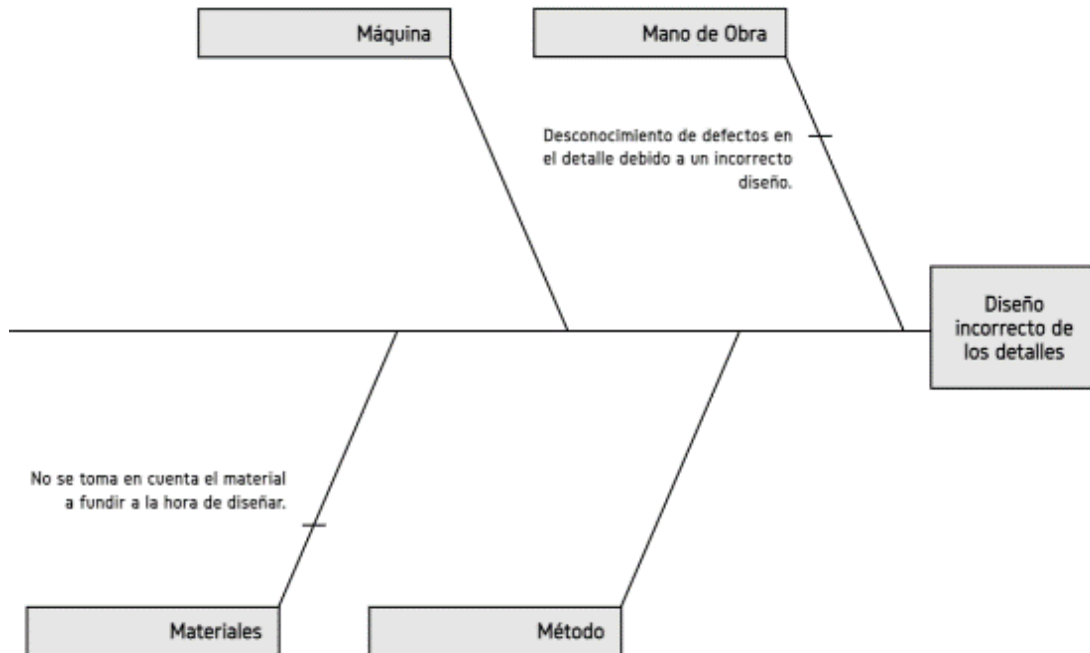




Tabla 9. Verificación espina de pescado: Diseño

VERIFICACIÓN ESPINA DE PESCADO						
Ítem	Posible Causa	Causa Potencial	Método de verificación	Valor de Referencia	Conclusión	Estatus
1	Desconocimiento de defectos debido a un mal diseño	Desinformación	Visual – Check list	Ver Check list	NOK	CERRADO
2	No se toma en cuenta el material	Desinformación	Visual – Detalle técnico	Ver detalle	NOK	CERRADO

4.3.1.3 Análisis de los cinco por qué

Tabla 10. Análisis de los cinco por qué: Diseño

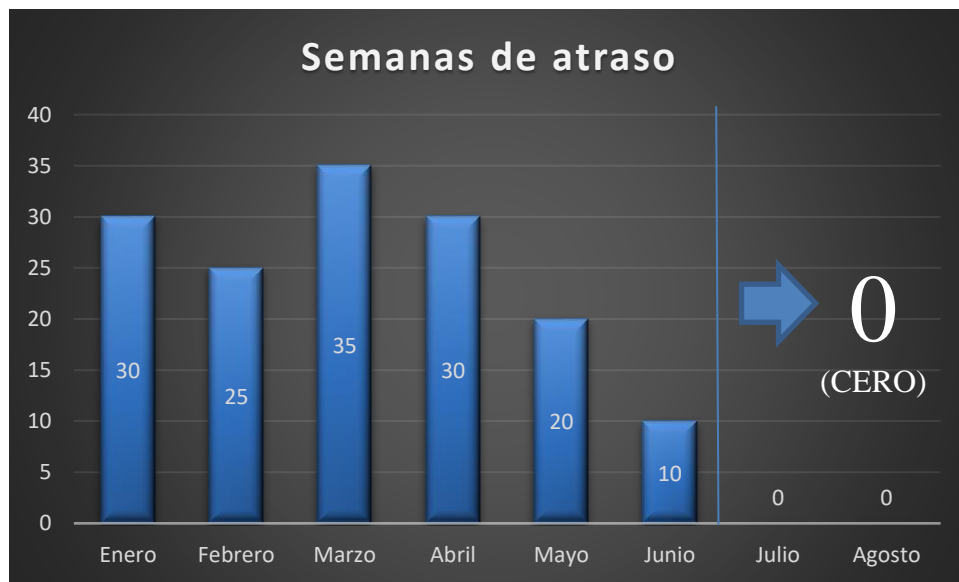
Problema	Nivel de la Unidad	Nivel de la Sub-Unidad	Nivele de partes, materiales, métodos, etc.		
	Factores posibles, verificación				
	W1	W2	W3	W4	W5
Desconocimiento de defectos debido al diseño	Falta de información	Diseñadores no formados en ese aspecto	No se invierte en capacitación	Antes no era tenido en cuenta	El cliente no lo requería
	W1	W2	W3	W4	W5
No se toma en cuenta material al diseñar	Falta de información	Diseñadores no formados en ese aspecto	No se invierte en capacitación	Antes se fundía casi siempre el mismo material	Se confía en la experiencia.



4.3.1.4 Objetivo

Nuestro objetivo para esta pérdida puntual es, llegar a cero horas de retrabajo en un periodo de 6 meses, esto es un objetivo SMART, dado que es Especifico (Specific), Medible (Measurable), Alcanzable (Achievable), Realista (Relevant) y en Tiempo (Time-bound).

Figura 33. Gráfica de la evolución buscada en la reducción de horas de retrabajo por mes.



4.3.1.5 Plan de acción:

1. Realizar un estudio sobre la metodología de diseño utilizada actualmente dentro de la fabrica
2. Realizar una investigación de métodos de diseño en otras fábricas similares.
3. Redactar un manual de buenos usos y costumbres a la hora de diseñar.



4. Dar capacitación a los diseñadores sobre este manual para que lo apliquen y exijan a los proveedores.

Se elaboró el siguiente manual de buenos usos y costumbres para el diseño de matrices y sus componentes, teniendo en cuenta los defectos más comunes en detalles de matricería.

Las fundiciones en las zonas críticas no deben tener:

- Rechupes.
- Carburos.
- Arena sinterizada.
- Poros.
- Torcimientos de torres.
- Se debe asegurar el funcional de alineación de bujes.
- Verificación funcional de roscas.

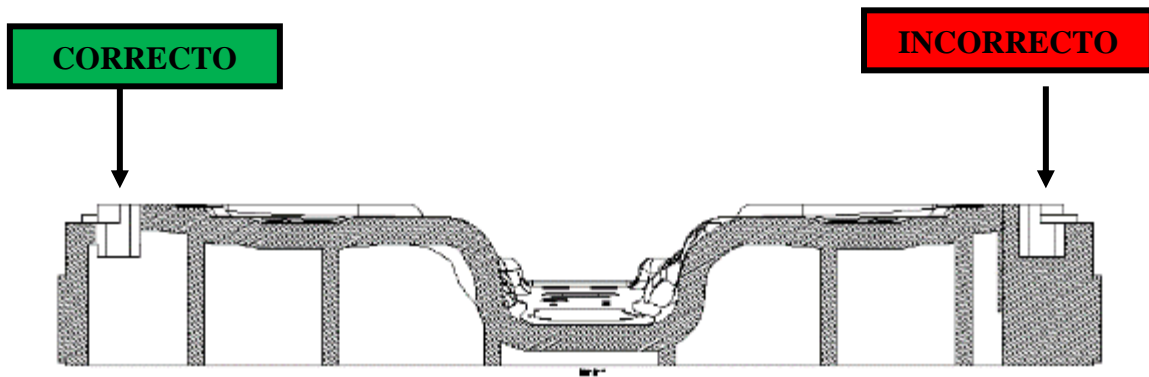
Lograr que la sanidad, calidad y funcionalidad de la fundición sea la óptima no depende solamente de la limpieza y/o refinación que le demos al material fundido, el proceso para lograr obtener la mejor fundición posible debe comenzar desde mucho antes, desde el proceso de diseño. Es ahí donde nosotros comenzaremos proponiendo cambios, en el diseño de los componentes fundidos, dichas mejoras deberán ser aplicadas al proceso por el diseñador en el modelo 3D que él realice.

Los cambios propuestos son:



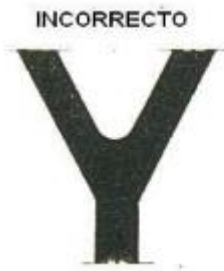
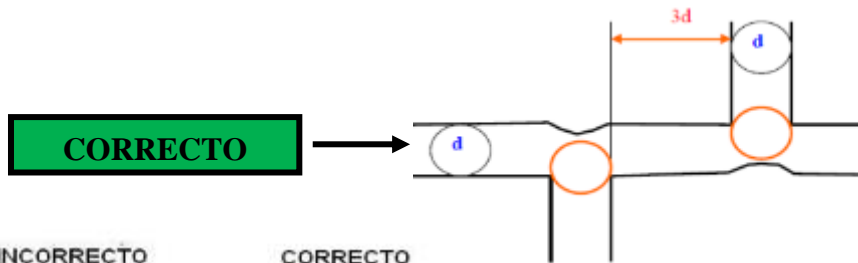
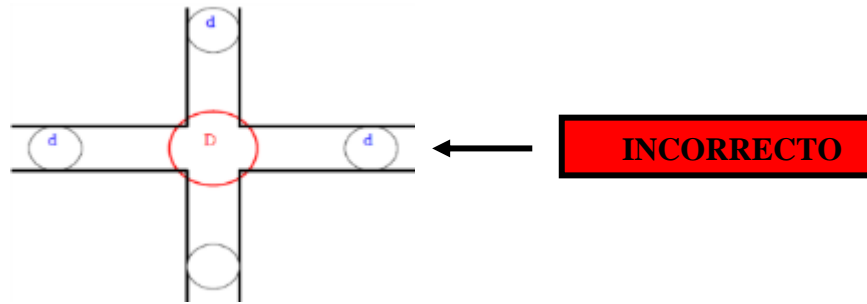
- 1- Evitar formación de volúmenes y masas excesivas, para facilitar a la hora del enfriamiento de la fundición, enfriar parejo y evitar formación de puntos calientes.
 - *Ejemplo 1:* el pasaje para los pre-localizadores debe ser pasante.

Figura 34. Ejemplo 1 para evitar volúmenes y masas excesivas.



- *Ejemplo 2:* optimizar los entrecruzamientos de nervios.

