

Reducción de Defectos de Rectitud en Palanquillas de Colada Continua.

Gastón Barra

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2024.

Reducción de Defectos de Rectitud en Palanquillas de Colada Continua.

Gastón Barra

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico.

Directores:

Ing. Pedro Sismondi – Ing. Guillermo Rodríguez – Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

2024

“La vida es demasiado corta para tomar vinos malos”

Lic, en Economía Juan Manuel Uberti.

Resumen

Los defectos dimensionales en palanquillas de coladas continuas representan un problema significativo, ya que las piezas que están fuera de tolerancia se convierten en chatarra, debido a que los trenes de laminación no pueden procesarlas. Este proyecto se centra en el análisis y reducción de un defecto específico conocido como "Flecha," que se refiere a la pérdida de rectitud de las palanquillas, y en la implementación de acciones para mitigar las causas identificadas.

En el caso de Acindar, la producción se realiza en dos máquinas de colada continua que generan palanquillas de sección cuadrada de 120 mm x 13,70 m y de 160 mm x 13,35 m. Cada máquina cuenta con 6 líneas de colado y un área de evacuación compuesta por rolos motorizados, carros de transferencia y una mesa de enfriamiento con un sistema de empuje mediante uñas retráctiles. Este sistema lleva las palanquillas a una mesa de inspección, desde donde se despachan a cinco trenes de laminación.

La tolerancia para la curvatura de las palanquillas es de 100 mm en el largo total o de 10 mm por metro. Actualmente, el defecto de flecha representa el 20% del declasaje total, lo que equivale al 0,20% de la producción total.

Para abordar este problema, se utilizó el método PDCA (Plan, Do, Check, Act), que permitió estratificar y ponderar las causas del defecto. Se llevó a cabo un análisis detallado de los aceros en función de su composición química y comportamiento metalográfico. Las acciones implementadas incluyeron la mejora de la homogeneidad en el enfriamiento de las palanquillas y la optimización mecánica de los equipos de evacuación.

Como resultado, se logró reducir la incidencia de palanquillas con el defecto de flecha a un 0,03% de la producción total, mejorando significativamente la eficiencia del proceso y reduciendo las pérdidas por chatarra.

Palabras clave: defectos dimensionales, palanquillas, colada continua, flecha, PDCA, enfriamiento, optimización mecánica

Abstract

Dimensional defects in continuous casting billets pose a significant problem, as out-of-tolerance pieces become scrap because the rolling mills cannot process them. This project focuses on the analysis and reduction of a specific defect known as "Bending," which refers to the loss of straightness in the billets, and on implementing actions to mitigate the identified causes.

At Acindar, production is carried out on two continuous casting machines that produce square-section billets of 120 mm x 13.70 m and 160 mm x 13.35 m. Each machine has 6 casting lines and an evacuation area consisting of motorized rollers, transfer cars, and a cooling table with a retractable finger-pushing system. This system transports the billets to an inspection table, from where they are dispatched to five rolling mills.

The tolerance for billet curvature is 100 mm over the total length or 10 mm per meter. Currently, the bending defect accounts for 20% of downgraded material, equivalent to 0.20% of total production.

To address this issue, the PDCA (Plan, Do, Check, Act) method was used, allowing for the stratification and weighting of the defect's causes. A detailed analysis of the steels was conducted based on their chemical composition and metallographic behavior. The implemented actions included improving the homogeneity of the billet cooling process and optimizing the mechanical aspects of the evacuation equipment.

As a result, the incidence of billets with the camber defect was reduced to 0.03% of total production, significantly improving process efficiency and reducing scrap losses.

Keywords: dimensional defects, billets, continuous casting, bending, PDCA, cooling, mechanical optimization

Contenido

Agradecimientos **3**

Resumen **4**

Abstract **5**

Contenido **6**

Introducción **8**

Capítulo 1: Analisis de la generación de Flecha **12**

Sistema de evacuación: Descripción de maquina de colada continua 12

Analisis estadístico 16

Capítulo 2: Estudio metalúrgico de aceros aleados **20**

Capítulo 3: Mejoras en las condiciones de colado de aceros aleados **26**

Temperatura de colado 27

Velocidad de colado 27

Caudal específico, enfriamiento secundario 27

Distribución de picos pulverizadores 28

Selección de picos pulverizadores 30

Rociado por agua por spray en mesa de salida 33

Mesa de enfriamiento 33

Velocidad de mesa de enfriamiento 34

Zona de estibado de palanquillas 35

Puntos de control 35

Nuevas acciones 40

Composición química 40

Protecciones de mesa de enfriamiento 41

Capítulo 4 ..... **41**

Disparidad en velocidad de avance de vigas de empuje 42

Uñas de empuje 43

Caída de palanquillas de grúas....43

Conclusiones y recomendaciones....44

Conclusiones....44

Recomendaciones....45

Bibliografía....46

Anexos:....47

Anexo A: Catálogo de picos serie 490-491....48

Anexo B: Planos de barra de sincronismo....50

Anexo C: Planos de uñas de enfriamiento....54

Introducción

Arcelormittal Acindar es una empresa siderúrgica localizada en Villa constitución que fabrica y comercializa aceros largos. La gama de productos está compuesta principalmente por aceros de construcción como también aceros aleados para Industrias Automotrices, Agroindustrias, Metalurgias y aceros especiales.

La empresa cuenta con una planta de Reducción Directa y un Parque de Metálicos que alimentan de hierro esponja y chatarra a la Acería. La cuál fabrica palanquillas para cinco trenes de laminación que producen alambrón y barras de distintos diámetros.

La acería está formada por dos líneas de fabricación compuestas por dos Hornos Eléctricos de 140tn de capacidad de carga y 110tn de capacidad de sangrado de acero líquido, dos Hornos Cuchara y dos Máquinas de Colada Continua

Las Máquinas de Colada Continua tienen seis líneas de colado cada una, de radio 7.000mm. Cuelan en dos secciones cuadradas de 120mm y 160mm de lado, y en dos sistemas de colado: buza abierta y buza sumergida.

El largo de las palanquillas depende de los trenes de laminación y características técnicas para optimizar su operación: Dimensiones de hornos, diámetros de laminados, peso del producto final, largo del tren de laminación y distancias entre stand; etc. En función de dichas características los largos de palanquillas son:

- Para palanquillas de sección cuadrada de 120mm de lado: 13,70m, 13,40m, 12,60m
- Para palanquillas de sección cuadrada de 160mm de lado: 12,35m, 11m, 9m.

Introduciéndonos en la calidad de las palanquillas y los parámetros de aceptación, hay distintas restricciones según el acero que se está fabricando. Estas restricciones pueden ser:

- Composición química: Todos los aceros tienen en su composición química rangos establecidos para cada aleante. Depende del acero fabricado y de qué aleante esté desviado para determinar si debe ser declasado o considerar aceptable para laminar.

- Defectos superficiales: atrape de impurezas, Gota fría, marcas de oscilación profundas, marcas mecánicas, entre otros
- Defectos internos: Poros, fisuras en corners, fisuras trasversales, segregación, etc
- Defectos dimensionales: Variabilidad de largos, Romboides (diferencia entre las diagonales de la sección) y **Rectitud (Flecha).**

En el siguiente gráfico Pareto se puede observar cómo está distribuida la generación de defectos y muestra que el principal problema de calidad es la pérdida de Rectitud.

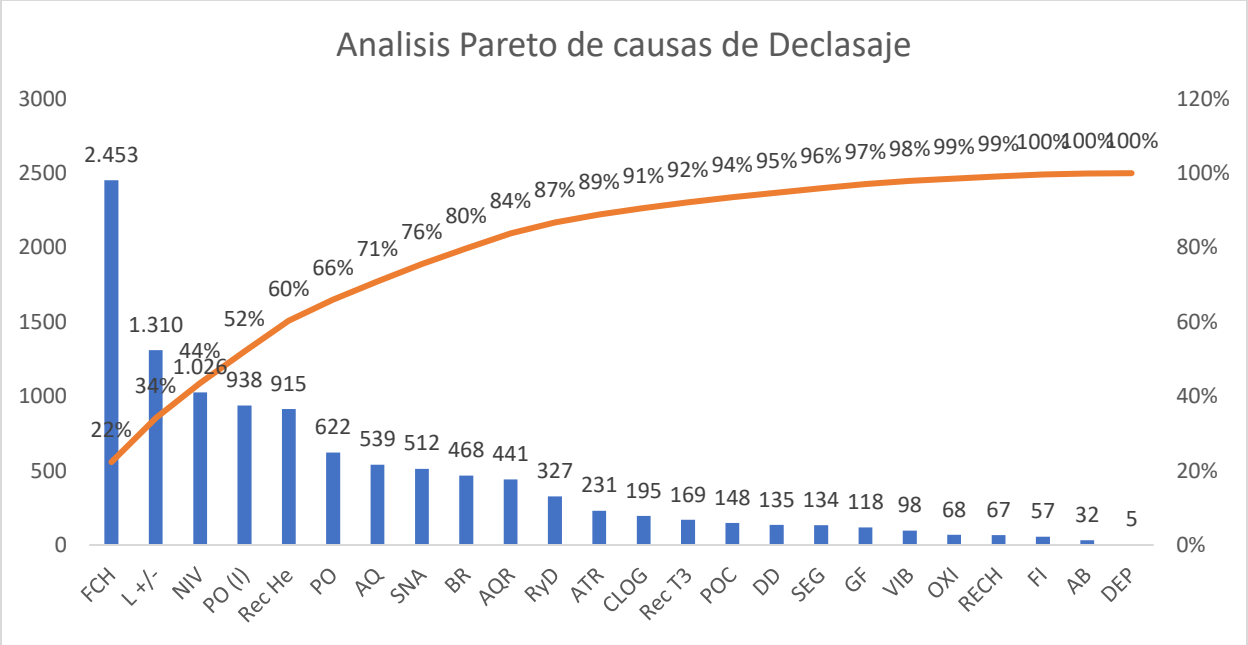


Figura 1: Pareto de defectos de palanquillas, [Intro, 9]

El análisis de calidad fue realizado durante un año completo, donde se declasaron 2453t de palanquillas por pérdida de rectitud.

La pérdida de rectitud de las palanquillas es nuestro caso de estudio. El nombre del defecto es FLECHA.

La tolerancia de la desviación de la rectitud está dada por dos condiciones de aceptación:

1. La desviación en el largo toral de la palanquilla debe ser menos a 100mm.
2. La desviación por cada metro de palanquilla debe ser menor a 10mm.

Ambas condiciones son necesarias para el criterio de aceptación de calidad, si una de las dos no se cumple la palanquilla es declasada.



Figura 2: Palanquillas con pérdida de Rectitud. [Intro, 10]

La rectitud de las palanquillas es una condición de calidad por las limitaciones operativas de los trenes de laminación y no por condición del acero en el producto final. Esto es principalmente por las condiciones técnicas de los hornos de los trenes de laminación. Comenzando por el punto de que las palanquillas ingresan a los Hornos por un camino de rolos a través de una boca de ingreso cuadrada de 1 metro de lado aproximadamente. Avanzan dentro del Horno mediante un sistema de empuje para al fin salir hacia el primer stand de laminación por otra boca de salida similar a la de ingreso. Si las palanquillas no tienen la rectitud necesaria, el recorrido mencionado no se puede lograr.



Figura 3: Palanquilla fuera de tolerancia en ingreso a tren de laminación, [Intro, 11]

Capítulo 1: Análisis de Generación de Flecha.