Figura 35. Optimización en el entrecruzamiento de los nervios



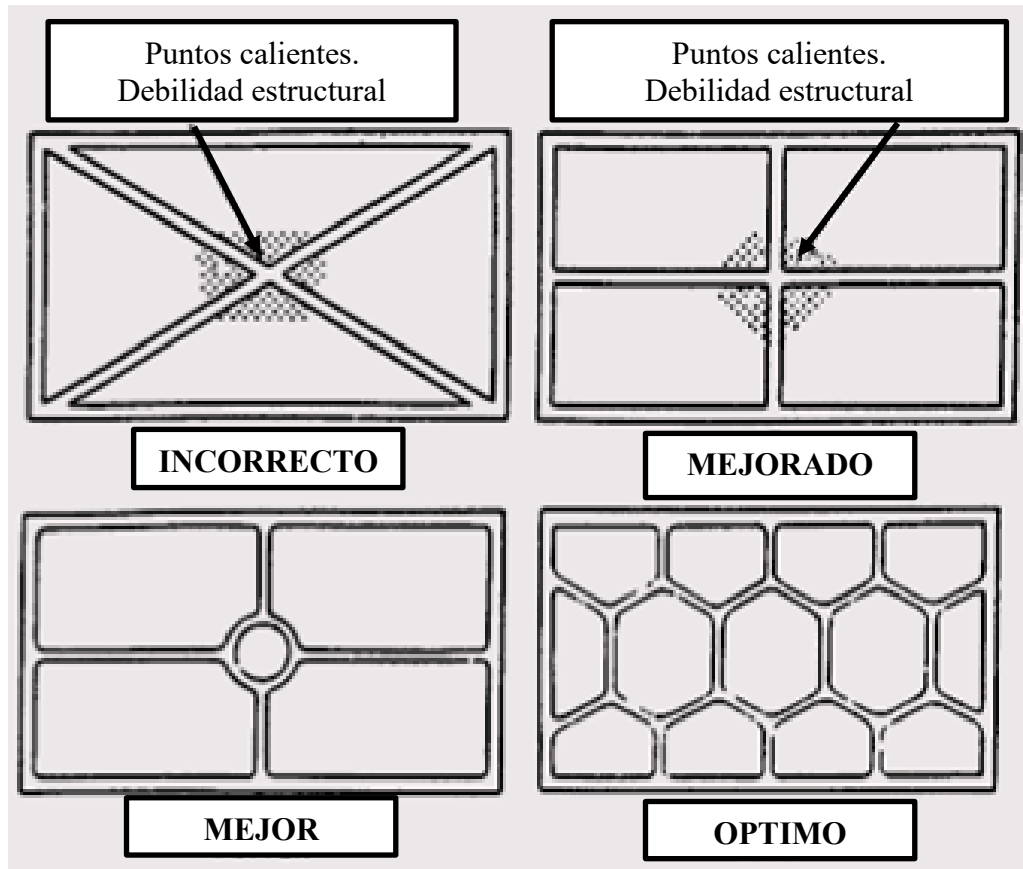
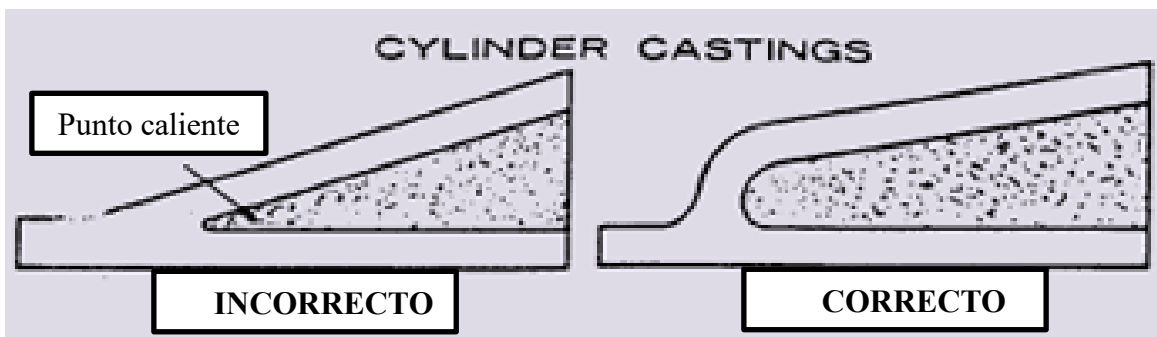
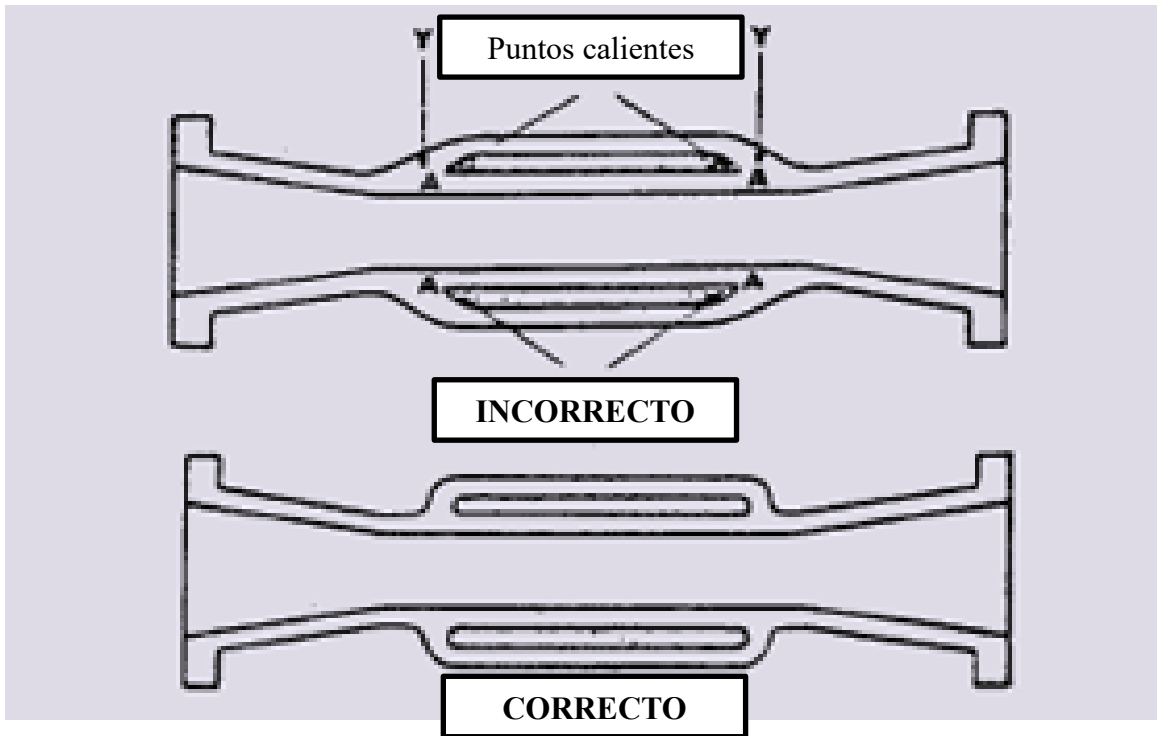


Figura 36. Fundición de cilindros.



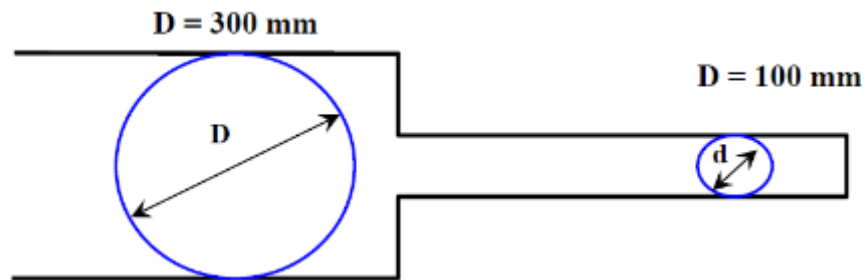


- 2- Utilizar el espesor de pared lo más constante posible, para evitar el cambio brusco de sección y que en ese punto existan problemas al ingresar el metal fundido; como turbulencias.

CALCULO DE VARIACIÓN VOLUMETRICA



Figura 37. Cambio de sección en un redondo a fundir.



$$\% \Delta V = \left(\frac{D^2}{d^2} * 100 \right) - 100 \quad ($$

$$\% \Delta V = \left(\frac{300^2}{100^2} * 100 \right) - 100$$

$$\% \Delta V = 900 - 100$$

$$\% \Delta V = 800\%$$

La fórmula (1), es la utilizada para calcular la variación volumétrica, la cual en este caso nos está dando que el porcentaje de variación es del 800%. En la practica la variación volumétrica no debe superar el 80%.

Dependiendo del material y del tamaño del detalle a fundir, se dan las siguientes recomendaciones para los espesores de paredes.



Tabla 11. Sobre material recomendado en cada parte de un detalle según su materia prima.

	FUNDICIÓN GRIS <i>(matrices chicas)</i>	FUNDICIÓN GRIS <i>(matrices grandes)</i>	FUNDICIÓN NODULAR <i>(matrices chicas)</i>	FUNDICIÓN NODULAR <i>(matrices grandes)</i>
Superficies Copiadas	40mm	45mm	35mm	35mm
Paredes principales	40mm	45mm	35mm	40mm
Asientos	40mm	45mm	30mm	30mm
Paredes secundarias	35mm	40mm	30mm	30mm
Nervaduras	30mm	35mm	25mm	30mm

Tamaños de matrices:

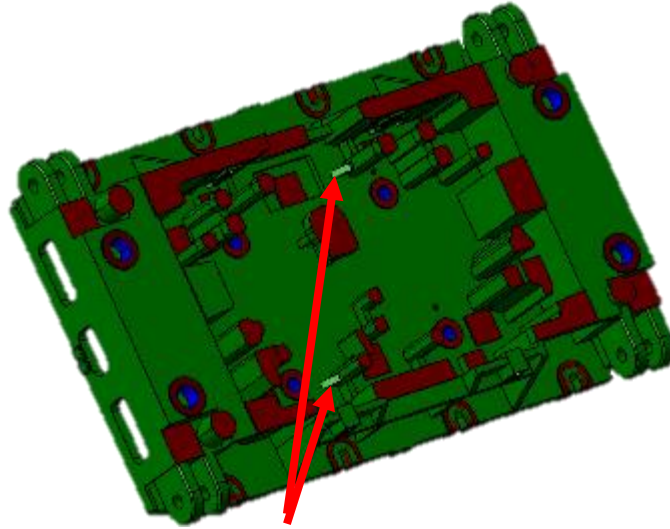
- Chicas hasta 5 toneladas.
- Grandes más de 5 toneladas.

Se puede apreciar como la variación volumétrica máxima que puede llegar a existir entre el punto de mayor grosor y el punto de menor grosor en las paredes de una fundición gris en una matriz grande, va a ser de 10mm. El cual representa una variación volumétrica del 65% y ya que está es menor a la 80% recomendado, se ve claramente que estamos aplicando las buenas prácticas.



- 3- En lo posible no generar formas esbeltas o geoméricamente complicadas, ya que estas pueden tender a doblarse en el caso de ser muy esbeltas o no tener un correcto llenado en el caso de ser geometrías complicadas.

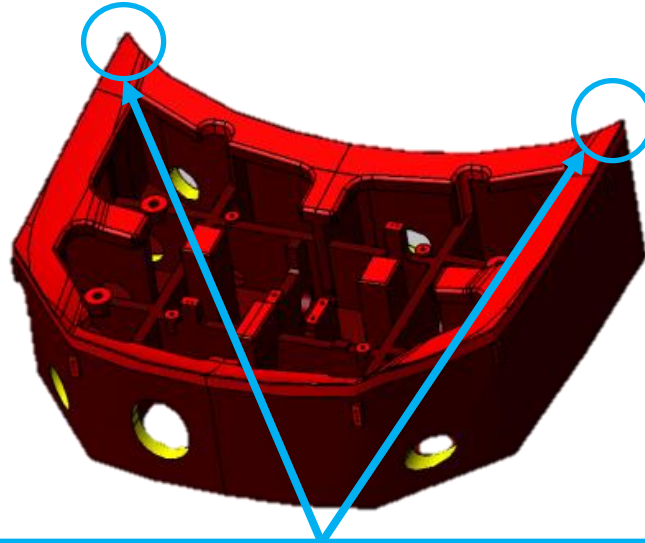
Figura 38. Base de matriz con torres esbeltas.



Colocar nervios en torres porta punzones que sean esbeltas



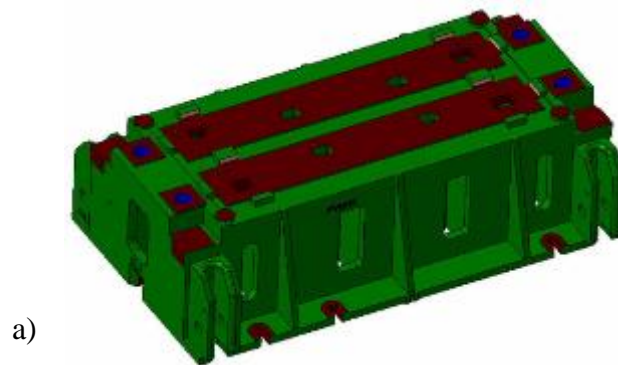
Figura 39. Detalle con geometrías complicadas

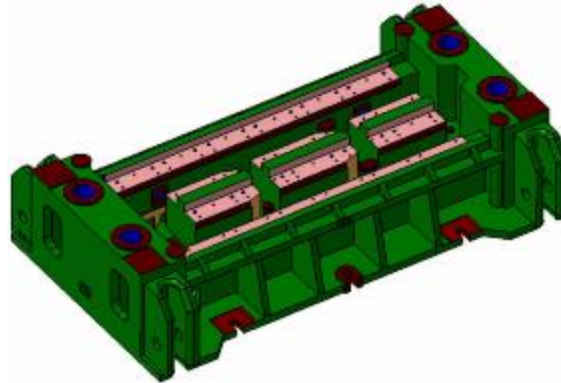


En caso de ser posible no realizar detalles ni geometrías complicadas

En la medida de lo posible, tratar al diseñar siempre que las circunstancias lo permitan, diseñar bases sin alero para facilitar el moldeo con arena a la hora de fundir.

Figura 40. a) Base sin alero. b) Base con alero superior.





b)

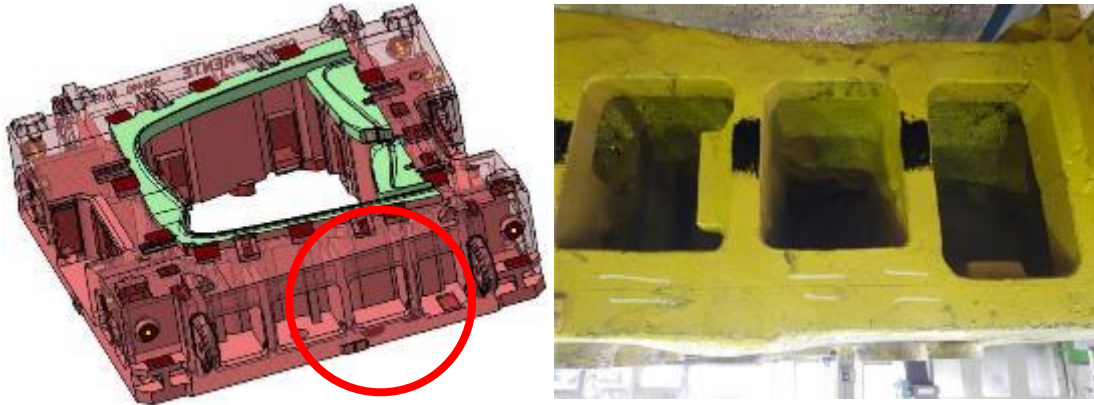
- 4- Evitar vaciados con nervios de refuerzo que generan motas de arena inconsistentes en el moldeo y evitar áreas de difícil acceso para pintura del modelo y moldeo de la arena.

Figura 41. Base con zona de difícil acceso, mal moldeada y en donde aparece arena sinterizada.



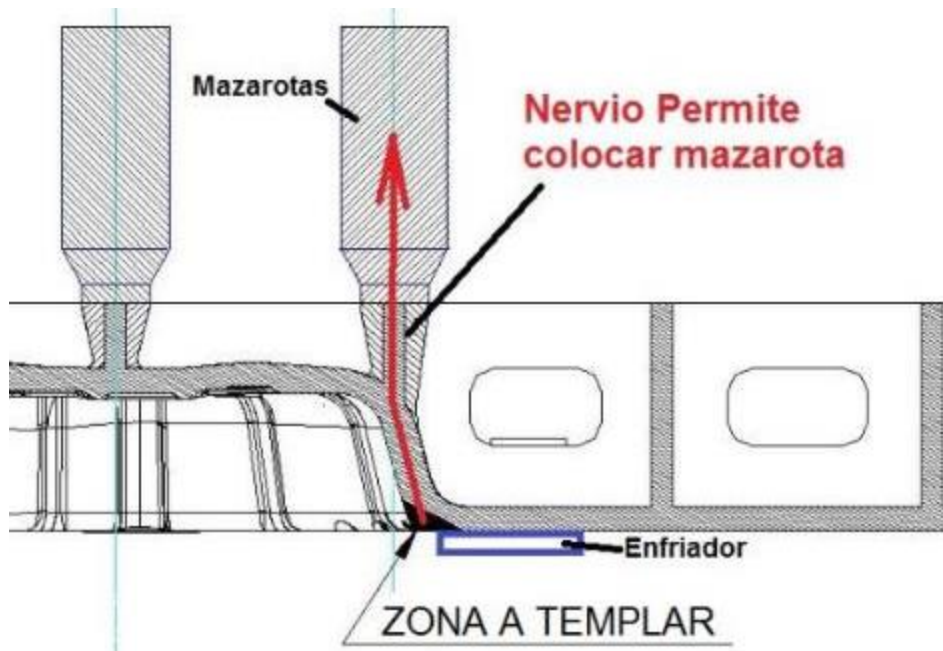


Figura 42. Prensa chapa con zona de difícil acceso, mal moldeada y con mucha arena sinterizada.