Sistema de evacuación de palanquillas:

El concepto de colado continuo hace referencia a que ingresa acero líquido de manera continua en un molde sin fondo en el cual se produce la solidificación de la piel de las palanquillas (en 5 y 10 mm de espesor, dependiendo de la sección del molde). Saliendo del molde las palanquillas, con la piel solidificada y la vena interior líquida, ingresan a la cámara de enfriamiento donde termina la solidificación. En el caso de estudio las Máquinas de Colada Continua están compuestas de seis líneas de colado cada una.

Para comenzar con el análisis debemos tener claro cómo funciona y como está compuesto todo el sistema de evacuación de palanquillas comenzando desde los moldes donde comienza la solidificación hasta la carga de vagones y posterior despacho.

1. Moldes: Se realiza el primer proceso de solidificación. Recibe de manera continua acero líquido para comenzar a solidificar la piel de las palanquillas. La extracción de calor para generar dicha solidificación se produce a través de un molde de aleación de cobre plata y zirconio con un couting de cromo inmerso en una camisa de agua con caudal, temperatura y presión controlada. A esta primera etapa se la denomina enfriamiento primario.

2. Cámara de enfriamiento: Se encuentra de manera continua a los moldes. Las palanquillas ingresan con la piel solidificada y la vena interior líquida. En este sector termina la solidificación completa de las palanquillas Esta etapa se la denomina enfriamiento secundario y compuesta de tres zonas de enfriamiento:

Como se mencionó en la introducción, las máquinas de Colada Continua son curvas de radio 7000mm. Es decir que entre el molde en posición vertical y la salida de la cámara de enfriamiento en posición horizontal la palanquilla recorre un radio de 7000mm, sostenida por 4 rolos repartidos equidistantes debajo de cada Zona de enfriamiento.

3. Jaula extractora: Cumple la función de extraer la palanquilla de la cámara de enfriamiento y enderezarla para que continue en el plano horizontal hacia los oxicortes.

   Está compuesto por 5 rolos: tres inferiores en línea, de los cuales el primero y el tercero son motorizados, y dos superiores motorizados, uno sobre el primero y otro sobre el tercero inferior. Los dos rolos superiores son móviles por un cilindro hidráulico para apretar las palanquillas con la presión adecuada para poder extraer. El primer par, inferior y superior, se encargan de extraer la palanquilla de la cámara y el segundo par, tercer inferior y superior, se encargan de enderezar la palanquilla y quitarle la curvatura de radio 7000mm para que continue en el plano horizontal.

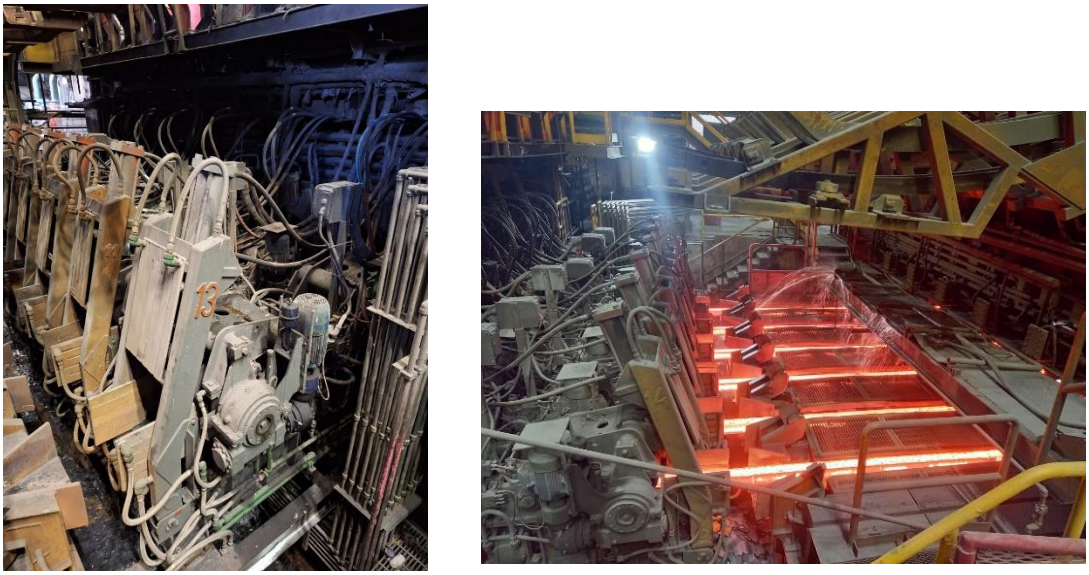


Figura 4: Der: Jaulas extractoras. Izq: Extracción de palanquillas de Jaulas. [Cap 1, 13]

4. Mesa de aproximación, Oxicortes automáticos, Mesa de evacuación: Esta compuesta por 27 rolos únicos motorizados. Entre el rolo 5 y 6 se encuentran los oxicortes automáticos que se encargan de cortar las palanquillas según el largo requerido. Este sector cumple la función de trasladar las palanquillas desde la Jaula extractora hacia la mesa de transferencia.

5. Carros de transferencia: Son 6 carros de compuestos por 6 uñas unidas mediante una cadena mecánica que permite el movimiento de cada uña debido al movimiento generado por la uña anterior al empujar una palanquilla. En esta zona se genera la transferencia de las palanquillas provenientes de la mesa de evacuación hacia la mesa de enfriamiento. Este equipo cambia la dirección de avance de las palanquillas: estas llegan de manera lineal y son empujadas lateralmente por los carros de transferencia en dirección perpendicular hacia la mesa de enfriamiento.

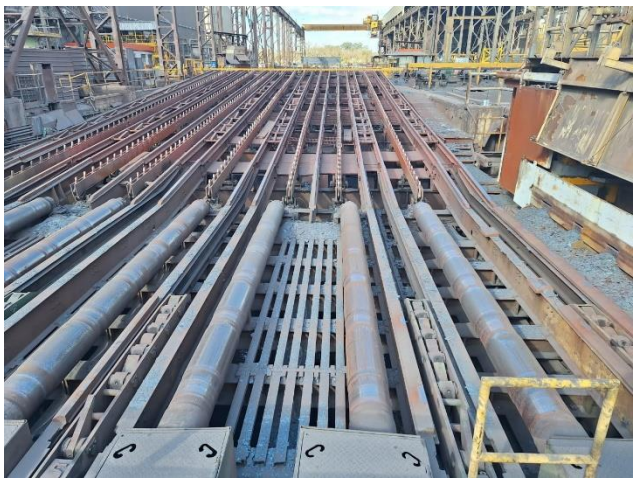


Figura 5: Carros de transferencia. [Cap1, 14]

6. Mesa de enfriamiento: Es la zona de traslación de las palanquillas donde se produce el enfriamiento homogéneo de las mismas. El objetivo es lograr el enfriamiento suficiente para lograr el estado sólido final de las palanquillas y las propiedades magnéticas adecuadas para que, en la mesa de colección, puedan ser evacuadas mediante electroimanes.

   Tiene una longitud de 30 metros por 14m de ancho y una pendiente ascendente de 5°.

   Está compuesta por 7 vigas móviles paralelas con 63 uñas retractiles cada una alineadas longitudinalmente sobre cada viga y alineadas transversalmente con las uñas de las demás vigas que se encargan de empujar las palanquillas sobre 8 rieles fijos. Esto quiere decir que la mesa tiene un total de 63 posiciones. Las vigas móviles tienen un movimiento de vaivén lineal en el que cada movimiento de

avance, las uñas empujan las palanquillas de una posición a la siguiente y en el movimiento de retroceso las uñas se retraen pasando por debajo de las palanquillas en posiciones anteriores.



Figura 6: Mesa de enfriamiento, [Cap1, 15]

7. Camino de inspección: Es un camino de 20 rolos que transporta las palanquillas de la mesa de enfriamiento hacia la mesa de colección



Figura 7: Camino de inspección, [Cap1, 15]

8. Mesa de colección: recibe las palanquillas del camino de inspección y junta hasta 6 palanquillas para que la grúa la pueda evacuar con los electroimanes.

Análisis estadístico de la generación:

Una vez descripta cómo es la evacuación de palanquillas desde su formación en los moldes, se realiza el análisis estadístico de la información proporcionada desde el área de calidad para poder estratificar causas, realizar seguimientos en planta y aplicar metodología PDCA para resolver el problema.

Comenzamos con análisis de la evolución de la generación de Flecha de los últimos años continuando con el 2023

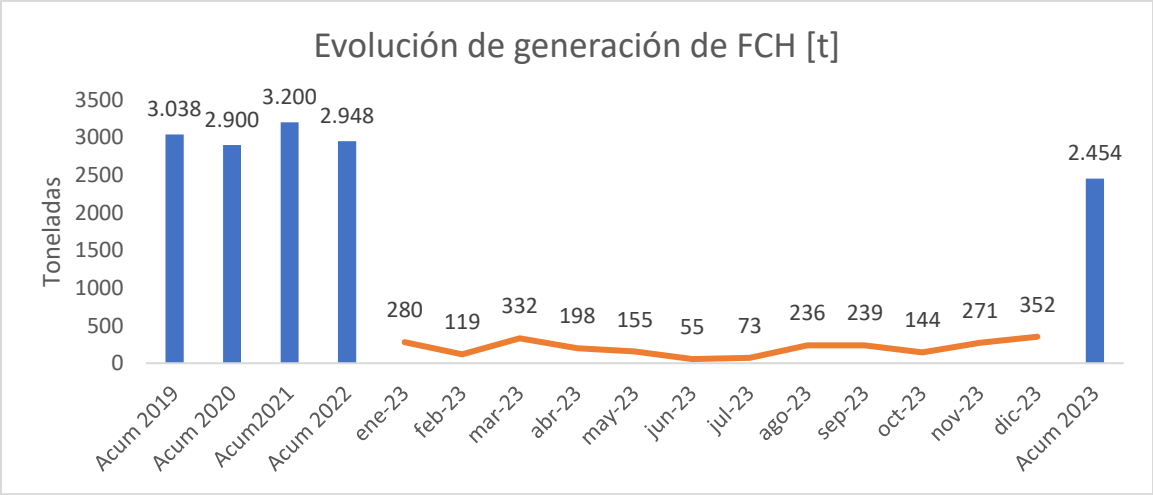


Figura 8: Grafico de la Evolución del defecto, [Cap1, 16]

El gráfico muestra que la generación de palanquillas con pérdida de rectitud es alta durante todos los años y con cierta constancia. Lo cual amerita a un análisis para poder estratificar el problema para encontrar las principales causas y así tomar las acciones necesarias. Todo el análisis se realiza sobre la generación de un año.

Acería de Acindar tiene dos líneas de producción compuestas por dos Máquinas de Colado Continuo, MCC2 y MCC3. Las dos tienen algunas diferencias en los productos que hacen.

- MCC2 cuela solo palanquillas de sección cuadrada de 160mm de lado y tiene dos sistemas de colado: Buza Calibrada (chorro acero libre) y Buza sumergida (Protección del chorro de acero de la atmosfera). Éstos últimos suelen ser aceros aleados calmados al Aluminio.
- MCC3 Cuela solo Buza Calibrada y cuela palanquillas de dos secciones diferentes: 160mm de lado y 120mm de lado.

Estas diferencias nos llevan al primer análisis mostrando la generación por MCC.

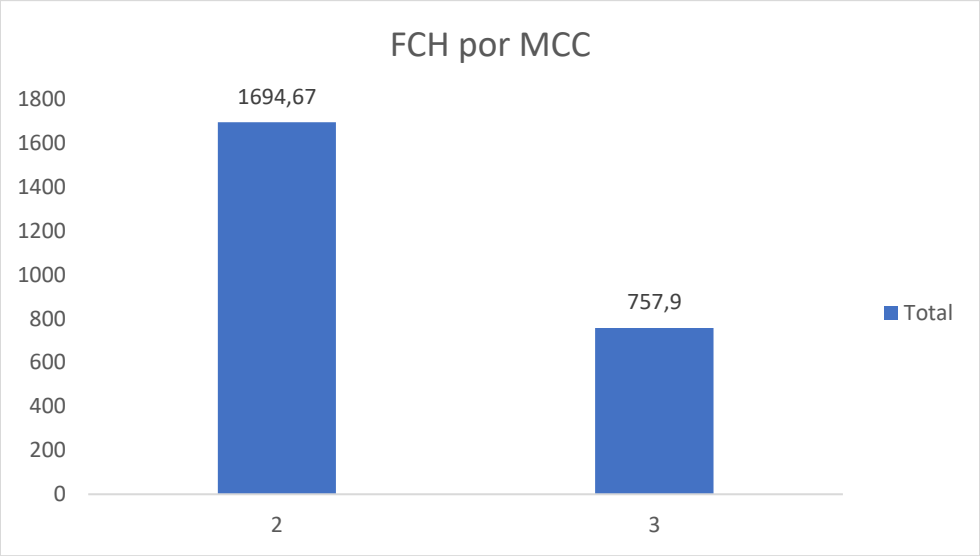


Figura 9: Generación por MCC, [Cap1, 17]

El gráfico muestra que MCC2 tiene una generación notablemente mayor.

A partir de esta información se realizan seguimientos en campo y análisis de eventos mediante videos filmados y grabados por las distintas cámaras que enfocan todos los sectores de las MCCs. Con esta información realizamos los Paretos agrupando las siguientes causas:

- FCH METALURGICA: Las palanquillas pierden la rectitud durante su evacuación por enfriamiento deficiente, puede ser en la mesa de enfriamiento, mesa de colección o ya apiladas en algún depósito.
- Mesa de enfriamiento: Las palanquillas pierden la rectitud por problemas técnicos de la mesa de enfriamiento.
- Enfriamiento secundario: Las palanquillas pierden la rectitud debido al enfriamiento secundario defectuoso. Salen en mal estado de la cámara de enfriamiento.
- Barre mal el carro: Hace referencia a problemas en los carros de transferencia.
- Amolado: Son palanquillas rechazadas en el área de amolado, la tolerancia es menor que para las palanquillas que van directamente a los trenes de laminación.
- Evento Grúa: Las grúas que se encargan de evacuar las palanquillas de las mesas de colección funcionan con electroimanes. Pueden generar problemas de FCH de dos maneras principales: corte de tensión de los electroimanes y caída de las palanquillas o problemas puntuales de la grúa que no permita evacuar las palanquillas y estas caigan por su propio empuje de las mesas de colección.

Análisis de causas de MCC2:

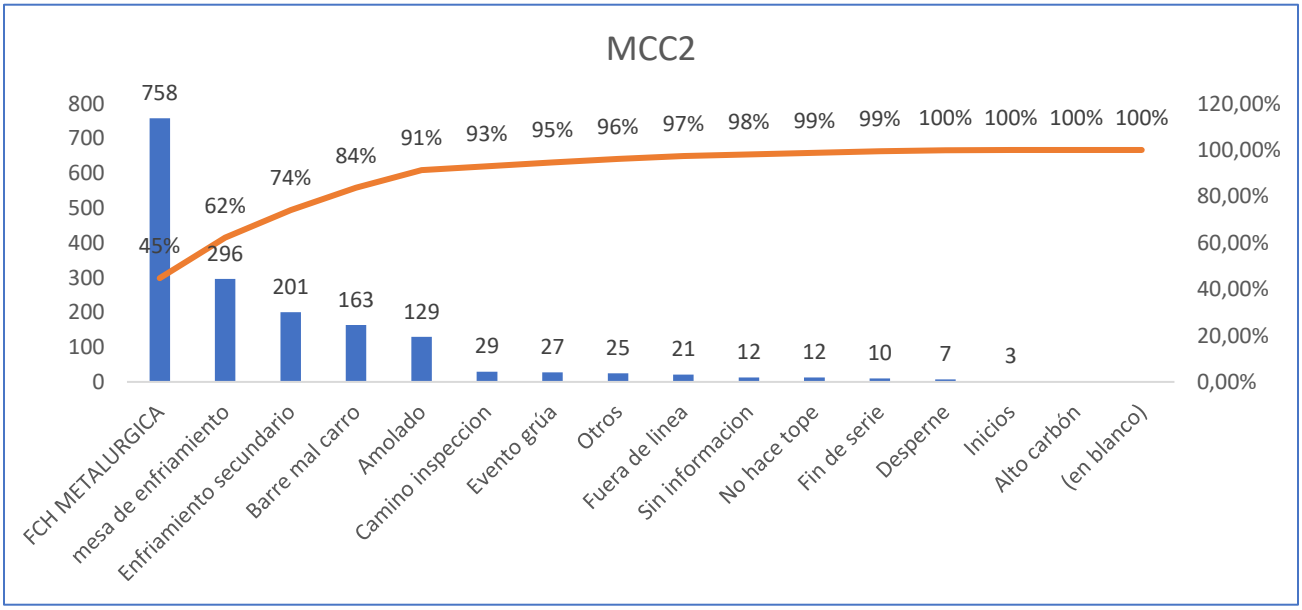


Figura 10: Pareto de causas de Generación de FCH en MCC2, [Cap1, 18]

Análisis de causas de MCC3:

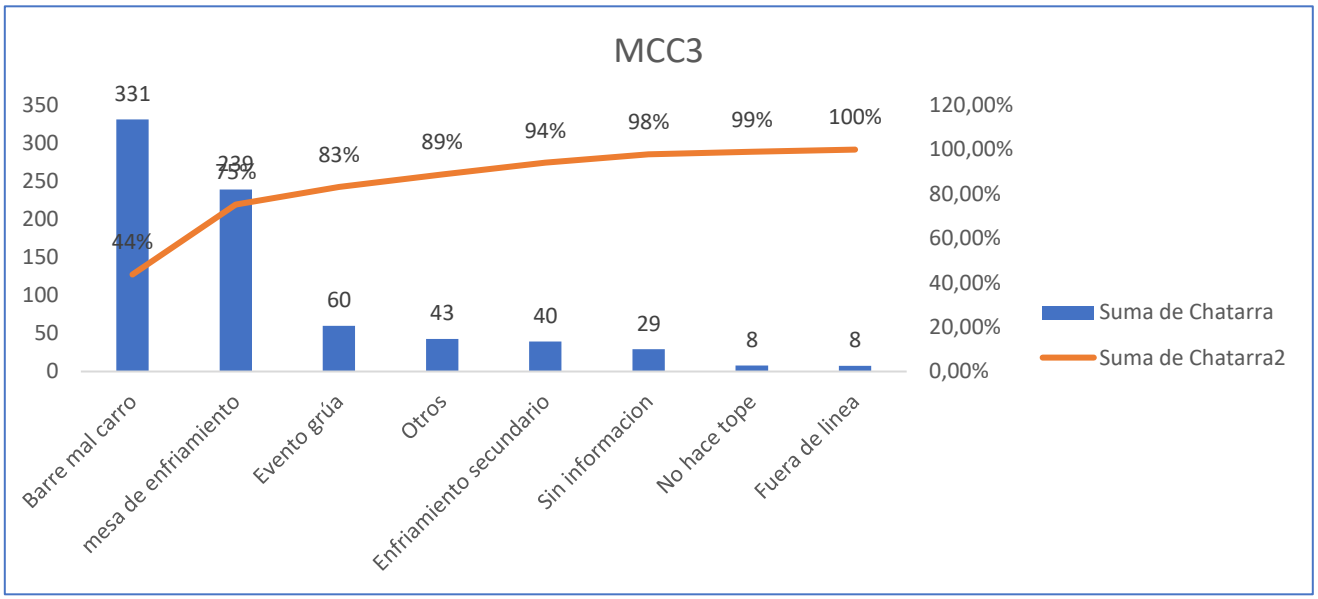


Figura 11: Pareto de causas de Generación de FCH en MCC3, [Cap1, 19]

En base a esta primera estratificación vemos que el foco del problema está en Flecha Metalúrgica como causa principal en MCC2, en la mesa de enfriamiento de ambas MCC y en los carros de transferencia de MCC3.

Como se menciona en la descripción de las causas, Flecha metalúrgica hace referencia a la pérdida de rectitud de las palanquillas por deficiencia en el enfriamiento de las caras de las palanquillas y como ocurre solo en MCC2 analizamos los aceros que se cuelan solo en MCC2 para evidenciar si algún SAE es más sensible a un enfriamiento deficiente.



Figura 12: Pareto por SAE, [Cap1, 19]

El análisis evidencia que el acero SAE 4140HX es el principal generador de este defecto y por lo tanto se focaliza el análisis con seguimientos puntuales en la fabricación.

Capítulo 2: Estudio metalúrgico de aceros aleados.

El SAE 4140HX es un acero de medio carbono calmado al aluminio y media aleación, colado con sistema de buza sumergida, y es fabricado en la MCC N° 2 en sección cuadrada de 160x160 mm, y en longitudes entre 9 y 13,70 m.

Las palanquillas en calidad SAE 4140HX requieren ser inspeccionadas visualmente en frío previo a su despacho a los trenes de laminación, para lo cual son sometidas a un proceso de eliminación de la cascarilla o laminillo superficial, proceso que se realiza por medio del granallado de las palanquillas con perdigones de acero. Dichas palanquillas para poder ser granalladas deben tener una temperatura inferior a los 60°C.

La máquina de granallado cuenta con cuatro turbinas ubicadas a 90° cada una para lograr remover por completo el laminillo en cada una de las caras de la palanquilla. Las palanquillas ingresan de a una a la máquina granalladora a través de una abertura rectangular de 180x180 mm, por medio de unos rodillos transportadores. Esta máquina tiene como condición de procesamiento que la falta de rectitud (flecha) de las palanquillas no supere los 70 mm de flecha en su lago total, o que sea menor a 15mm por metro de palanquilla.

Esta restricción hace que palanquillas con rectitud fuera de especificación no puedan ser granalladas ni inspeccionadas, y por lo tanto no son aptas para ser laminadas, por lo que deben ser declasadas a chatarra.

Estudio de efecto de elementos aleantes en el acero:

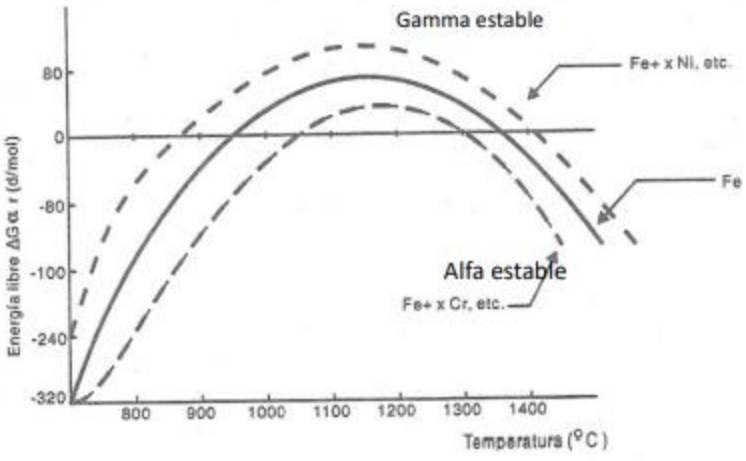


Figura 13: Efecto de elementos sustitucionales. [Cap2, 21]

Aleaciones sustitucionales [1]

Las reglas de Hume-Rothery para la solubilidad se cumplen bastante bien para los elementos de transición: gran solubilidad de los elementos vecinos al Fe (Ni, Co, Mn,Cr y V), solubilidad limitada del Ti e insolubilidad parcial del Ca y el K.