- 5- Colocar nervios sobre zonas a templar a la llama para poder colocar mazarota y mejorar calidad de fundición.

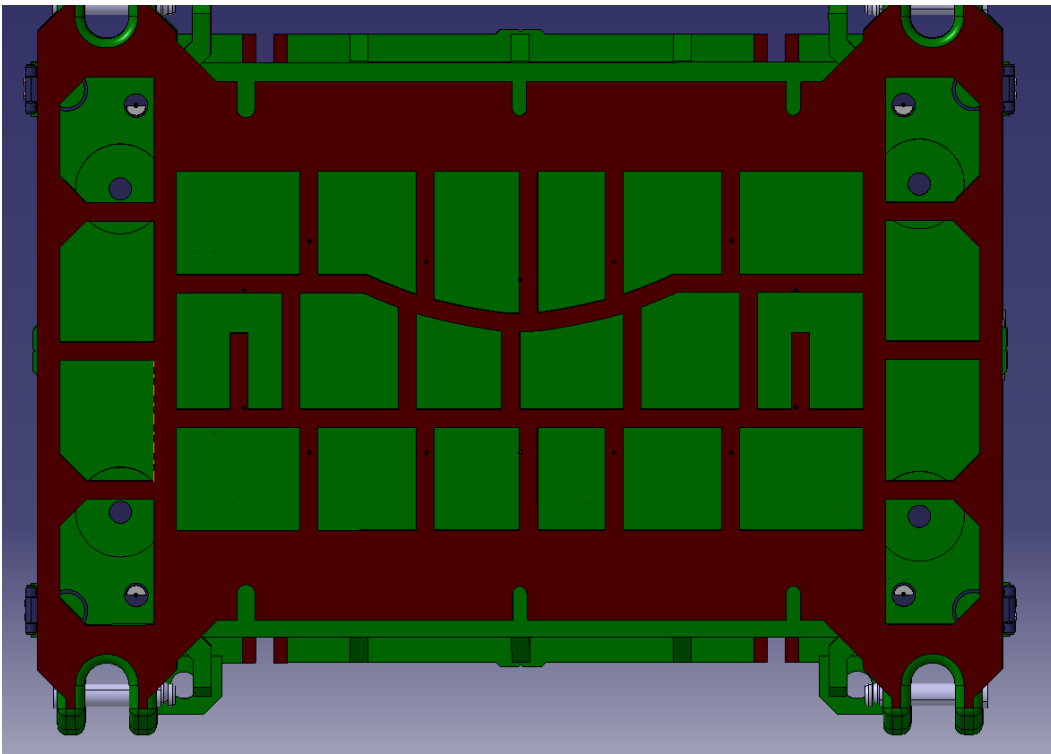
Figura 43. Nervio debajo de una zona a templar sobre el cual se coloca la mazarota.

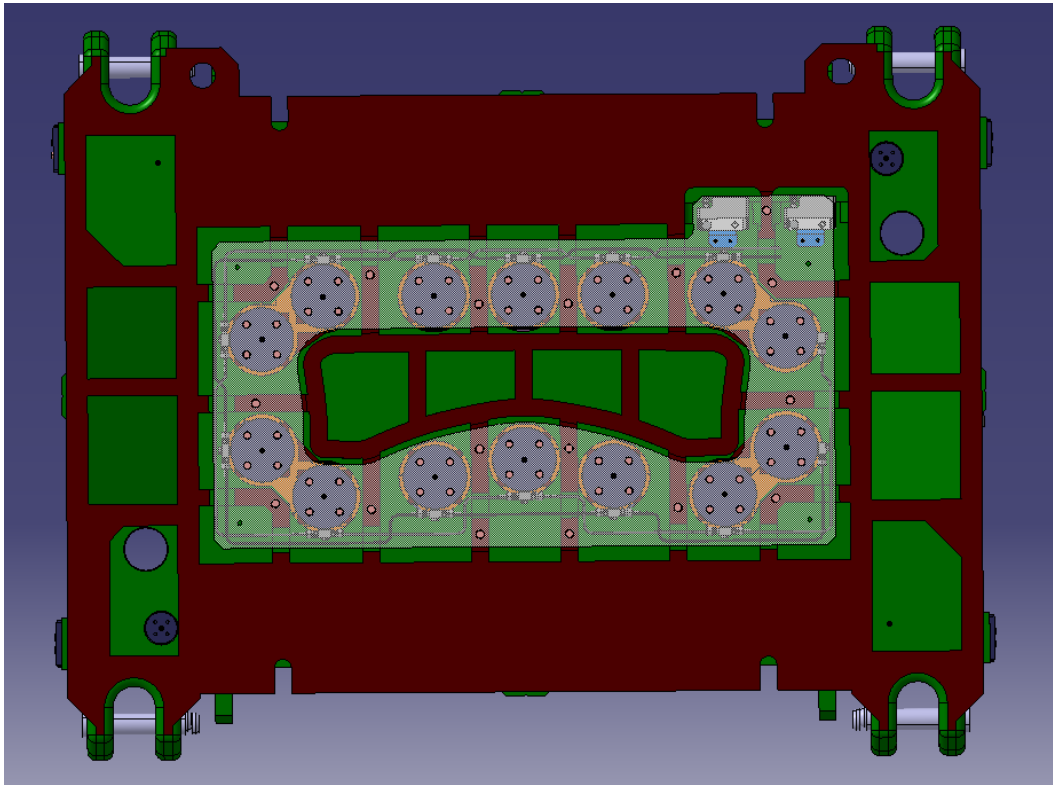




El cuaderno de buenas prácticas fue utilizado en conjunto, en este caso, con el Cuaderno de Carga del cliente donde se especifican los requerimientos técnicos necesarios para el diseño y la construcción de la matricería.

Hubo que realizar una inducción sobre los conceptos expuestos en el Cuaderno de Buenas Prácticas, pero la aplicación de estos no significó un aumento en el tiempo necesitado para diseñar la matriz, pero si va a significar ahorros en muchos otros procesos siguientes. Diseñar de esta manera, tampoco significó una disminución en el tiempo necesitado para diseñar.





4.3.2.1 Análisis 5W+1H – MODELO

Tabla 12. Análisis 5W+1H:Modelo

PROBLEMA		FENOMENO
Aumento del costo del detalle.		Modelos con oportunidades de mejora para mejoras en procesos posteriores
¿QUE?	(What?)	Modelo poco eficiente una vez fundido para su fácil manipulación, mecanizado.
¿CUÁNDO?	(When?)	Al ser fundido.
¿DONDE?	(Where?)	En el área de matricería.
¿QUIEN?	(Who?)	A fabricación.
¿CUAL?	(Which?)	Todos los detalles de matricería.
¿COMO?	(How?)	Semanas de atraso en el planning

4.3.2.2 Análisis 4M (Espina de Pescado)



Figura 44. Análisis espina de Pescado: Modelo

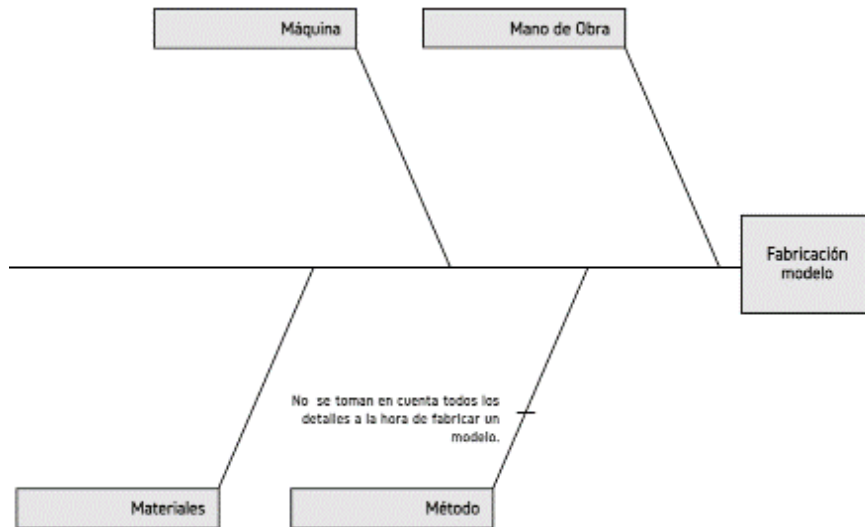


Tabla 13. Verificación espina de pescado: Modelo

VERIFICACIÓN ESPINA DE PESCADO						
Ítem	Posible Causa	Causa Potencial	Método de verificación	Valor de Referencia	Conclusión	Estatus
1	No se toman en cuenta todos los detalles	Desconocimiento	Visual – Check List	Ver Check List	NOK	CERRADO

4.3.2.3 Análisis de los cinco por qué

Tabla 14. Analisis de los cinco por qué: Modelo

Problema	Nivel de la Unidad	Nivel de la Sub-Unidad	Nivele de partes, materiales, métodos, etc.			
	Factores posibles, verificación					
	W1	W2	W3	W4	W5	

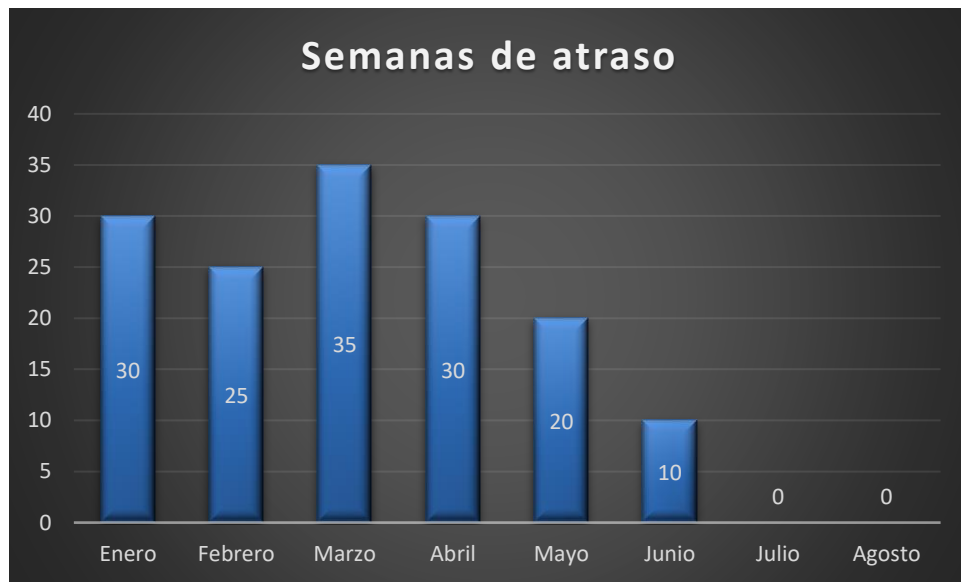


No se toma en cuenta todos los detalles	Desconocimiento	No se formó el modelista	No se invirtió	No se creía necesario	Se desconocían los problemas que generaba.
-----------------------------------------	-----------------	--------------------------	----------------	-----------------------	--------------------------------------------

4.3.2.4 Objetivo

Nuestro objetivo para esta pérdida puntual es, llegar a cero horas de retrabajo en un periodo de 6 meses, esto es un objetivo SMART, dado que es Especifico (Specific), Medible (Measurable), Alcanzable (Achievable), Realista (Relevant) y en Tiempo (Time-bound).

Figura 45. Grafica con la evolución esperada del promedio de horas de retrabajo por mes.



4.3.2.5 Plan de acción:

1. Realizar un estudio sobre la metodología de diseño de modelos utilizada actualmente dentro de la fabrica



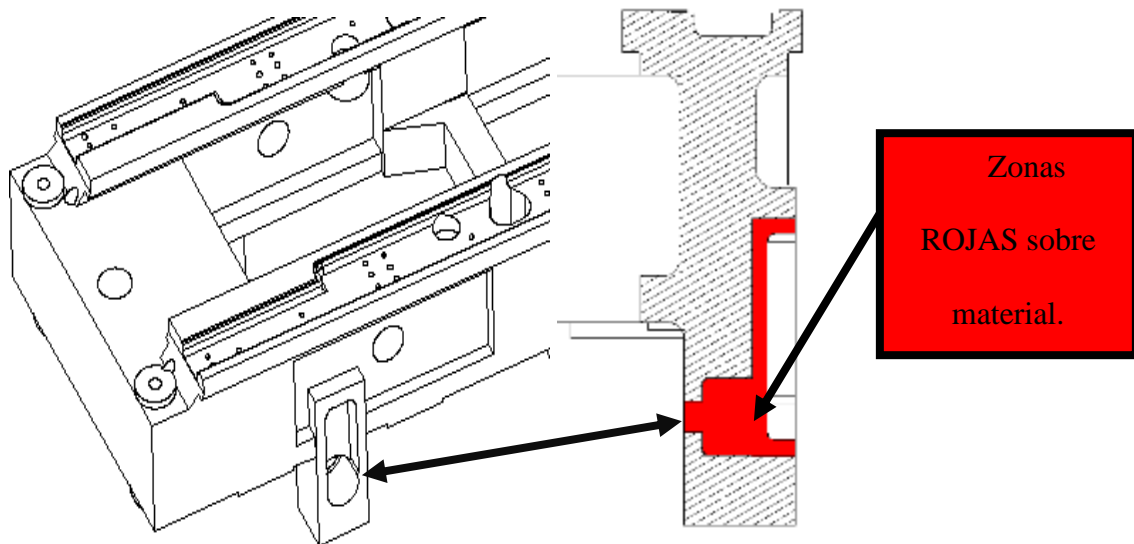
2. Realizar una investigación de métodos de diseño de modelos en otras fábricas similares.
3. Redactar un manual de buenos usos y costumbres a la hora de diseñar.
4. Dar capacitación a los diseñadores de modelos sobre este manual para que lo apliquen y exijan a los proveedores.

Se escribió el siguiente manual de buenos usos y costumbres

- 1- Evitar la formación de volúmenes y masas excesivas, para que no se formen puntos calientes.

Ejemplo 1: en los pasajes de pernos de seguridad, realizarlos descargados, es decir ya preformados, y con 10 mm de sobre material para su posterior mecanizado.

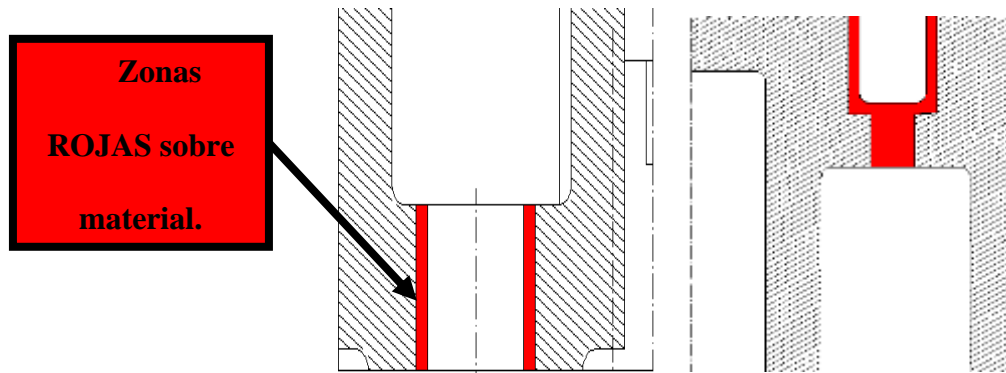
Figura 46. Perno de seguridad descargado.





- *Ejemplo 2:* en los pasajes de pernos de seguridad, realizarlos descargados, preformados, y con 10 mm de sobre material para su posterior mecanizado.

Figura 47. Alojamiento de columnas y bujes descargados.





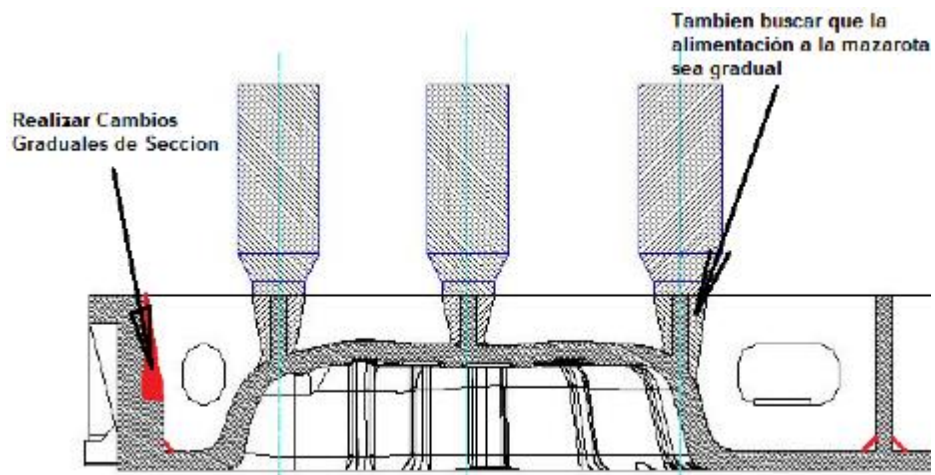
- *Ejemplo 3:* alojamientos en general, descargarlos dejando 10mmde sobre material.

Figura 48. Alojamiento en general descargados.



- 2- Evitar cambios bruscos de sección, en el caso que sea inevitable hacerlo en forma gradual.

Figura 49. Cambios graduales de sección en el modelo.

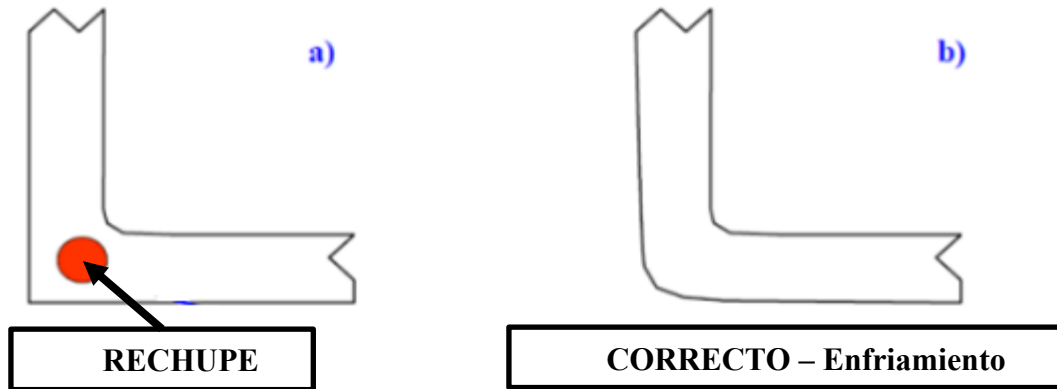




Cuando se trate de fundiciones de prensa-chapas, punzones y hembras, el modelista debe proveer varas de EPS $\varnothing 110 \times 500\text{mm}$ en cantidad suficiente para que el fundidor adicione en zona de montantes.

- 3- Realizar siempre radios, nunca dejar cantos vivos; ya que pueden ser lugares de junta de tensiones y en donde se formen rechupes.

Figura 50. a) Esquina con ángulo vivo. b) Esquina con radio.

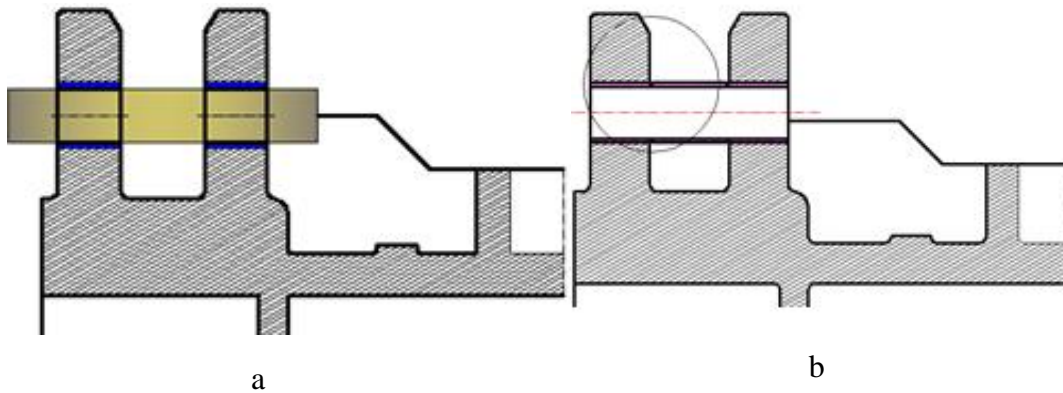


Mejoras al modelo que contribuyen al mecanizado de la fundición

- 1- Evitar des concentricidad en los pasajes de los pernos traba, colocando bujes y noyós o un tubo.

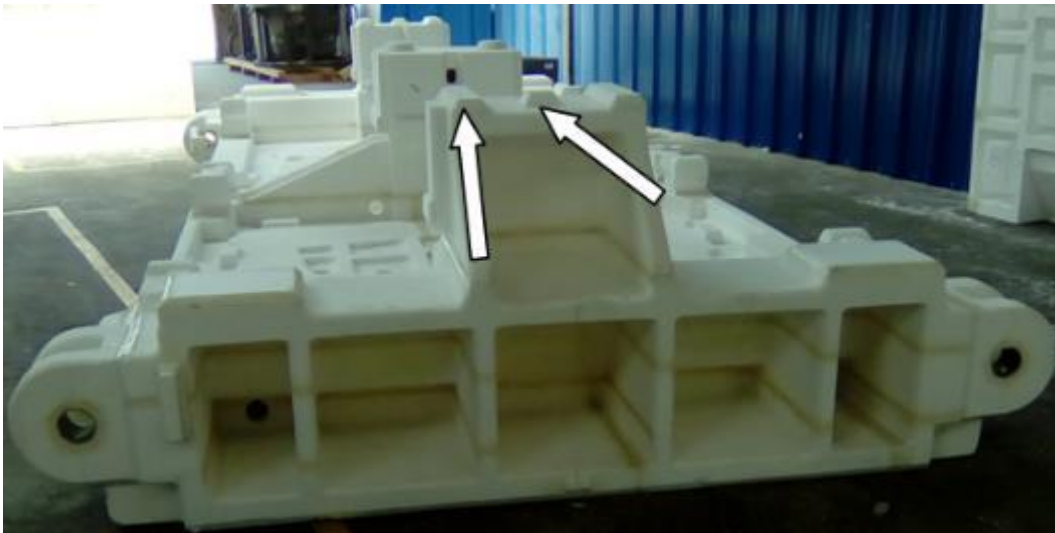


Figura 51. Evitar des concentricidad con a) bujes y noyó b) tubo.



- 2- Agregar tacos de nivelación y tacos para espina de partida en pedestales, para facilitar la preparación de la fundición posteriormente.

Figura 52. Agregados tacos de nivelación.



- 3- Mantener sobre materiales normales en zona de pedestales de colizas sin necesidad de prolongar los respaldos.

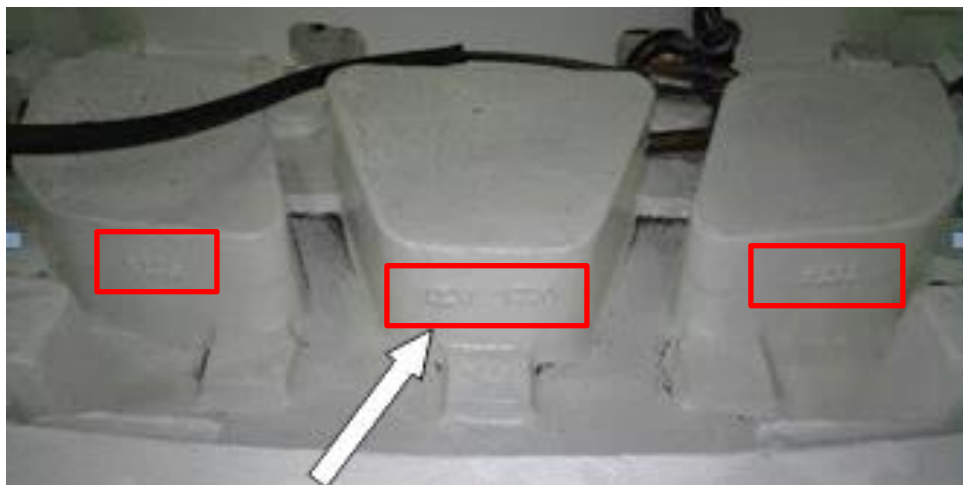


Figura 53. Zona de colizas.



- 4- Las bases con aceros cortantes deben tener identificación en los detalles en una zona que no se va a mecanizar y en la base de la misma.

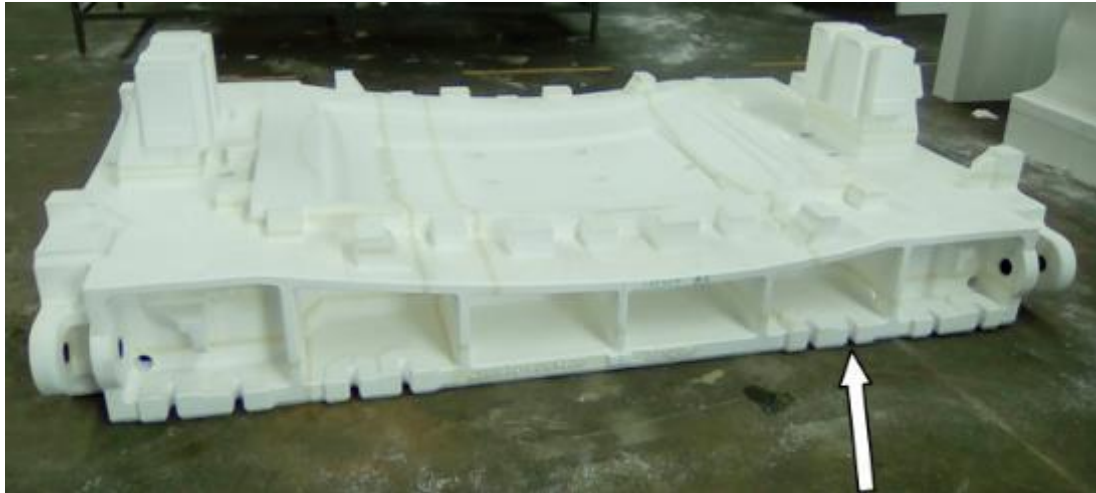
Figura 54. Identificación de los detalles.



- 5- Abrir embrides de sujeción en las bases directamente en los modelos.



Figura 55. Embrides abiertos en el modelo.



- 6- En los modelos de los prensachapas, punzones y hembras debe haber un oblongo de 100 x 80 para poderlo embridar.

Figura 56. Oblongos para embridar.



- 7- Implementar los bujes roscados en el modelo, rosca M16 o M24, según detalle, para el primer movimiento de este.



Figura 57. Bujes roscados para colocar cáncamos para movimiento.



- 8- En los modelos de las fundiciones de formar colocar tacos niveladores para mecanizar y luego de terminar el copiado final.

Figura 58. Tacos niveladores para mecanizar.



- 9- En los modelos no solo colocar cáncamos para izar el detalle, si no también cáncamos para girar el mismo.



Figura 59. Bujes para cáncamos para girar el detalle.



10- En los modelos de los prensachapas debe haber agujeros para pasajes de limitadores, los cuales deben estar terminados en el modelo

Figura 60. Agujeros para pasajes de limitadores.



Lo mismo que se realizó con el cuaderno de diseño, se realizó con el Cuaderno de buenas prácticas de modelos. Se tuvo que dar una inducción al modelista y a la persona encargada de controlar los modelos de todos y cada uno de los cambios propuestos.



Realizar los modelos, si tuvo un aumento de tiempo dado que la mayoría de las buenas prácticas requieren un poco más de trabajo; de todos modos, al igual que en el caso del diseño, todo esto sirve para mejorar y facilitar los procesos siguientes. Es mejor gastar una hora más en la fabricación del modelo y luego ahorrar varias horas de mecanizado y movimientos.