Estos elementos aleantes tienen diferentes energías de solución en los hierros α y γ. La curva ΔGαγ en función de la temperatura T (ver Figura) es desviada en sentido diferente según aumente o disminuya por el elemento. Esto produce un aumento o una disminución del intervalo de temperaturas en el cual es estable la austenita.

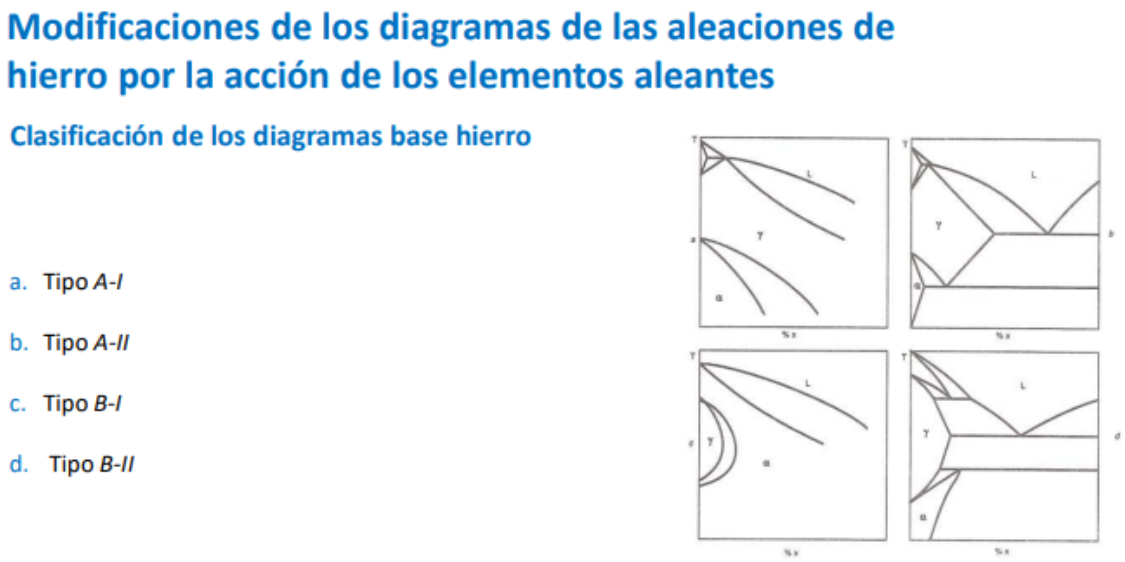


Figura 14: Desplazamiento del campo austenítico según aleantes, [Cap2, 22]

Los elementos aleantes pueden ser solubles o no en el hierro. Con los solubles se pueden formar a su vez soluciones sólidas sustitucionales o intersticiales. Por otra parte, los elementos pueden ser estabilizadores de la ferrita o de la austenita. Esto lleva a que se produzcan modificaciones en los rangos de temperaturas en que ocurren las transformaciones estructurales de los aceros.

Si en el hierro puro la transformación de alfa a gamma ocurre a una única temperatura 912°C, la presencia de cualquier elemento adicional crea una faja de temperatura más o menos estrecha en la cual ambas formas alotrópicas pueden coexistir en equilibrio. Esta circunstancia origina tipos característicos de modificaciones en las temperaturas de transformación de las aleaciones de hierro, como se ve en la figura, que muestra los posibles tipos de diagramas de equilibrio de las aleaciones de hierro.

Los diagramas de la figura dividen los elementos de aleación en dos grupos:

- Tipo A. Elementos estabilizadores de la austenita.
- Tipo B. Elementos estabilizadores de la ferrita.

Un elemento estabilizador de la austenita tenderá a aumentar el rango de temperaturas en el cual la austenita es estable. Lo mismo harán los estabilizadores de la ferrita con esa fase.

Dentro de los tipos A y B, se puede considerar la siguiente clasificación de los elementos de aleación:

Tipo A-I. Los elementos de aleación ensanchan el rango de temperaturas para la austenita estable, reduciendo la transformación alfa – gamma y aumentando la temperatura de transformación gamma – delta. Ejemplos: Mn, Ni, Co.

Tipo A-II. Lo mismo que en la división I, pero los compuestos ricos en hierro (o las soluciones sólidas del elemento de aleación) se tornan estables, la composición avanza sobre las fases alfa o delta. Ejemplos: C, Cu, Zn, N.

Tipo B-I. Los elementos de aleación estrechan el rango de temperaturas de la austenita estable hasta tornarla inexistente. La zona austenítica aparece totalmente rodeada por un campo de dos fases, alfa más gamma o gamma más delta, lo cual no es interrumpido por compuestos intermetálicos o soluciones sólidas de los elementos de aleación. Ejemplos: Si, Cr, Mo, P, V, Ti y Al.

Tipo B-II. Lo mismo que en la división I, pero con la aparición de compuestos intermetálicos u otros constituyentes de soluciones sólidas de hierro alfa y hierro gamma, interrumpiendo el lazo con su zona envolvente de dos fases. Ejemplos: Ta, Zr,B, S y Nb.

Evolución de la estructura durante el colado:

Durante el enfriamiento secundario en la MCC, la palanquilla se encuentra a una temperatura tal que el hierro posee la estructura cristalográfica correspondiente a la de la austenita (cúbica centrada en las caras - FCC). Como muestra la composición química, este acero contiene un gran porcentaje de Cr y Mo, elementos que vuelven inestable al campo austenítico.

En el caso de SAE 4140HX la composición química es la siguiente:

%	C	P	S	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	V	Sn	Ca[ppm]	N[ppm]
Mín.	0,38			0,78	0,20	0,87			0,15	0,015				
Máx.	0,42	0,020	0,020	0,93	0,35	1,03	0,15	0,20	0,25	0,030	0,02	0,06		90
Des.	0,40			0,85	0,30	0,95			0,17	0,020			30	

Figura 15. Composición química SAE 4140 HX. [Cap2, 24]

Luego, a medida que el producto se enfría se produce el cambio alotrópico del hierro, pasando su estructura cristalina de austenita (FCC) a ferrita (cúbica centrada en el cuerpo – BCC). Puesto que la transformación alotrópica implica pasar de una red compacta (FCC) de la austenita a una menos densa (BCC) correspondiente a la ferrita, la transformación va acompañada de un aumento del volumen del orden del 4%.

Sin embargo, la presencia de Cr y Mo, vuelven inestable el campo austenítico y si el enfriamiento es abrupto puede pasar de austenita (FCC) a martensita y en este caso el aumento de volumen es d 6% como muestra el siguiente gráfico con curva A1 (roja):

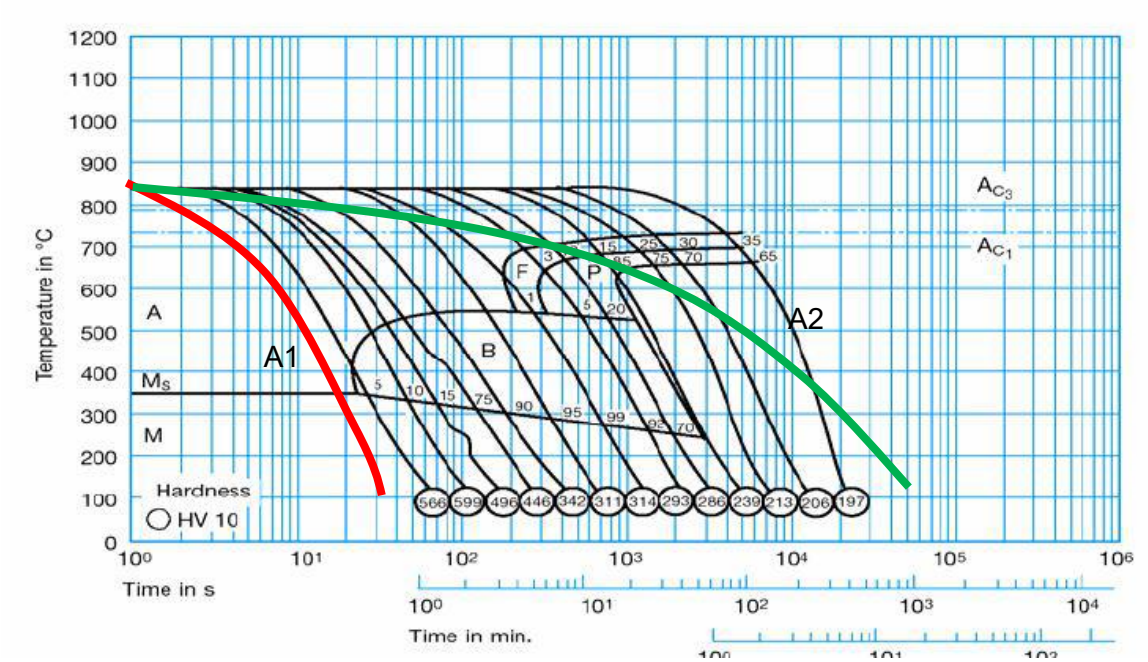


Figura 16 Diagrama TTT para un acero SAE 4140 – Las curvas de la figura muestran las transformaciones de fase que el acero puede experimentar para diferentes velocidades de enfriamiento donde es, A: austenita, B: bainita, M: martensita, F: ferrita, P: perlita. [2] [Cap2, 24]

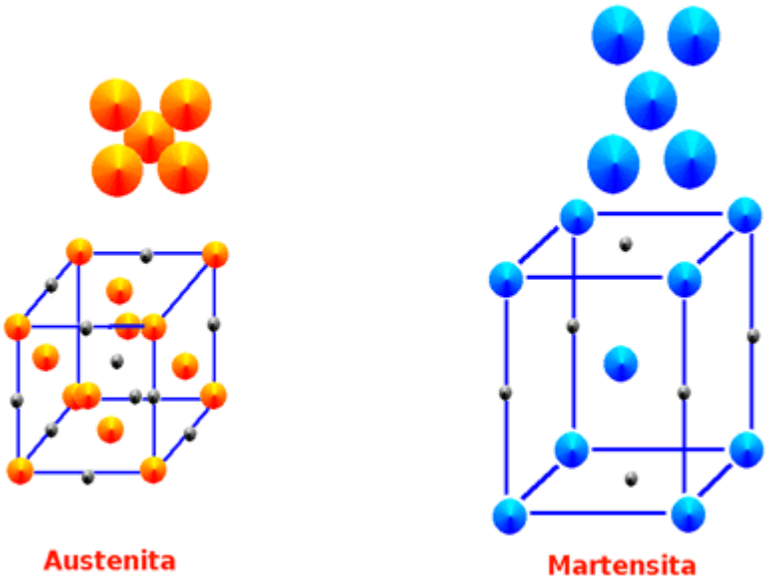


Figura 17: Estructuras Austenítica (FCC) y Martensítica (TCC) – La estructura martensítica es menos densa y por lo tanto ocupa más volumen a igual masa que la austenítica.[3] [Cap2, 25]

Si este cambio de volumen cristalino se produce en forma simultánea en todo el volumen de la palanquilla no se originan tensiones internas que produzcan deformaciones físicas de las mismas. Pero, por otro lado, si este cambio alotrópico se produce en forma sectorizada en la palanquilla debido a enfriamientos no homogéneos de sus caras, se originan tensiones internas por los cambios de volumen localizados, lo que da lugar a que el producto se doble y pierda su rectitud. La línea A2 (verde) del grafico muestra cómo debería ser el enfriamiento óptimo y el objetivo es que en las cuatro caras de las palanquillas sea similar.