Figura 61. Modelo de Base superior con agujeros alineados para conservar concentricidad.



Como se puede ver en la imagen superior, se colocaron en el modelo caños en las orejas de transporte para asegurar no solo el diámetro justo del agujero, sino también la concentricidad de los agujeros de transporte.



En la siguiente figura se puede apreciar, como los nervios nunca forman una “T” o “X” para evitar los defectos en la fundición.

Figura 62. Modelo de Base con entrecruzamiento de nervios optimizado.





Figura 63. Modelo de base con pasaje de columna mecanizado.



En la imagen anterior se aprecia que ya se encuentra mecanizado en el modelo el pasaje de la columna de la base superior, esto ahorra mucho tiempo de mecanizado y muchos insertos también, como concusión obtenemos un gran ahorro en tiempo y plata.

Además de estos que nosotros hemos mostrado, se han aplicado también el resto de las practicas según correspondía en el modelo.

4.3.3.1 Análisis 5W+1H – FUNDICIÓN



Tabla 15. Análisis 5W+1H: Fundición

PROBLEMA		FENOMENO
Aumento del costo del detalle.		Detalle con defectos de fundición
¿QUE?	(What?)	Fundición con demasiada de defectos, rechupes, poros, arena sinterizada pegada
¿CUÁNDO?	(When?)	Al ser fundido.
¿DONDE?	(Where?)	En el fundidor
¿QUIEN?	(Who?)	Al fundidor
¿CUAL?	(Which?)	Todos los detalles de matricería fundidos.
¿COMO?	(How?)	Semanas de atraso en el planning

4.3.3.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)

Figura 64. Análisis espina de Pescado: Fundición

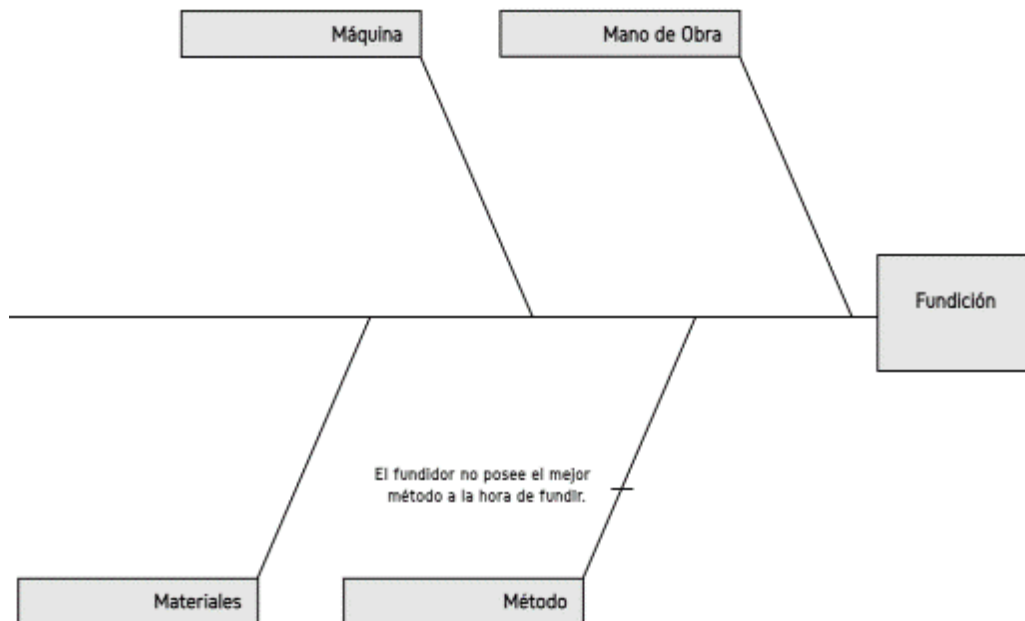


Tabla 16. Verificación espina de pescado: Fundición

VERIFICACIÓN ESPINA DE PESCADO



Ítem	Posible Causa	Causa Potencial	Método de verificación	Valor de Referencia	Conclusión	Estatus
1	No se utiliza el mejor método a la hora de fundir, pero al ser tercerizado no podemos solicitar grandes cambios.	Nuestros detalles significan poca cantidad comparado con el volumen de trabajo de ellos.	Visual – CheckList	Check List	OK	CERRADO

Dado que esta falla no depende de nosotros, no haremos un análisis más extenso de este problema.



4.3.4.1. Análisis 5W+1H – TRATAMIENTO TÉRMICO

Tabla 17. Análisis 5W+1H: Tratamiento térmico

PROBLEMA		FENOMENO
Aumento del costo del detalle.		Rotura o falla del detalle dado a una mala implementación del T.T.
¿QUE?	(What?)	Rotura o falla del detalle dado a una mala implementación del T.T.
¿CUÁNDO?	(When?)	Al ser tratado térmicamente el detalle
¿DONDE?	(Where?)	En el área de matricería
¿QUIEN?	(Who?)	A fabricación.
¿CUAL?	(Which?)	Todos los detalles de matricería fundidos.
¿COMO?	(How?)	Semanas de atraso en el planning

4.3.4.2. Análisis 4M (Espina de Pescado)

Figura 65. Análisis espina de Pescado: Tratamiento térmico

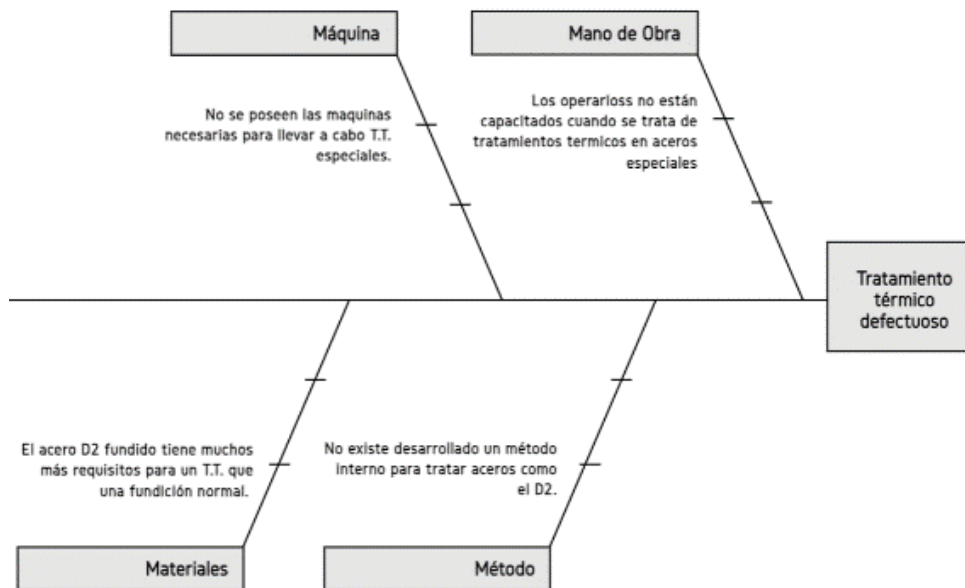


Tabla 18. Verificación espina de pescado: Tratamiento térmico

VERIFICACIÓN ESPINA DE PESCADO



Ítem	Posible Causa	Causa Potencial	Método de verificación	Valor de Referencia	Conclusión	Estatus
1	No se poseen las máquinas	Nunca se realizaron T.T. sobre aceros especiales	Visual		NOK	CERRADO
2	Operarios no capacitados	Nunca se realizaron T.T. sobre aceros especiales	Visual		NOK	CERRADO
3	Acero D2 especial	Acero con complicaciones a la hora de realizar un T.T. sobre un detalle grande.	Visual		NOK	CERRADO
4	No existe un método.	Nunca se realizaron T.T. sobre aceros especiales	Visual		NOK	CERRADO

4.3.4.3. Análisis de los cinco por qué

Tabla 19. Análisis de los cinco por qué: Tratamiento térmico

Problema	Nivel de la Unidad	Nivel de la Sub- Unidad	Nivele de partes, materiales, métodos, etc.			
	Factores posibles, verificación					
	W1	W2	W3	W4	W5	



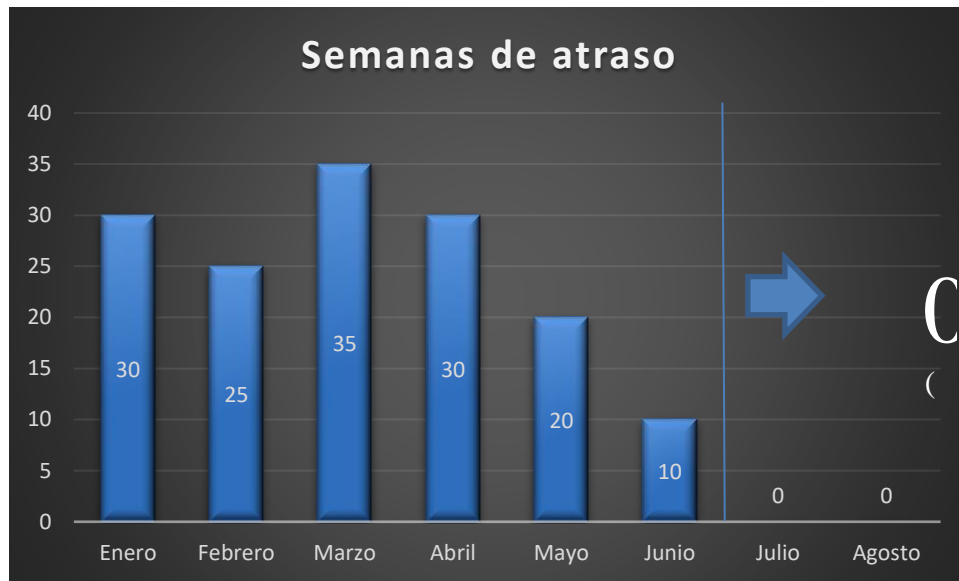
No se poseen las máquinas	Nunca se realizaron T.T. sobre aceros especiales	Porque no se solicitó	Siempre se trabaja con los mismos materiales	Porque no se tiene el know how	Falta de inversión
Operarios no capacitados	Nunca se realizaron T.T. sobre aceros especiales	Porque no se solicitó	Siempre se trabaja con los mismos materiales	Porque no se tiene el know how	Falta de inversión
Acero D2 especial	Acero con complicaciones a la hora de realizar un T.T. sobre un detalle grande.	Acero de alta aleación	Alta templabilidad	Alto Carbono equivalente	Composición química
No existe un método.	Nunca se realizaron T.T. sobre aceros especiales	Porque no se solicitó	Siempre se trabaja con los mismos materiales	Porque no se tiene el know how	Falta de inversión

4.3.4.4. Objetivo

Nuestro objetivo para esta perdida puntual es, llegar a cero horas de retrabajo en un periodo de 6 meses, esto es un objetivo SMART, dado que es Especifico (Specific), Medible (Measurable), Alcanzable (Achievable), Realista (Relevant) y en Tiempo (Time-bound).



Figura 66. Grafica de la evolución buscada en la reducción de horas de retrabajo por mes.



4.3.4.5. Plan de acción:

1. Realizar una investigación y un estudio sobre el proceso de temple a la llama
2. Adquirir insumos y accesorios necesarios que se requieran para un correcto tratamiento térmico.
3. Definir el procedimiento a aplicar.
4. Capacitar al personal.

Luego de definir las tareas a realizar se elaboró el siguiente procedimiento:

No se deben temprar a la llama, aquellos detalles de acero D2 fundido que pesen más de 300 Kg.

PRECALENTAMIENTO: para evitar fisuraciones, la pieza que va a ser endurecida; debe ser precalentada en un horno de tratamiento térmico a 300-400°C.



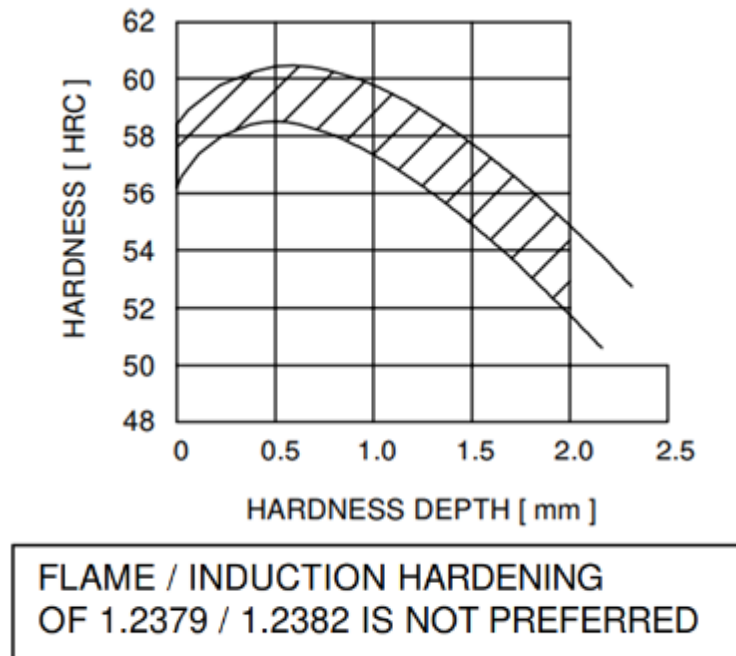
Se debe evitar calentar a temperaturas mayores, dado que puede terminar en un temple inadecuado. La pieza debe ser mantenida a la temperatura de precalentamiento hasta que se complete todo el calentamiento.

TEMPLE: los bordes y partes que deben ser endurecida, deben calentarse a 930-970°C por el quemador. Se debe trabajar con una llama reductora, por ejemplo: con exceso de gas y un cono de flama largo. La llama con la cual se temple debe estar a unos 15mm de la parte a ser endurecida y debe pasar uniformemente a través de la pieza. La parte luego se temple en aire en movimiento o con aire comprimido seco.

REVENIDO: el revenido se debe realizar inmediatamente después del temple, se realiza a una temperatura de 500°C para llegar a la dureza secundaria. La dureza obtenida debe ser de acuerdo con el siguiente gráfico:



Figura 67. Norma Ford WDX. Dureza vs. Profundidad en endurecimiento superficial.