Se realizaron seguimientos en planta durante distintas fabricaciones de este grado de acero con el fin de identificar las principales variables de fabricación generadoras de flecha en las palanquillas. Se pudo entender que este fenómeno aparece en dos etapas bien definidas, en el enfriamiento secundario de la MCC N° 2 y durante el enfriamiento de las palanquillas sobre la mesa de colección y en las pilas de estibado. En el primer caso se observó que el enfriamiento no homogéneo en las distintas caras de las palanquillas debido a faltas o taponamiento de picos pulverizadores, caños distribuidores de agua desalineados, y/o sobre enfriamiento del córner del producto, hacían que las palanquillas

al salir de la jaula extractora tendieran a perder la rectitud considerablemente, y que durante todo su trayecto hasta el estibado final amplificara la falta de rectitud hasta valores fuera de la norma. Para el segundo caso, se constató que aquellas palanquillas que salieran de la jaula extractora sin pérdida de rectitud (por los factores anteriormente comentados), tenían una temperatura tal que el cambio alotrópico podía producirse en la mesa de colección o en las pilas de acopio, donde el enfriamiento de las cuatro caras del producto no es homogéneo.

Capítulo 3: Mejoras en las condiciones de colado para aceros Aleados.

En función a lo analizado se llega a la conclusión de que se debe enfriar de forma lenta y homogénea llegando al final de la mesa de enfriamiento con una temperatura aproximada a 400° C, temperatura en la cual la red cristalina se encuentra estable y se puede estibar en la mesa de colección.

Para lograr lo mencionado en el párrafo anterior se llevan a cabo una serie de acciones detalladas a continuación:

Con el objetivo de reducir el declasaje por flecha fuera de norma en las palanquillas de sección 160x160 mm, se realizaron modificaciones en las condiciones de fabricación con el fin de lograr un enfriamiento homogéneo y controlado durante todo el proceso de fabricación y evacuación de las palanquillas, y principalmente, de trasladar la transformación alotrópica citada, de la mesa de colección hacia la mesa de enfriamiento, con la meta siempre de no impactar en forma negativa en la productividad de la MCC.

Las distintas variables que fueron modificadas para lograr lo anteriormente mencionado son:

- **Temperatura de colado (superheating):** Se bajó la temperatura de colado en 5° C, logrando de esta manera disminuir la temperatura de la palanquilla a la salida de la jaula extractora.

PALANQUILLAS									
GRADO de ACERO		TEMP. LIQUID.	TEMP. DE COLADO			TEMP. SALIDA LF			(*)
						INICIO	SECUENCIA		
			MIN.	DES.	MAX.		6 L	5 L	4 L
Respecto del Líquidus:			+20ºC	+25ºC	+40ºC	*+80 ºC*	+55 / 60 ºC	+55 / 60 ºC	+55 / 60 ºC
4138 X	4140 HEX	1495	1515	1520	1535	*1575*	*1550*	*1550*	*1555*
4138 M	4142 X								
4140 X	4142 M								
4140 HX	4140 D								

Figura 18. Temperaturas de proceso y colado de aceros SAE 4140HX y similares. [Cap3, 27]

La tabla de la figura 18 muestra a que temperatura las coladas deben salir del LF, dependiendo de la productividad de la MCC, para colar a una temperatura deseable de 1520°C. Solo 5°C por encima de la temperatura mínima y 25°C de la temperatura de líquidus.

- **Velocidad de colado**: Se encontró que, a menores velocidades de colado, la palanquilla es muy sensible a generar pérdida de rectitud ante cualquier variación en el enfriamiento de sus caras. Por lo que se estableció una velocidad de colada mínima para esta calidad. La restricción en la velocidad de colada fue analizada en conjunto con la modificación en la mesa de enfriamiento (aumento de residencia de las palanquillas en la misma), con el fin de garantizar la capacidad de evacuación de las palanquillas.

- **Caudal específico enfriamiento secundario**: Para mejorar la homogeneización en el enfriamiento secundario, se disminuyó el caudal específico alrededor de un 50% respecto de los valores originales. Para asegurar que la disminución en el caudal específico no generara perforaciones (bajo espesor de la piel solidificada), se disminuyó el caudal específico paulatinamente en distintas fabricaciones hasta llegar a los valores deseados. Este cambio pudo llevarse a cabo gracias a la reingeniería de los picos.

Ejemp.	Nivel molde	VEL COL Nominal	VEL COL máx	Enfr. Molde.	nfriam. Secundar Esp.	Caud.	Caudales refer. (lts) Distrib.de Agua		
	[%]	[m/min]	[m/min]	[l/min]	[l/kg]	[l/min]	Z1	Z2	Z3
4140 X									
1530 B1	85	1,70	1,90	1750	0,50	170	56	90	24
51CrV4HX							33%	53%	14%

Figura 19. Caudales específicos de enfriamiento secundario. [Cap3, 28]

Se bajó el caudal especifico de 1 l/kg a 0,5 l/kg que equivale a un caudal 170 l/min colando a 1,7 m/min. Este caudal se reparte en las 3 zonas del enfriamiento secundario de la siguiente manera: Z1 56 l/min, Z2 90 l/min, Z3 24 L/min.

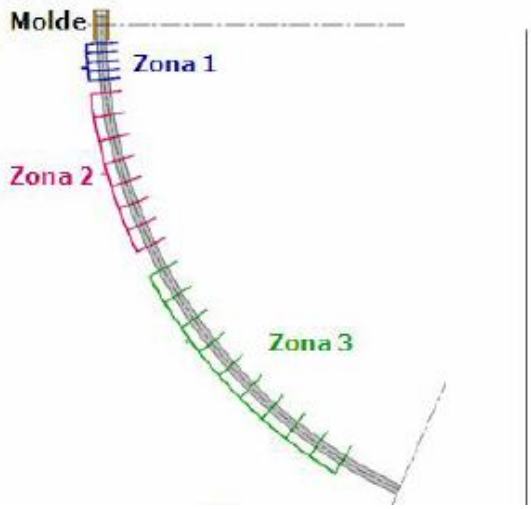


Figura 20. Esquema de cámara de enfriamiento. [Cap3, 28]

Para lograr que la distribución de caudales en la cámara de enfriamiento sea realmente eficiente hay que asegurar que el spray generado y la distribución del agua sea óptima para las condiciones de la planta. Para esto se trabajó en los picos pulverizadores:

- **Distribución de picos pulverizadores (enfriamiento secundario):** Se modificó la manera de distribuir los picos en el enfriamiento secundario, con el objetivo de efectivizar la manera de enfriar la palanquilla. Se realizó

un procedimiento con la configuración de los picos pulverizadores dependiendo de las calidades a fabricar. Además, se involucró a la gerencia de programación de la producción, para programar por bloques aquellas calidades con iguales configuraciones en el enfriamiento secundario, con el objetivo de disminuir las intercoladas de la máquina de colada continua.

Como muestra el esquema, la cámara de enfriamiento consta de 3 zonas:

a. **Zona 1:** Es el primer sector de enfriamiento en la salida de los moldes. Se debe generar una gran extracción de calor debido a las altas temperaturas y evitar que el acero líquido que todavía se encuentra en el interior de la palanquilla funda las paredes solidas generadas dentro del molde. Esta zona cuenta con 4 caños de refrigeración, uno por cara de la palanquilla. Cada caño consta de 6 picos distribuidos de la siguiente manera: 4 picos superiores que se colocan en dos hileras en paralelo y 2 inferiores alineados en el centro de la cara. Esta zona aplica un caudal de 56l/min. Por tal motivo es de corta longitud con gran caudal.

b. **Zona 2:** continúa el enfriamiento de Zona 1, con 4 caños, uno por cada cara de la palanquilla, con 13 picos por caño ubicados de manera lineal en el centro de la cara de la palanquilla, espaciados 120mm entre sí. Aquí es donde se aplica el mayor caudal: 90l/min.

c. **Zona 3**: se ubica a continuación de Zona 2 con 4 caños, uno por cada cara de la palanquilla, con 10 picos por caño ubicados igual a zona 2. Es el área de menor densidad de picos y donde se aplica menor caudal: 24l/min. En esta zona, finaliza la solidificación de la palanquilla. El enfriamiento debe ser suave para evitar zonas subenfriadas.

Montaje de caños refrigerantes:

Para que el montaje de los caños de las 3 zonas sea preciso y que la distancia y centrado de los picos sea la correcta se han realizado mediciones topográficas para la colocación de los puntos de anclaje de los caños y se ha utilizado un equipo de laser para el correcto centrado y alineación con el centro de las palanquillas.

- **Selección de Picos pulverizadores (enfriamiento secundario):** Se realizó una re-ingeniería sobre los picos utilizados en el sector secundario. Debido a que en la MCC2 se fabrica una gran variedad de calidades, es necesario tener distintas configuraciones en el enfriamiento secundario. Bajo estas condiciones se decidió la compra de picos pulverizadores de agua, que mantienen el ángulo del cono del spray constante para distintos caudales y presiones del agua (Ver anexo A).

Tipos de toberas más utilizada para la industria siderúrgica:

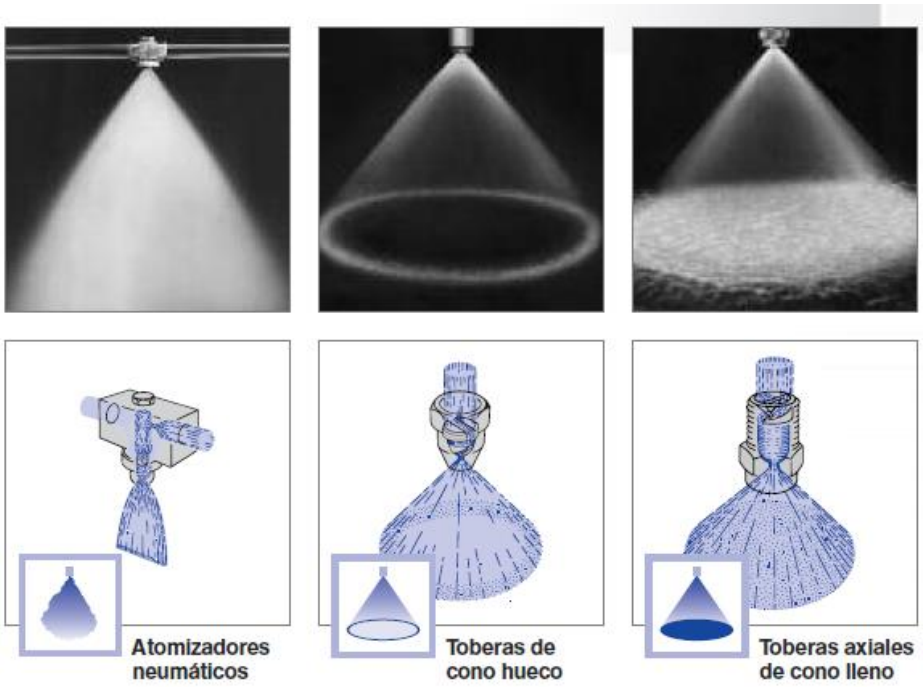
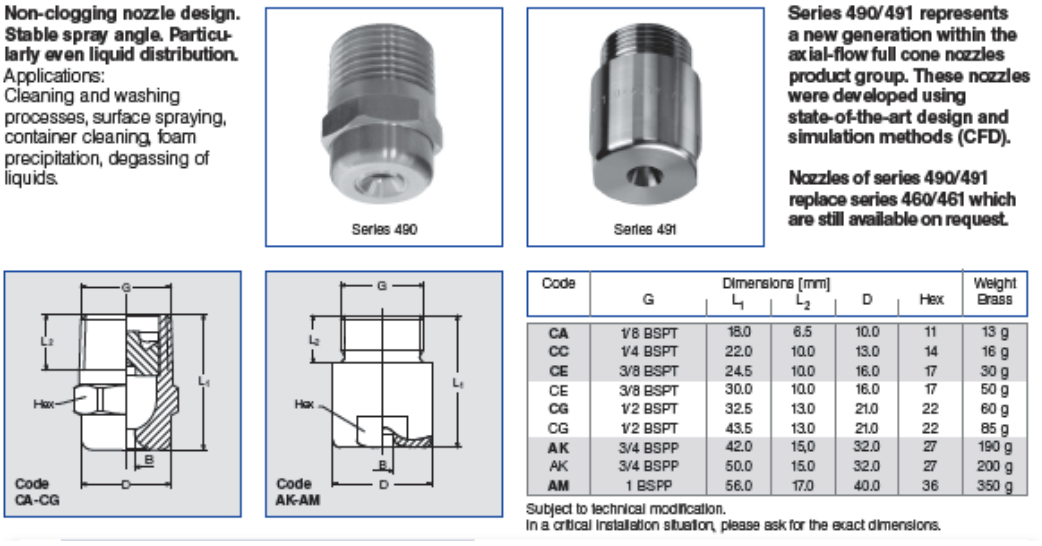