Después de haber acordado el procedimiento con la empresa encargada de realizar el tratamiento térmico, se llevó el punzón a esta para que puedan comenzar con el proceso de distensionado y una vez finalizado este, empezar en la madrugada con el precalentamiento a 400°C del punzón.

Fuimos a la empresa de tratamientos térmicos para poder dar inicio al proceso de temple a la llama. Al llegar a la empresa a las 09:30 de la mañana, el punzón desde las 04:00 de la madrugada que se encontraba en el horno y ya se encontraba homogéneamente a 400°C. (Figura 68)



Figura 68. Parámetros del horno de precalentamiento.



A las 09:56 de la mañana, se retiró la pieza del horno para comenzar con el procedimiento. (Figura 69).

Figura 69. Detalle fundido listo para templar luego del precalentamiento.



A las 10:01 además de todo el proceso previamente acordado, se pactó realizar el enfriamiento del temple a través de una pequeña corriente de aire comprimido seco y a



las 10:02 se le realizó una pequeña marca, a modo de prueba, con una lima para corroborar que el material se encontrará en un estado recocido blando (Figura 70).

Figura 70. Marcas de lima realizadas para corroborar la dureza.



A las 10:04 comenzó el tratamiento de temple a la llama (Figura 71), para el mismo se utilizó un soplete con una boquilla del N°6, un tubo de oxígeno y otro de acetileno y una manguera de aire comprimido seco que servía para enfriar el material austenizado.



Figura 71. Comienzo del temple a la llama.



A las 10:07 se volvió a realizar una marca con una lima para probar que la dureza del material fuera la adecuada, el material se encontraba duro, pero se decidió de todos modos abrir un poco más el flujo de aire para asegurar el enfriamiento y dureza. A las 10:11 se realizó también una prueba de temple, pero sin enfriamiento forzado con aire comprimido seco, luego se probó la dureza con la lima y también estaba correcta.



Figura 72. Prueba de temple a la llama, pero sin aire forzado.



A las 10:15, 10:21 y 10:32 se comprobó visualmente y no tenía ninguna fisura visible a simple vista, también se comprobó la dureza con la lima y en los tres casos fue satisfactoria.

A las 10:35, llevando ya 31 minutos de temple apareció la primera fisura (Figura 73)



Figura 73. Primera fisura en el detalle



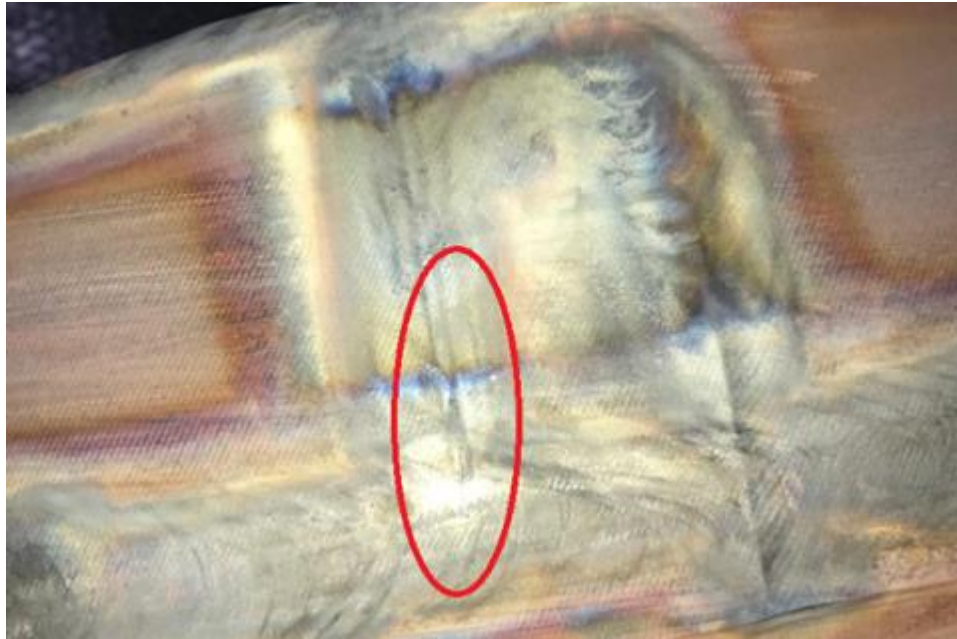
Según el templador, con el pico que estábamos utilizando no se alcanzaban los 1080°C grados necesarios para austenizar el material y poder templar la pieza, así que se decidió medir a qué temperatura se llegaba con el calentamiento.

A las 10:40 se midió la temperatura de la pieza y la misma se encontraba en 320°C, acto seguido se midió a qué temperatura se llegaba con el calentamiento del soplete y la misma fue a 900°C, es decir no se alcanzaban correctamente los 1000-1080°C necesarios para el temple con el equipamiento que se estaba utilizando.

A las 10:44, siguieron apareciendo más fisuras (Figura 74)



Figura 74. Fisuras visibles a simple vista



Finalizado el procedimiento de temple a la llama a las 10:49, se controló la temperatura de la pieza y la misma estaba a 310°C.

A las 10:52 se comenzó a enfriar la pieza con un ventilador hasta temperatura ambiente para que posteriormente sea revenida. (Figura 75)



Figura 75. Enfriamiento del punzón con un ventilador.



Se controló la temperatura de la pieza a las 11:00 y la misma ya había llegado a 270°C.

Dado que no se pudo lograr llegar a los 1080°C necesarios para realizar un temple correcto, se decidió que el revenido fuera solamente a 200°C y durante un periodo de cuatro horas, para no bajar tanto la dureza.



Se notó a simple vista, que todas las fisuras se encontraban en lugares que se templaron más cerca del final del proceso y que ya tenían en la cercanía un radio templado; es decir que ya había una zona de la pieza con tensiones.

Habiendo llegado a temperatura ambiente, se dio comienzo al tratamiento de revenido a las 11:03.

Figura 76. Controlador del horno para el proceso de revenido.

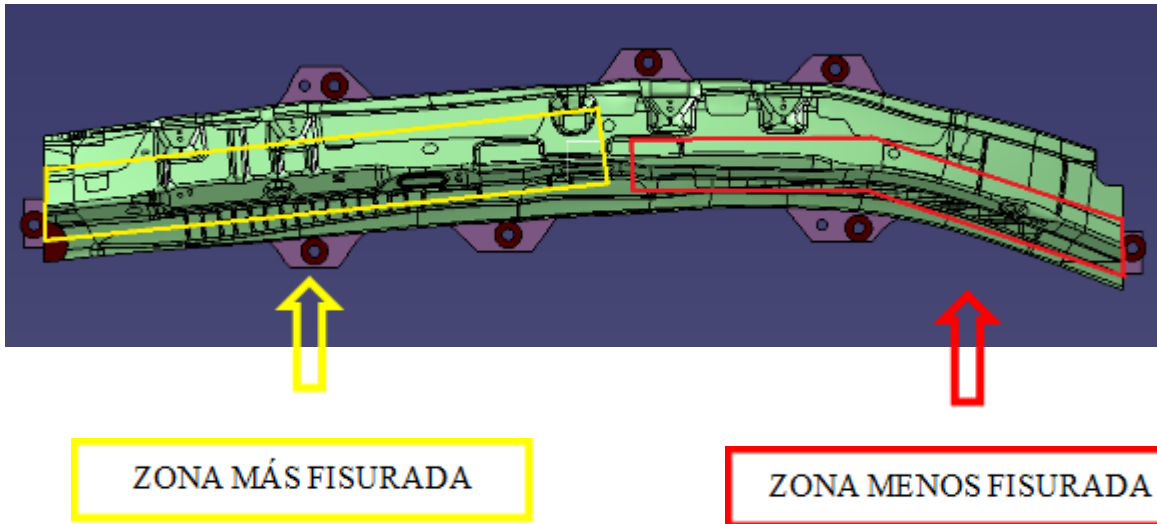


Ese mismo día a las 15:00 horas, se finalizó el tratamiento de revenido y el punzón fue llevado a la empresa para decidir cómo se continuaría con el mismo.

Al llegar a nuestra empresa se podían ver sobre el punzón algunas fisuras, pero en comparación con los dos procedimientos anteriores se había fisurado en una cantidad mucho menor y como dijimos antes, las zonas con fisuras eran aquellas que tenían otro temple en una zona cercana. En la Figura 77, se ven marcadas la zona con fisuras y la zona sin.



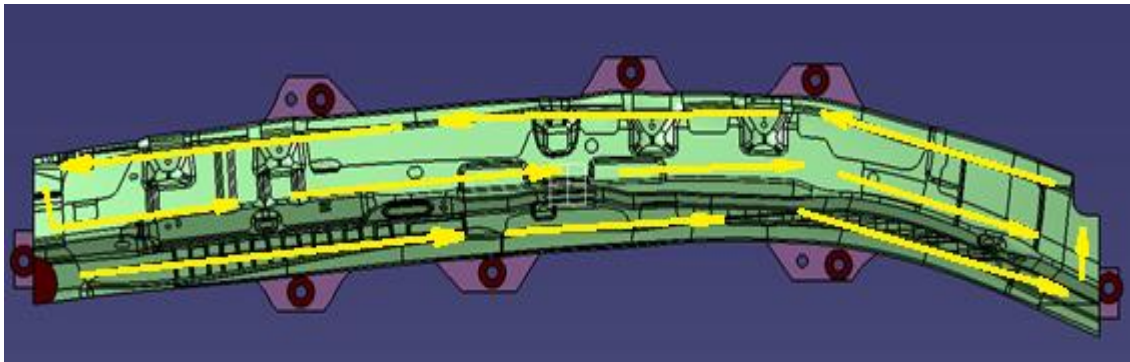
Figura 77. Zonas fisuradas del punzón.



Habiendo finalizado el temple del punzón, en conjunto con el templador se llegaron a algunas hipótesis basadas en lo que sucedió mientras se realizaba el temple.

Primero que nada, para realizar el temple del punzón se debe tener una hoja de ruta de que parte hacer primero y por donde continuar, dado que realizando lo de la manera en que el templador estaba acostumbrado (Figura 78), el mismo tenía tensiones desparejas y estas generaban fisuras.

Figura 78. Recorrido de temple sobre el punzón.





4.5 KPI

4.5.3 Espera

Objetivo:



Realidad:

DETALLE	TIEMPO DE ESPERA ENTRE MECANIZADOS
Punzón	2 horas y 15 minutos
Prensa chapa	5 horas y 25 minutos
Flotante	1 hora y 45 minutos
Prensa chapa	10 horas y 30 minutos
Porta pieza	6 horas
Punzón	3 horas y 10 minutos

4.5.4 Transporte



Objetivo:



Realidad:

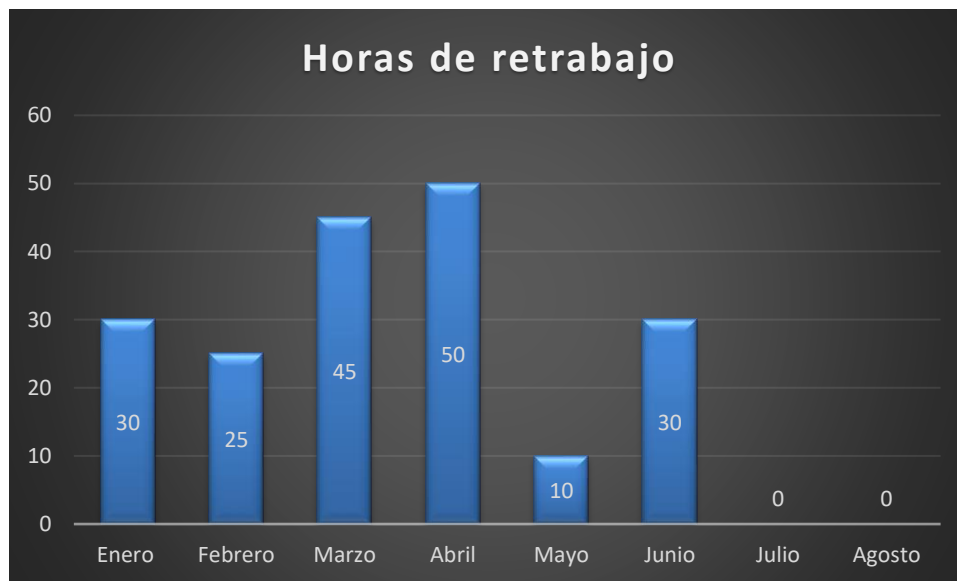
DETALLE	Nº PUNTOS DE IZAJE	MOVIMIENTO	TIEMPO
Punzón	2	Bajada de la máquina + traslado a armado	17 minutos y 43 segundos
Prensa chapa	4	Bajada de la máquina + Rotación 180° + subida a otra máquina	23 minutos y 55 segundos.
Flotante	3	Bajada máquina + rotación 180°	19 minutos.



Prensa chapa	2	Bajada de la máquina + Rotación 180° + subida a otra máquina	29 minutos y 3 segundos.
Porta pieza	2	Bajada de máquina	11 minutos y 16 segundos.
Punzón	4	Traslado desde armado + Subida a máquina.	13 minutos y 23 segundos.