Figura 21. Clases de picos aspersores y conos generados. [CAp3, 30]

En el colado de palanquillas de sección cuadrada (en el caso de SAE4140HX, sección cuadrada de 160mm de lado), se debe tener la precaución de que sea mayor el caudal aplicado en el centro de la cara que en las áreas cercanas a las aristas para lograr homogeneidad en la extracción de calor. Por este motivo seleccionamos toberas axiales de cono lleno.

Como hay distintas configuraciones en las tres zonas, debemos seleccionar un pico para cada zona. Después de evaluar distintos proveedores, se ha decidido utilizar picos marca Lechler. Por las condiciones físicas y dimensionales de la cámara de enfriamiento seleccionamos picos de serie 490 para Zona 1 y serie 491 para zonas 2 y 3:



Non-clogging nozzle design. Stable spray angle. Particularly even liquid distribution.
Applications:
Cleaning and washing processes, surface spraying, container cleaning, foam precipitation, degassing of liquids.

Series 490

Series 491

Series 490/491 represents a new generation within the axial-flow full cone nozzles product group. These nozzles were developed using state-of-the-art design and simulation methods (CFD).

Nozzles of series 490/491 replace series 460/461 which are still available on request.

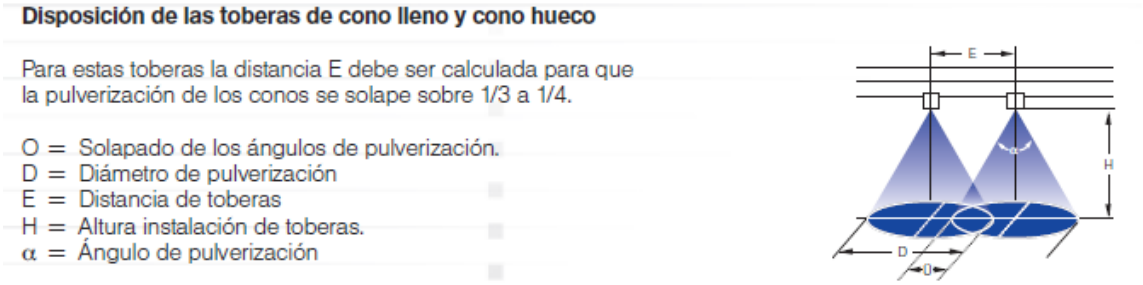
Code CA-CG

Code AK-AM

Code	Dimensions [mm] G	L_1	L_2	D	Hex	Weight Brass
CA	1/8 BSPT	18.0	6.5	10.0	11	13 g
CC	1/4 BSPT	22.0	10.0	13.0	14	16 g
CE	3/8 BSPT	24.5	10.0	16.0	17	30 g
CE	3/8 BSPT	30.0	10.0	16.0	17	50 g
CG	1/2 BSPT	32.5	13.0	21.0	22	60 g
CG	1/2 BSPT	43.5	13.0	21.0	22	85 g
AK	3/4 BSPP	42.0	15.0	32.0	27	190 g
AK	3/4 BSPP	50.0	15.0	32.0	27	200 g
AM	1 BSPP	56.0	17.0	40.0	36	350 g

Subject to technical modification.
In a critical installation situation, please ask for the exact dimensions.

Figura 22. Características técnicas de los picos. [Cap3, 31]



Disposición de las toberas de cono lleno y cono hueco

Para estas toberas la distancia E debe ser calculada para que la pulverización de los conos se solape sobre 1/3 a 1/4.

O = Solapado de los ángulos de pulverización.
D = Diámetro de pulverización
E = Distancia de toberas
H = Altura instalación de toberas.
α = Ángulo de pulverización

Figura 23. Datos a tener en cuenta para la selección de picos. [Cap3, 31]

Spray angle	Ordering no. Type	Mat. no. 1Y 316 L	Mat. no. 30 Brass	Code 1/8 BSPT	Code 1/4 BSPT	Code 3/8 BSPT	Code 1/2 BSPT	Code 3/4 BSPP	Code 1 BSPP	B Ø [mm]	E Ø [mm]	V̇ [l/min] p [bar] 0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	Spray diameter D at p=2bar H = 200 mm	H = 500 mm
45°	490. 403	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.25	1.25	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	160	400
	490. 523	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.70	1.70	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	160	400
	490. 603	○	○	-	CC	CE*	-	-	-	2.00	2.00	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	160	400
	490. 643	-	○	-	-	CE	-	-	-	2.45	2.45	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	160	400
	490. 683	-	○	-	-	CE	-	-	-	2.55	2.55	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	160	400
	490. 703	-	○	-	-	CE	-	-	-	2.65	2.65	3.22	4.24	5.60	6.59	8.08	9.24	10.66	160	400
	490. 723	○	○	-	-	CE	-	-	-	2.85	2.85	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	160	400
	490. 783	-	○	-	-	-	CG	-	-	3.45	3.45	5.17	6.82	9.00	10.58	12.98	14.85	17.12	160	400
	490. 843	-	○	-	-	-	CG	-	-	3.80	3.80	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	160	400
60°	490. 404	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.15	1.15	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	220	560
	490. 444	○	-	CA	-	-	-	-	-	1.25	1.25	0.72	0.95	1.25	1.47	1.80	2.06	2.38	220	560
	490. 484	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.45	1.45	0.92	1.21	1.60	1.88	2.31	2.64	3.05	220	560
	490. 524	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.60	1.60	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	220	560
	490. 564	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.80	1.80	1.44	1.89	2.50	2.94	3.61	4.13	4.76	220	560
	490. 604	○	○	CA	CC	CE	-	-	-	2.05	2.05	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	220	560
	490. 644	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.30	2.30	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	220	560
	490. 684	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.60	2.60	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	220	560
	490. 724	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.95	2.80	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	220	560
	490. 764	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.25	3.25	4.59	6.06	8.00	9.41	11.54	13.20	15.22	220	560
	490. 804	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.70	3.70	5.74	7.58	10.00	11.76	14.43	16.51	19.04	220	560
	490. 844	○	○	-	-	-	CG	-	-	4.05	4.05	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	220	560
	490. 884	○	○	-	-	-	CG	-	-	4.65	4.65	9.19	12.13	16.00	18.82	23.08	26.41	30.46	220	560
	490. 924	○	○	-	-	-	-	AK	-	5.20	5.20	11.49	15.16	20.00	23.52	28.85	33.01	38.07	220	560
	490. 964	○	○	-	-	-	-	AK	-	5.80	5.80	14.36	18.95	25.00	29.40	36.07	41.26	47.59	220	560
	491. 044	○	○	-	-	-	-	-	AM	7.25	7.25	22.97	30.31	40.00	47.04	57.71	66.02	76.15	220	560
	491. 084	○	○	-	-	-	-	-	AM	8.15	8.15	28.72	37.89	50.00	58.80	72.14	82.53	95.18	220	560

Figura 24. Tabla para selección de picos según proveedor. [Cap3, 32]

Zona 1: 24 picos que deben aplicar 2,25 l/min cada uno.

Disposición: H = 100mm, D = 80mm, O = 20mm, E = 60mm, α = 45°

Seleccionamos 490.523. Proporciona 2,35 l/min a una presión de 3bar.

Zona 2: 52 picos que deben aplicar 1,7 l/min cada uno.

Disposición: H = 130mm, D = 140mm, O = 20mm, E = 120mm, α = 60°

Seleccionamos 490.484. Proporciona 1,88l/min a una presión de 3 bar.

Zona 3: 40 picos que deben aplicar 0,6 l/min cada uno.

Disposición: H = 220mm, D = 160mm, O = 20mm, E = 140mm, α = 45°

Seleccionamos 490.403. Proporciona 1,18l/min a una presión de 3 bar.

- **Rociado de agua por spray en la mesa de salida:** Se rocían las palanquillas con un spray constituido por una flauta de picos del estilo boca de pescado que cruza trasversalmente la mesa de salida con el objetivo de seguir disminuyendo la temperatura de las palanquillas.

- **Mesa de enfriamiento**: Durante los distintos seguimientos de fabricaciones del grado de acero en cuestión, se pudo constatar que, aunque las palanquillas se mantuvieran completamente rectas durante todo su tránsito en esta mesa, las mismas se doblaban en la mesa de colección, donde se forman paquetes de 6 o 7 palanquillas bien encimadas. Principalmente se doblaban más las palanquillas ubicadas en los extremos de los paquetes antes mencionados, como consecuencia de la diferente velocidad de enfriamiento de la cara del producto en contacto con el aire respecto de la cara opuesta en contacto con la palanquilla adyacente. Esto provocaba transformaciones alotrópicas localizadas que ocurrían en diferentes momentos dentro del producto. Por este motivo se tomó la decisión de aumentar la tasa de enfriamiento de las palanquillas de manera homogénea en todas sus caras.

  Debido a que se dispone de una mesa de empuje, se realizaron cambios para poder simular una mesa de enfriamiento del tipo “walking beam”. Se agregaron sobre la planchada de la mesa, 8 hileras de rampas las cuales permiten que la palanquilla gire 90°C cada hilera. Logrando dar 2 vueltas completas a lo largo de toda la mesa de enfriamiento. Las rampas tienen 1 metro de longitud y 10° de pendiente, 5° más que la mesa, para lograr que las palanquillas al caer de la rampa gire 90°.



Figura 25. Izq: Rampa para vuelco de palanquillas. Der: Se muestra las hileras de rampas en la mesa de enfriamiento. [Cap3, 34]



Figura 26. Simulación de vuelco de una palanquilla al caer de una rampa. [Cap3, 34]

- **Velocidad de enfriamiento (mesa de enfriamiento):** Con la necesidad de asegurar que la transformación alotrópica se realice completamente sobre la mesa de enfriamiento, se realizó una modificación en la lógica del movimiento de las uñas de empuje. Debido a que el empuje de las uñas se realiza en ciclos alternativos, se aumentó el tiempo de espera antes de iniciar cada ciclo de empuje con el fin de aumentar el tiempo de residencia de las palanquillas sobre la mesa de enfriamiento.