4.5.5 Defectos

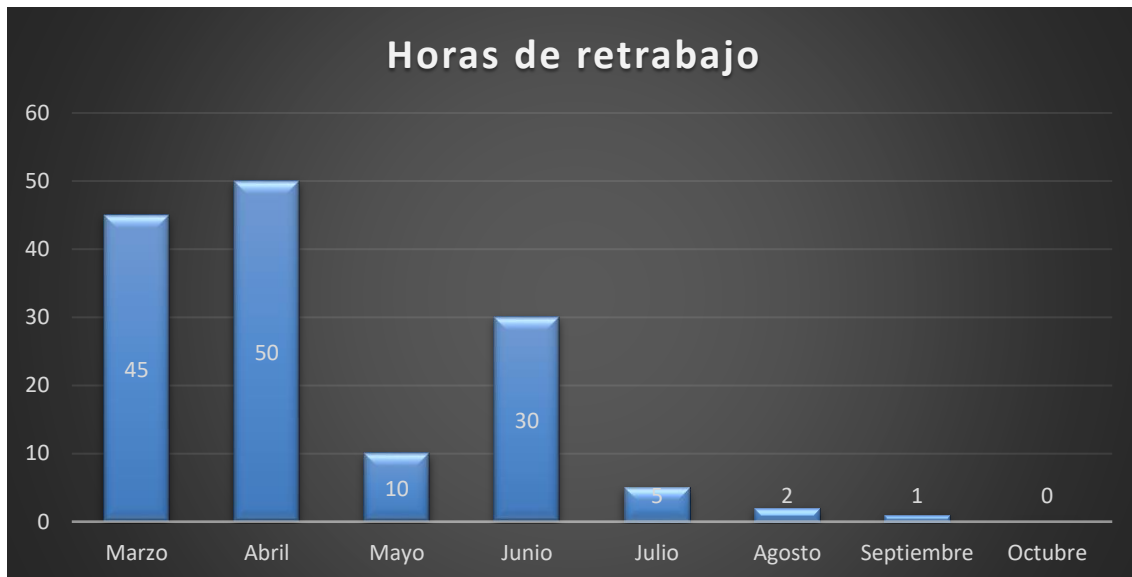
Objetivo:



Realidad:



DETALLE	PROBLEMA	RE-TRABAJO
Punzón	Fisuración luego del tratamiento térmico	10 horas
Base	Embrides descentrados.	5 horas.
Base	Agujero orejas de transporte no paralelos.	2 horas.
Prensa chapa	Faltan agujeros de transporte.	4 horas.
Punzón	Porosidad	10 horas.





Capítulo 4

Resultados y discusión.

En este capítulo se recapitulará lo realizado durante todo este trabajo, tratando de diseñar y realizar un proceso de fabricación para los detalles de matricería de acero D2 fundido.

El punto de partida de este estudio es el hecho de que las normas de construcción del cliente especifican que, para estampar chapas de alta resistencia, ciertos detalles de matricería deben ser construidos en acero D2 fundido (1.2382). A raíz de esto, el problema recurrente es que los costos de construcción de los mismos sobrepasan el presupuesto y los tiempos previstos generando pérdidas en el proceso.

La aplicación del método ciclo CAP-Do permitió identificar y analizar las 3 pérdidas de manufacturas: Espera, Transporte, Defectos y generar planes de acción de acción para su reducción/eliminación. La implementación de lo planeado arrojó los siguientes resultados para cada uno:

4.1. Espera

Se logró reducir en casi un 80% el tiempo de espera entre las distintas etapas productivas del proceso gracias a la utilización del software de Gestión Monday y ciertos ajustes el modelo y diseño que facilitan el traslado, los cuales serán explicados más adelante.

Se pasó de:



Tabla 20. Comparativa entre los tiempos de espera iniciales y los logrados.

DETALLE	TIEMPO DE ESPERA ENTRE MECANIZADOS	
	ANTES	DESPUES
Entre FASE 0 y 1	2 horas y 15 minutos	1 hora
Entre FASE 1 y 2	5 horas y 25 minutos	1 hora y 5 minutos
Entre FASE 2 y 3	1 hora y 45 minutos	55 minutos
Entre FASE 3 y 4	10 horas y 30 minutos	2 hora y 30 minutos

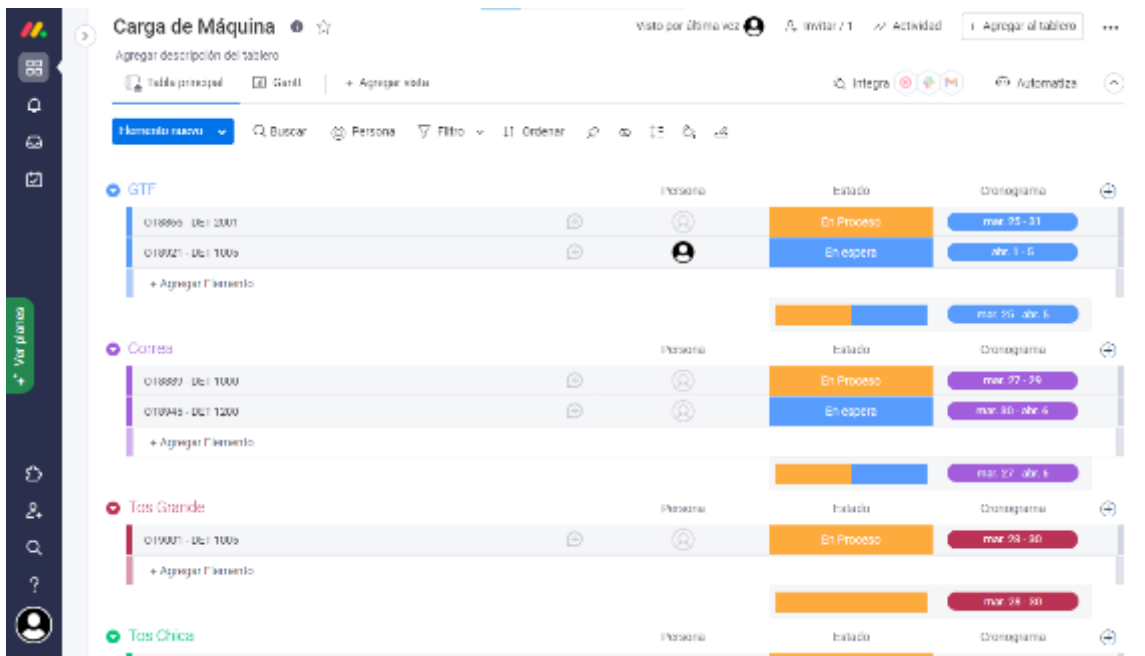
Como podemos apreciar en la tabla de arriba, los tiempos de espera entre mecanizados se ha reducido notablemente.

La espera entre procesos, como pueden ser los mecanizados o el ajuste, tiende a ser demasiada. Esto la mayoría de las veces no se da solo porque las maquinas necesarias están ocupadas o averiadas, sino también porque existe una deficiente organización y/o planificación, las tareas tardan más de lo planificado y porque no se expresa de manera muy explicita y directa las prioridades a los encargados del manejo de las máquinas.

La mayor generadora de espera, ergo de perdida, es la anticuada técnica que se tiene en la empresa para realizar la organización y programación de los mecanizados a realizar, a través de un Excel, sin entre cruzar las prioridades, máquinas y/o pesos. Es por esto por lo que se ha propuesto la utilización del programa web llamado “Monday”, en el cual se puede realizar una mejor distribución de los mecanizados, por máquina, por detalle y por prioridad. Además, dado que cada centro de mecanizado posee una computadora, en la



misma se abre el programa “Monday” y de esta manera los operarios de cada uno de los centros de mecanizado saben que detalles van a tener que mecanizar durante toda la semana. Esto les facilita saber que herramientas necesitaran, que detalle deben tener cerca, entre otras cosas; todo esto aporta a la reducción de los tiempos de espera de cada uno de los detalles y reduciendo dichos tiempos, son menos las horas por ende se abarata el costo del proceso en general y se cometen menos errores porque los operadores están más preparados para cada uno de los mecanizados.



Como se puede ver en la imagen, el software utilizado es de fácil manejo, intuitivo y está organizado por la gente de producción de una manera muy eficiente, al estar dividido por centros de mecanizado. Esto permite a los encargados de realizar la programación de máquina, filtrar y que, en cada computadora, solo aparezca la información referida a dicho centro de mecanizado. Además, en caso de haber algún cambio o modificación en



la programación, no es necesario que se le vaya a avisar al operario dado que el programa se actualiza constantemente y el operador está en total contacto con la información.

Para la edición y modificación de la programación solo tienen permiso de editor las personas encargadas de realizar dicha programación y los operarios solo tienen permiso de visualizadores. No obstante, los operarios de cada uno de los centros, si tienen permiso de colocar “Comentarios” sobre la programación, para dar un feedback y opiniones al programador y lograr que la distribución sea realizada de la mejor manera posible, con opiniones de todas las personas incluidas en el proceso.

4.2. Transporte

Se logró reducir en casi un 50% el tiempo de transporte entre las distintas etapas productivas del proceso al optimizar la cantidad de puntos de izaje de los detalles. De esta manera, por medio de una solución bastante simple que se puede introducir en la etapa de diseño y de modelo, se simplificaron los movimientos de volteo, rotación y/o cualquier otro que se deba realizar, acortando así de manera muy significativa los tiempos de movimiento de los detalles. A continuación, la comparativa respecto a la situación inicial:

Tabla 21. Efecto del aumento de puntos de Izaje en la reducción de tiempo de manipuleo.



DETALLE	N° PUNTOS DE IZAJE		TIEMPO	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
Punzón	2	4	17 minutos y 43 segundos	5 minutos y 10 segundos.
Prensa chapa	4	8	23 minutos y 55 segundos.	13 minutos y 3 segundos
Flotante	3	6	19 minutos.	6 minutos y 32 segundos
Prensa chapa	2	6	29 minutos y 3 segundos.	16 minutos y 6 segundos.
Porta pieza	2	8	11 minutos y 16 segundos.	2 minutos.
Punzón	4	6	13 minutos y 23 segundos.	6 minutos y 28 segundos

Se puede ver en la tabla anterior, que solamente con el agregado de mayores puntos de izaje en cada uno de los detalles, los tiempos para mover dicho detalle entre tareas se reduce hasta más de un 50%; logrando así un ahorro en tiempo el cual se puede traducir directamente en costos.

4.3. Defectos

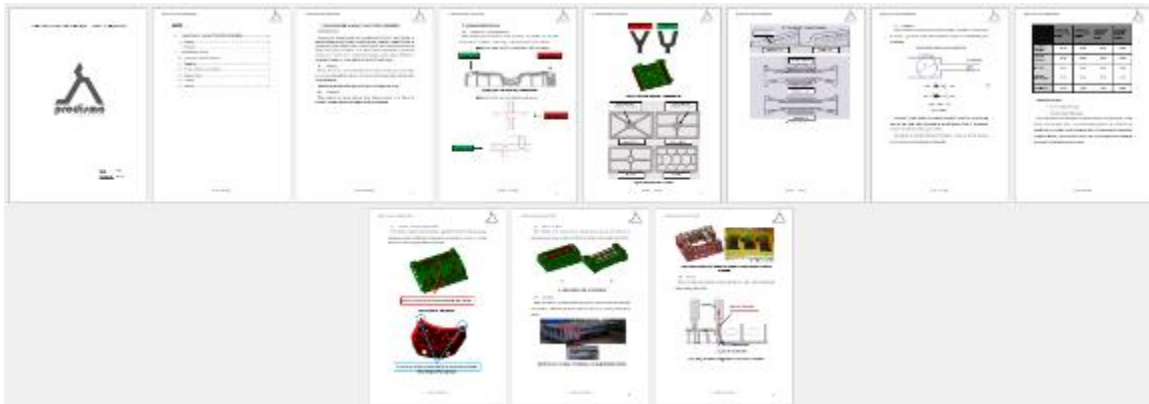
4.3.1. Diseños

Se ha realizado un Manual de buenas prácticas de diseño, el cual se utiliza no solo dentro de la fábrica, sino que también se ha distribuido a los proveedores de diseño y se los ha instruido en el mismo. Logrando así que todos aquellos defectos que se dieran a



raíz de un diseño defectuoso hayan disminuido a una. Como efecto secundario de esto, se ha descendido los tiempos de mecanizado en un 10% al eliminar las pasadas de eliminación de porosidad superficial y recopiado por deformaciones en las zonas débiles del detalle al ser fundido.

Figura 80. Manual de buenas Prácticas: Diseño de detalles fundidos.



4.3.2. Modelos

Se ha realizado un Manual de buenas prácticas de fabricación de modelos, el cual se ha discutido y elaborado con el principal proveedor de modelos. Logrando así que todos aquellos defectos que se dieran a raíz de un modelo defectuoso disminuyeran a cero.

Como efecto secundario de esto, se ha descendido los tiempos de mecanizado en un 15% con la decisión de hacer un modelo con menos sobre material en determinadas zonas y al incorporar elementos como fijaciones, perforaciones, etc. directamente a geometría final en esta etapa en vez posteriormente por mecanizado.



Figura 81. Manual de buenas prácticas: Modelos de Telgopor.



4.3.3. Tratamiento térmico

El resultado del procedimiento aplicado fue un documento que forma parte del manual de calidad del sistema de gestión de calidad de ISO 9001:2015 de la empresa:

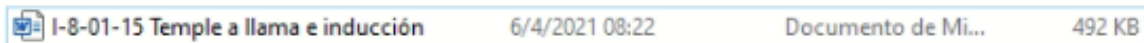
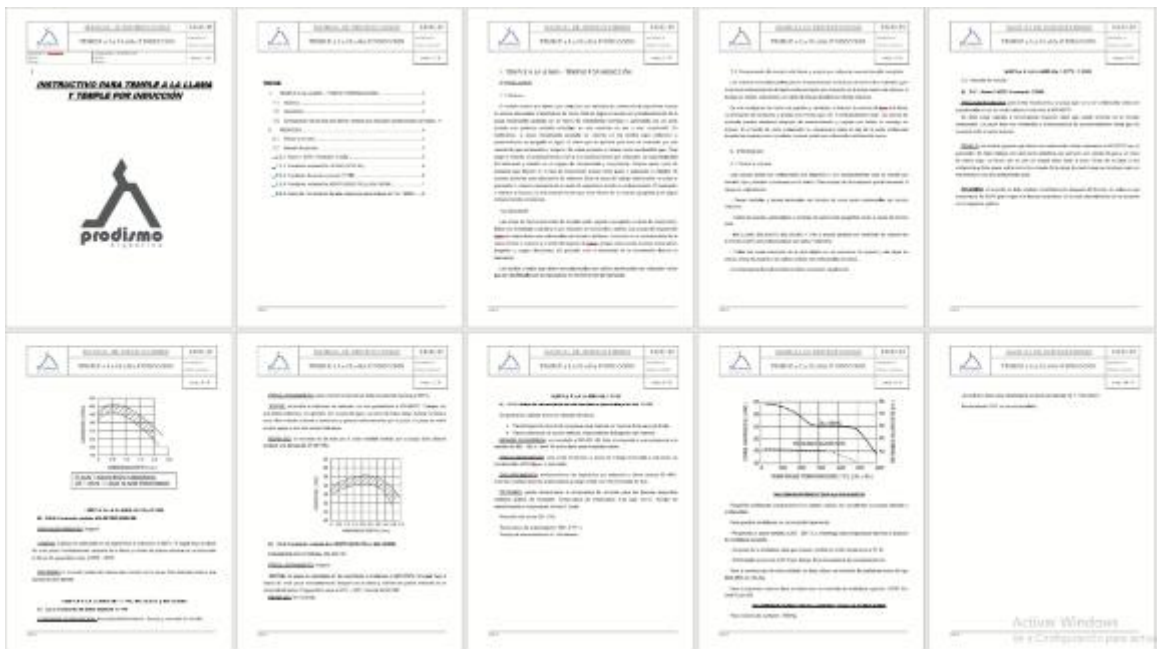


Figura 82. Instructivo de temple a la llama para detalles fundidos en acero D2.