- **Zona de estibado de palanquillas:** A través de varios seguimientos en la fabricación de este grado de acero, se pudo observar que la zona de estibado de las palanquillas tiene un rol fundamental para evitar que las palanquillas pierdan su rectitud. Debido a que la temperatura a la que son estibadas, algunas áreas pueden seguir experimentando cambios de fase. Además, Se ha observado que las palanquillas estibadas lejos de la mesa de colección tienden a doblarse durante el transporte, debido al sobreenfriamiento de una de sus caras. Por ello, se ha decidido ubicar la zona de almacenamiento lo más cerca posible de la mesa de colección.

Se realizaron seguimientos en campo para confirmar el resultado de las acciones mencionadas.
Utilizando una cámara termográfica y pirómetros se realizó un relevamiento de temperatura en la palanquilla a lo largo del enfriamiento desde la salida de la jaula extractora hasta el acopio de éstas en el patio de palanquillas.

Se tomaron cinco puntos de referencia para realizar las mediciones:

1. Salida de cámara de enfriamiento: Con la disminución del superheating y de las modificaciones realizadas en el enfriamiento secundario, se pudo constatar la disminución de la temperatura de la palanquilla a la salida de la jaula extractora, mejorando con esto la rectitud de las palanquillas, y a su vez disminuyendo la temperatura de entrada a la mesa de enfriamiento. Se inspeccionaron las palanquillas para poder verificar que la disminución de temperatura a la salida de la jaula no generase fisuras por enderezado.

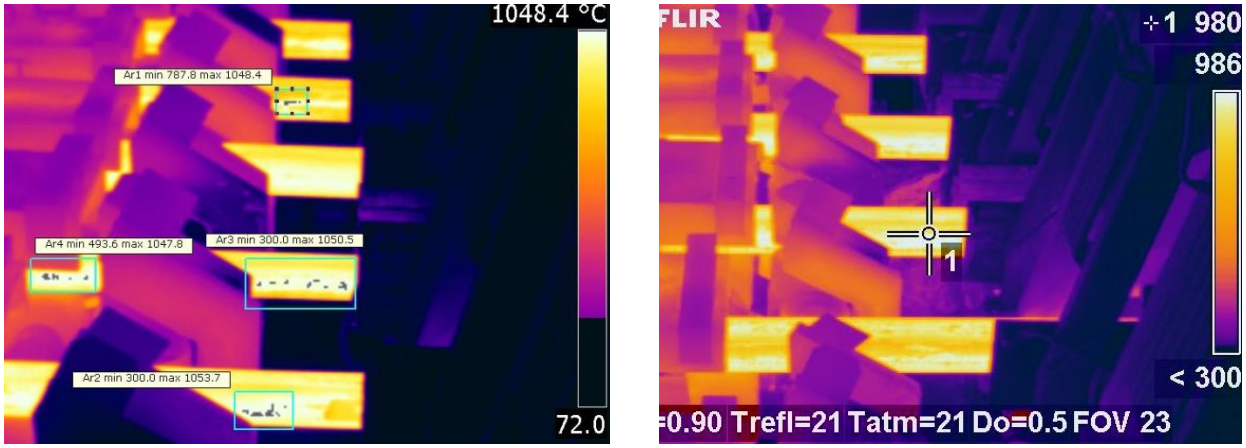


Figura 27. Imágenes de cámara termográfica tomadas a la salida de la cámara de enfriamiento. [Cap3, 36]

Se observa que las palanquillas salen de las Jaulas extractoras con temperaturas aproximadas a 900°C en el centro de las caras.

2. Inicio de la mesa de enfriamiento: Se realizaron mediciones con pirómetros y cámaras termográficas manuales y se constató que las palanquillas ingresaban a la mesa de enfriamiento aproximadamente a 700°C.



Figura 28. Imágenes de cámara termográfica tomadas al inicio de la mesa de enfriamiento. [Cap3, 36]

3. Durante la mesa de enfriamiento:

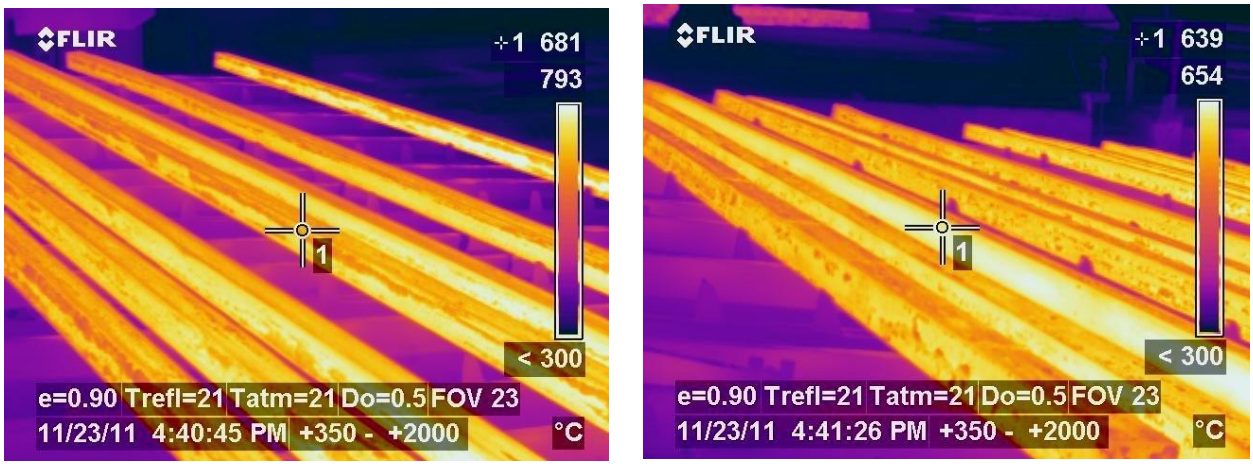


Figura 29. Imágenes de cámara termográfica tomadas en distintos puntos de la mesa de enfriamiento [Cap3, 37]

4. Final de la mesa de enfriamiento: Se constató un enfriamiento suave y sostenido durante toda la mesa de enfriamiento logrando una temperatura final de aproximadamente 400°C.



Figura 30. Imágenes de cámara termográfica tomadas al final de la mesa de enfriamiento. [Cap3, 37]

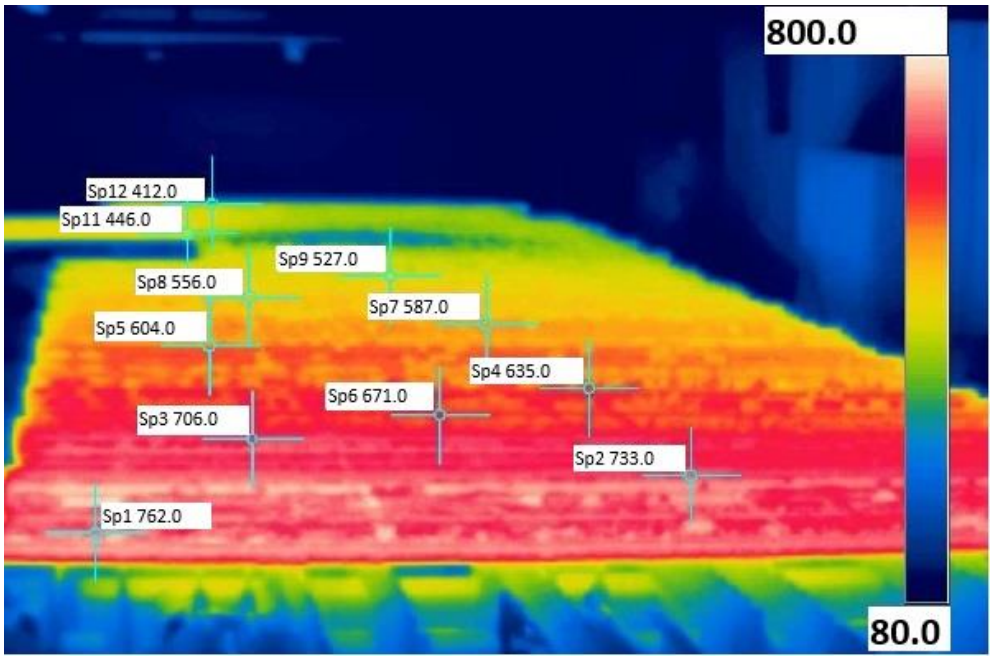


Figura 31. Imagen tomada por cámara termográfica de todo el largo de la mesa de enfriamiento. Se observa el descenso de temperatura paulatino desde 762°C hasta 412°. [Cap3, 38]

5. Mesa de colección: Ya en el último sector de evacuación de palanquillas se pudieron conseguir temperaturas inferiores a 300°C. Logrando que, además se no perder la rectitud en esta mesa, tampoco se doblen las palanquillas al ser transportadas por las grúas.

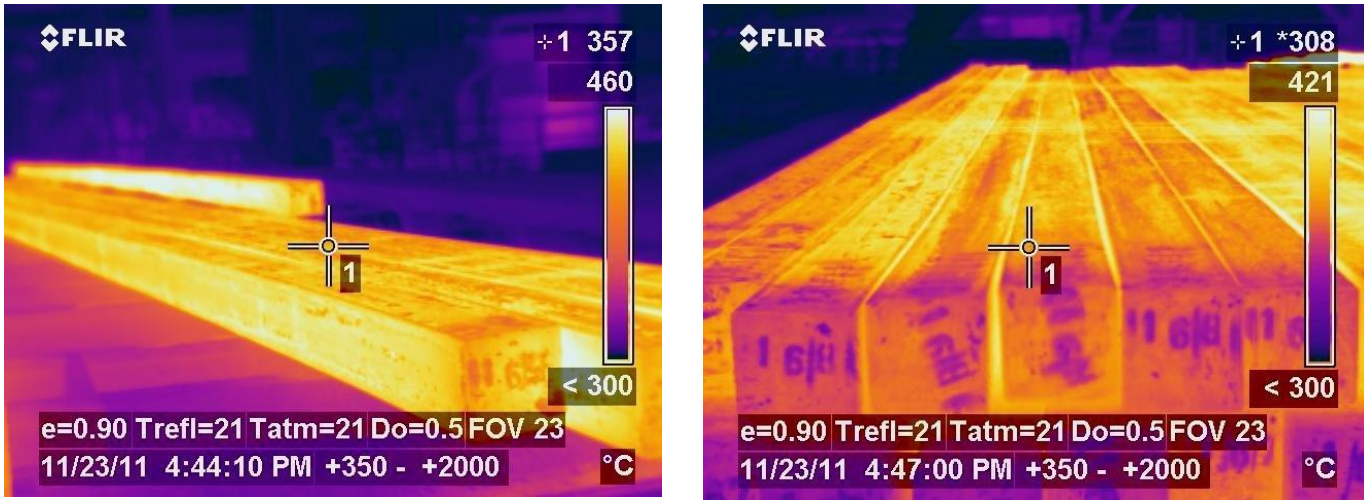


Figura 32 Imágenes de cámara termográfica tomadas en la mesa de colección. [Cap3, 38]

Con los datos obtenidos a lo largo de toda la mesa de enfriamiento mediante la cámara termográfica podemos trazar la curva real de enfriamiento que se obtuvo con las acciones realizadas. Cada palanquilla realiza a lo largo de la mesa 63 movimientos de 18 segundos cada uno. En función a esta velocidad de avance podemos calcular, según el sector donde se tomo la imagen, el punto en la grafica y así se logra la curva C (azul).