La aplicación de este instructivo a la hora de realizar un tratamiento térmico sobre detalles de acero D2 fundido nos ha permitido que los defectos y por ende horas de re trabajo disminuyan hasta prácticamente cero.

Tabla 22. Cuadro comparativo de costos entre el proceso inicial y el propuesto.

Etapa	Tiempo anterior (hs)	Tiempo actual (hs)	Diferencia (%)	Observaciones
Diseño	16	16	0 %	
Modelo	4	5	+25 %	Aumento de tiempo para mejorar calidad
Fundición	93	93	0 %	
Ensayos	4	4	0 %	
Primer Mecanizado	40	30	-25 %	
Tratamiento térmico	8	9	+12 %	Aumento del tiempo para mejorar calidad
Mecanizado Final	30	22	-25 %	
Traslados y manipulación	30	19	-60 %	
Total en Hs	225	179	-20,4 %	USD -1.840,00



La reducción de costos alcanzada al implementar este nuevo proceso representa un ahorro de USD 1.840 en la construcción de un detalle fundido. Tenido en cuenta que la empresa trabaja un número de 2 a 3 proyectos al año y que cada proyecto consta con 10 matrices en promedio con 3 detalles fundidos del tipo al que se analizó en este trabajo, se puede afirmar que la empresa construye 75 detalles al año. Por lo tanto, el ahorro anual con la incorporación de este método es de USD 138.000.

$$\text{Ahorro anual} = 1.840 \frac{\text{dólares}}{\text{detalle}} \times 75 \frac{\text{detalles}}{\text{año}} = 138.000 \text{ dolares}$$

4.3. Expansión del proceso

4.3.1. Futuros Materiales

Una de las principales acciones futuras y mejoras a aplicar a este método va a ser la ampliación a otros aceros que no sean el D2.

A través de los años las partes de los automóviles tienen cada vez más exigencias en todas y cada una de sus pruebas, como pueden ser los crash test y por esta razón se han vuelto más resistentes; exigiendo de la misma manera a que las herramientas de estampado tengan materiales más resistentes. Los materiales para realizar matrices de estampado más resistentes tienen condiciones de fundición, mecanizado y tratamiento térmico especiales dependiendo del material y muy diferentes entre sí, por esta razón no se los puede tratar a todos de la misma forma.

Uno de los materiales que más está apareciendo en las normas para la fabricación de matrices de cada una de las automotrices es el GP4M, un nuevo acero fundido para herramientas que ofrece no solo los beneficios de los materiales de baja aleación, sino



que al mismo tiempo tiene todas las características favorables de los grados de materiales de alta aleación. Debido a su bajo contenido de carbono, el material tiene una tenacidad muy alta. El comportamiento de la dureza secundaria del material se rige por el ajuste de los componentes de la aleación. Esto permite que la alta dureza de trabajo se ajuste adecuadamente a altas temperaturas de revenido para que se pueda realizar tanto un tratamiento de nitruración como un recubrimiento de material duro.

Dado que este material va a comenzar a aparecer en la fabricación de matricería deberá ser el próximo a estudiar para realizar un método, el cual estará en gran manera guiado y basado en este mismo.



Capítulo 5

Conclusión

Como hemos podido ver a través de todo el desarrollo del trabajo, la aplicación de este método ha ayudado al ahorro no solo de costos, sino también de tiempo a lo largo del proceso.

Habiendo detectado cuales era las tres Mudas de la Manufactura que más afectaban a nuestro proceso de fabricación de detalles fundidos en acero D2, se realizó un estudio detallado de cada una de las mudas con las herramientas del *Análisis de las 5W+1H*, *Análisis 4M* y *Análisis de los 5 POR QUÉ*. Con los resultados de cada una de estas herramientas, se trazó un objetivo por MUDA y un plan de acción para llegar a dicho objetivo.

Se logró de esta manera reducir los tiempos de espera y de transporte en un 80% y 60% respectivamente. Además, se logró reducir en prácticamente a cero las horas de retrabajo debidas a defectos en el *Diseño, Modelo y/o Tratamiento Térmico* de los detalles de D2 fundido.

Sabiendo, gracias a la industria, que las materias primas de las partes automotrices son cada vez más exigentes con las herramientas de estampado; son estas las que van a necesitar cada vez mejores materiales como el D2 fundido, GP4M, 1.2769, 1.2333 entre otros. Es por esto, que el próximo paso dentro de la misma línea de investigación debería ser la aplicación de este MÉTODO a otros aceros especiales utilizados en la matricería. Pero no debemos frenar ahí, estamos convencidos de que este método tiene mucho



potencial para ser aplicado a otras partes del proceso, como ser Simulación o Ciclo de corrección, para lograr la mejora de los mismos.



Lista de referencias

- ASM Handbook, C. (1991). ASM Metal Handbook. En *Volume 4: Heat Treating*. USA.
- Gutter, K. (1977). *Manual Técnico del Matricero*. Barcelona: Jose Montesó.
- Joaquín Cuervo Tafur, J. A. (2013). *Costeo basado en actividades ABC: Gestión basada en actividades ABM*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Menéndez, G. (13 de Febrero de 2014). *Preven Control*. Obtenido de <https://prevencontrol.com/prevenblog/las-7-mudas>
- Rossi, M. .. (1979). *Estampado en Frio de la Chapa*. Barcelona: Dossat S.A.
- Suchy, I. (1998). *Handbook of Die Desing*. New Jersey: McGraw-Hill.



Anexo I

Fecha: 19/09/2021

SOLICITUD DE TEMA DE TRABAJO FINAL DE GRADO

Sr. Director de Departamento:

Me dirijo a Ud. a fin de solicitar la aprobación del tema de TRABAJO FINAL que propongo a continuación:

TEMA:

Nombre: Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero fundido D2

Descripción: Tratar la problemática de los fabricantes de matrices para lograr la reducción de costos y tiempos, haciendo foco en el proceso de fabricación de los detalles fundidos que poseen el mayor costo por detalle del total que conforman una matriz de estampado en frío.

Tutor de Trabajo Final:(si el trabajo cuenta con dos o más tutores, repetir este formulario de datos).

Nombre: Federico Gramajo

Cargo: Ayudante 1ra

Dirección Personal o Laboral: Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja, Córdoba

Tel: +54 9 3516 88-4130 e-mail: federico.gramajo@gmail.com

Firma del Tutor:..... 

Datos del Alumno:(si el trabajo es realizado por dos alumnos, repetir este formulario de datos).

Nombre y Apellido: Pedro Agustín Aimaretto

Carrera: Ingeniería Metalúrgica

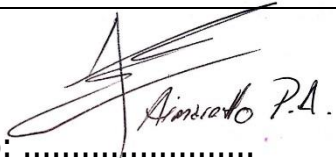
Matrícula: 71952

Materias que faltan aprobar: Ninguna

Dirección: Justo Jose de Urquiza 1726 – Piso: 6 Depto.: C

Localidad: Córdoba Provincia: Córdoba

Tel: + 54 9 3516570873 e-mail: pedroaimaretto@gmail.com

Firma del Alumno:..... 



Anexo I

Fecha: 17/09/2021

SOLICITUD DE TEMA DE TRABAJO FINAL DE GRADO

Sr. Director de Departamento:

Me dirijo a Ud. a fin de solicitar la aprobación del tema de TRABAJO FINAL que propongo a continuación:

TEMA:

Nombre: Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero fundido D2

Descripción: Tratar la problemática de los fabricantes de matrices para lograr la reducción de costos y tiempos, haciendo foco en el proceso de fabricación de los detalles fundidos que poseen el mayor costo por detalle del total que conforman una matriz de estampado en frío.

Tutor de Trabajo Final:(si el trabajo cuenta con dos o más tutores, repetir este formulario de datos).

Nombre: Federico Gramajo

Cargo: Ayudante 1ra

Dirección Personal o Laboral: Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja, Córdoba

Tel: +54 9 3516 88-4130 e-mail: federico.gramajo@gmail.com

Firma del Tutor:..... 

Datos del Alumno:(si el trabajo es realizado por dos alumnos, repetir este formulario de datos).

Nombre y Apellido: Cattivelli Matías Nicolás

Carrera: Ingeniería Metalúrgica


Matrícula: 72281

Materias que faltan aprobar: Prácticas supervisadas

Dirección: Isabel la Católica 451 – Piso: 7 Depto.: G

Localidad: Córdoba Provincia: Córdoba

Tel: + 54 9 3517611592 e-mail: matyascattivelli@gmail.com

Firma del Alumno: 



Anexo II

Fecha: 20/09/2021

TRIBUNAL DE ACEPTACIÓN DE TEMA PARA EL DESARROLLO DE TRABAJO FINAL DE GRADO

Tema: “Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero fundido D2 “

Integrantes:

- 1 Presidente: L. Sanchez
- 2 Integrante: D. Suarez
- 3 Integrante: R. Bonaiutti

Sr. Profesor

De mi mayor consideración:

Me dirijo a Ud. con la finalidad de solicitarle analice la descripción del tema de trabajo final de grado propuesto por los alumnos: Aimaretto Pedro Agustín, Cattivelli Matías Nicolás

De acuerdo al sistema vigente, como integrante del tribunal, deberá **analizar** el tema propuesto para su **aceptación, rechazo y/o realización de observaciones**, de acuerdo al Anexo III.

La aprobación del tema propuesto es requisito imprescindible, para que los alumnos puedan dar inicio a su trabajo final, de manera que agradeceré devolver su opinión dentro de los próximos **7 (siete) días**.

Asimismo de acuerdo a lo establecido en el reglamento vigente:

5.a) - El tema del trabajo final de grado será de elección del alumno y podrá pertenecer a cualquiera de las áreas de la profesión a la cual se postula.

5.b) – En cuanto a su originalidad y antecedentes, el tema podrá ser:

- Parte integrante de un desarrollo más complejo, para ser continuado o completado en el futuro, o como continuador de otra u otras Trabajos Finales desarrollados anteriormente.
- Original y desarrollado integralmente, sin dejar previsto futuras ampliaciones

5.c) - Se define como “original” al realizado por el alumno (no es un plagio). Esto es, cuando no existe otro de las mismas características entre los trabajos finales ya realizados. Por lo tanto, podrán proponerse también, trabajos finales con temas ya realizados, siempre y cuando se propongan nuevos enfoques, o técnicas o aplicaciones respecto a los anteriores (aplicación de nuevas tecnologías, nuevos métodos, profundización de algún tema desarrollado anteriormente, etc.).

Sin otro particular, saludo a Ud. muy atentamente.

Director de Departamento:



Anexo III

Fecha: 11/04/2022

INFORME DE ACEPTACIÓN DE TEMA PARA TRABAJO FINAL DE GRADO

Título del trabajo: “Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero fundido D2”

- El tema puede aceptarse en su forma actual sin modificaciones.
- El tema puede aceptarse pero el/los alumno/s debería/n considerar las correcciones sugeridas.
- Rechazar.

Observaciones: Tema aceptado sin modificaciones

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Firma del Titular



Anexo IV

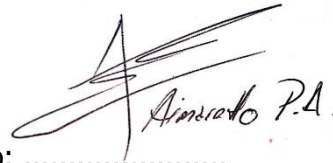
Fecha: 21/06/2022

PRESENTACIÓN DEL INFORME DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

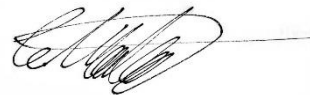
Sr. Director Departamento

De mi consideración:

Habiendo finalizado la confección del informe de mi trabajo final de grado, me dirijo a Ud. a fin de solicitar la evaluación del mismo, de acuerdo al artículo. 10.b) del "REGLAMENTO GENERAL DE TRABAJO FINAL DE GRADO".




Firma del Alumno:



Firma del Alumno:

Visto Bueno:



Firma del Tutor:



Anexo V

Fecha: 23/06/2022

SOLICITUD DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

Tema: “Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero fundido D2”

Alumno/s: Aimaretto Pedro Agustín, Cativelli Matías Nicolás

Integrantes del Tribunal:

- 1- Presidente de la Mesa: L. Sanchez
- 2- Integrante de la Mesa: D. Suarez
- 3- Integrante de la Mesa: R. Bonaiuti

Sr. Profesor

De mi mayor consideración:

Me dirijo a usted con el fin de acercarle la copia del presente trabajo final de grado. De acuerdo a la reglamentación, como integrante de la Mesa, deberá corregir el trabajo realizando las observaciones pertinentes y confeccionando un informe de acuerdo al formulario adjunto. El tiempo establecido para la corrección es de **quince (15) días**, transcurrido el mismo se deberá devolver el informe con la correspondiente evaluación (Anexo VI).

Asimismo, solicito me indique su disponibilidad de horarios para combinar la realización del examen final.

Sin otro particular, saludo a Ud. muy atentamente.

Director de Departamento



Anexo VI

Fecha: 05/07/2022

INFORME DE ACEPTACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

Título del Trabajo: “Método para la reducción de costos en la fabricación de detalles de matricería en acero fundido D2”

- El trabajo debe aceptarse en su forma actual sin modificaciones.
- El trabajo debe aceptarse pero el/los autor/es deberá/n considerar las correcciones opcionales sugeridas.
- Rechazar.

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Presidente Mesa
Firma

2º Integrante Mesa
Firma

3º Integrante Mesa
Firma

Horarios disponibles para el examen: 08/07/2022 17:30 hs

.....

.....