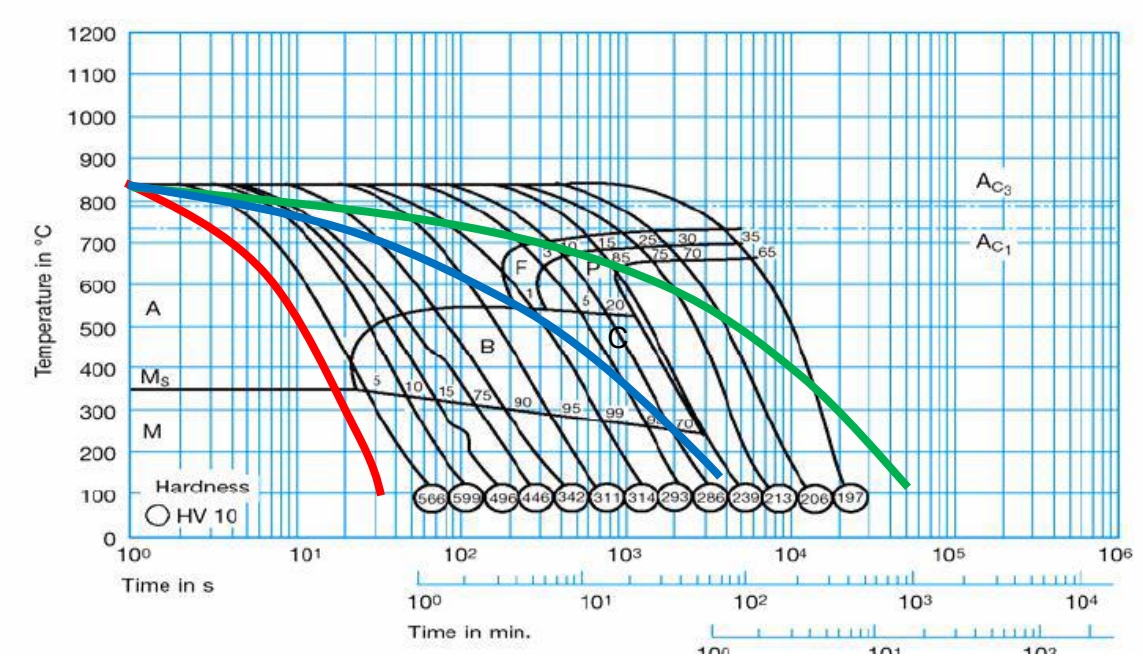


Figura 33.Diagrama TTT para un acero SAE 4140 – Las curvas de la figura muestran las transformaciones de fase que el acero puede experimentar para diferentes velocidades de enfriamiento donde es, A: austenita, B: bainita, M: martensita, F: ferrita, P: perlita. Curva de enfriamiento C representa las mediciones. [Cap3, 39]

Las mediciones realizadas en las distintas caras confirman que las palanquillas se enfrían homogéneamente cumpliendo la curva C (azul), evitando la transformación martensítica.

A continuación, se agregan imágenes de palanquillas de SAE 4140HX en la mesa de colección de una serie de fabricación antes del proyecto y otra con las acciones finalizadas:



Figura 35. Imagen antes del proyecto. Palanquillas de SAE 4140HX con curvatura fuera de tolerancia. [Cap3, 34]



Figura 34. Imagen después del proyecto. Palanquillas de SAE 4140HX con rectitud deseada. [Cap3, 34]

Nuevas acciones:

Composición Química:

Este año se desarrolló un grado de acero nuevo para la fabricación de varillas de bombeo para pozos petroleros. El acero es SAE 4142 M. El código SAE ya nos indica una química similar al SAE 4140HX que nos llevó a la realización de este proyecto y se preveía un comportamiento similar. Sin embargo, cuando se realizó el colado del nuevo acero el comportamiento fue mucho más estable de lo que esperábamos, incluso absorbiendo algunos desvíos de los parámetros desarrollados en este proyecto.

Observando detalladamente la composición química del acero SAE 4142 M nos encontramos que la diferencia más notoria con respecto al SAE 4140 HX es que el anterior contiene Vanadio.

GRADO DE ACERO:		4142 M						SISTEMA DE COLADO ⟹			BUZA SUMERGIDA						
						ANÁLISIS QUÍMICO											
													ppm				
%	C	P	S	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	V	Sn	Ca	N			
Mín.	0,38			0,90	0,20	0,90			0,17	0,020	0,030						
Máx.	0,40	0,025	0,025	1,00	0,35	1,10	0,25	0,35	0,22	0,040	0,045	0,030		120			
Des.	0,40			0,95	0,30	1,03			0,17	0,030	0,035		30				

Figura 36. Composición química de SAE 4142 M. [Cap3, 40]

El Vanadio es un aleante que genera una disminución del tamaño de grano del acero. Entonces nace la hipótesis que, al tener menor tamaño de grano, las tensiones internas generadas por enfriamientos no homogéneos también son menores y por eso es más estable a desvíos en el enfriamiento de la palanquilla.

La acción propuesta para la próxima fabricación de SAE 4140 HX es el agregado de Vanadio dentro de los límites permitidos por la Norma SAE. En este caso el máximo de Vanadio aceptable es 0,02%.

Mesa de enfriamiento:

Como se menciona en la descripción de los equipos la mesa de enfriamiento tiene una longitud de 30 metros de largo por 14m de ancho, una pendiente ascendente de 5° y una altura de 3m. El inicio de la mesa está 1,8 metros por debajo del nivel del suelo y el final de la mesa esta a 1,2m de altura por encima del nivel del suelo. Esto quiere decir que 0,75% del recorrido de la mesa esta por debajo del nivel del suelo, es decir en una fosa resguardada de vientos en todas direcciones. El resto de la mesa esta por encima del nivel del suelo y por lo tanto recibe vientos en todas direcciones. Esto cambia la tasa de enfriamiento en la zona final de la mesa cuando los vientos son considerables. Por lo tanto, se propone el montaje de deflectores alrededor de la mesa de enfriamiento para evitar el efecto del viento sobre las palanquillas al final de la mesa de enfriamiento.

Capítulo 4: Mejoras en los equipos.

En análisis de causas de generación de palanquillas fuera de tolerancia se destacaba la mesa de enfriamiento de ambas máquinas de colada continua como el sector con mayor problema en la fabricación total de las maquinas de colada continua. Mediante seguimientos en planta y observación de filmaciones de eventos se encontraron tres problemas principales.

1. **Disparidad en velocidad de avance de vigas de empuje:**

   Las seis vigas de empuje están vinculadas entre si de a tres por un pórtico ubicado debajo de la mesa de enfriamiento los cuales son desplazados por dos cilindros hidráulicos comandados por la misma central hidráulica. Las vigas de empuje tienen la capacidad de mover 63 palanquillas a la vez, que equivale a un peso de 160t aproximadamente.

   Este diseño específico de la mesa provocó que, al empujar las palanquillas, se generaran presiones diferenciales en cada cilindro hidráulico, lo que resultó en movimientos a distintas velocidades. Como consecuencia, las palanquillas eran impulsadas de forma desigual, siendo empujadas con mayor anticipación por una de sus puntas. Esto impedía que rotaran 90° al pasar por los patines diseñados para tal fin.

   Para solucionar este inconveniente el departamento de ingeniería diseñó una barra de sincronismo que une ambos cilindros hidráulicos, para que el empuje de la palanquilla sea parejo en todo momento, garantizando así el vuelco del producto en todos los patines. El montaje de esta barra de sincronismo necesitaba un gran tiempo de disponibilidad de la máquina fuera de funcionamiento, por lo que la misma fue colocada durante la parada anual de la planta.

   Ver planos en Anexo B.



Figura 37. Barra de Sincronismo. [Cap4, 42]

- **Uñas de empuje**:

  La mesa de enfriamiento cuenta con vigas móviles con 63 uñas cada una. Las mismas son de acero SAE 10120.

  Luego de instalar las 8 hileras de rampas para generar que las palanquillas giren dos vueltas completas se constató que a las uñas que empujan las palanquillas sobre la rampa se le producía un desgaste mayor que al resto debido a que ahora están sometidas a un desplazamiento vertical de las palanquillas a medida avanzan sobre las rampas. Este desgaste genera que la distancia de empuje sea menor y en consecuencia las palanquillas quedan fuera de la posición indicada para poder liberar las uñas posteriores y en el próximo movimiento el empuje no se realiza con todas las uñas de una misma hilera doblando las palanquillas.

  Para minimizar el desgaste se cambia el material de las uñas que se ubica en la posición de las rampas. Se solicita fabricar de acero SAE 1045 bonificado 35-40 Rc.

  Ver Planos en Anexo C.

- **Caída de palanquillas de grúas**:

  Las grúas de despacho de palanquillas funcionan con dos electroimanes capaces de cargar 18t. Se han producido cortes de tensión en momentos en los cuales las grúas se encontraban trasladando palanquillas y el impacto por la caída de estas ocasiona que se doblen.

  Para evitar que las palanquillas se desprendan de los electroimanes ante un corte de tensión se instaló un Banco de baterías en cada grúa para evitar caída de palanquillas. Cabe destacar que esta acción fue implementada porque el hecho de que se caigan palanquillas de altura es un evento grave de seguridad. Si bien el patio de palanquillas esta cerrado y no se puede circular, cualquier evento de caída de altura es considerado de riesgo.

Conclusión:

El análisis y las mejoras implementadas en el proceso de colado y enfriamiento de aceros aleados en la MCC N°2 han resultado decisivas para la optimización de la calidad del acero, específicamente en el grado SAE 4140HX. Mediante un enfoque integral que incluyó ajustes en la temperatura de colado y la reingeniería de equipos de enfriamiento, se logró estabilizar el proceso, reducir la variabilidad y mejorar la rectitud de las palanquillas.

Las modificaciones en las condiciones de colado, como la reducción de la temperatura de colado, la regulación precisa del caudal de enfriamiento, la selección de picos aspersores adecuados, la alineación topográfica de los caños de refrigeración, la refrigeración en la mesa de salida y la regulación de la velocidad de avance de la mesa de enfriamiento contribuyeron significativamente a lograr un enfriamiento más lento y homogéneo.

La implementación de una barra de sincronismo en los cilindros hidráulicos y la mejora del diseño de las uñas de empuje facilitaron un manejo más eficiente y seguro de las palanquillas, optimizando su alineación durante el proceso.

Además, la introducción de bancos de baterías en las grúas mitigó un riesgo crítico de seguridad al prevenir caídas de palanquillas, protegiendo así tanto la calidad del producto como la seguridad del personal y de los equipos.

Las mediciones térmicas y los seguimientos en campo confirmaron la efectividad de las acciones tomadas, evidenciando un enfriamiento adecuado y una disminución en la tendencia a la deformación. La evaluación del nuevo grado de acero SAE 4142 M resaltó el impacto positivo del vanadio en la reducción del tamaño de grano y en la estabilidad del proceso, lo que sugiere su inclusión en futuras fabricaciones del SAE 4140HX.

En conclusión, las acciones implementadas no solo resolvieron problemas inmediatos, sino que también establecieron las bases para un proceso de producción más robusto y eficiente.

Continuando el gráfico de la evolución de la generación de palanquillas fuera de tolerancia de rectitud, se observa que las acciones implementadas han dado resultados positivos. Se estima que al cierre del año se alcanzarán valores por debajo de la mitad de los registrados el año anterior.

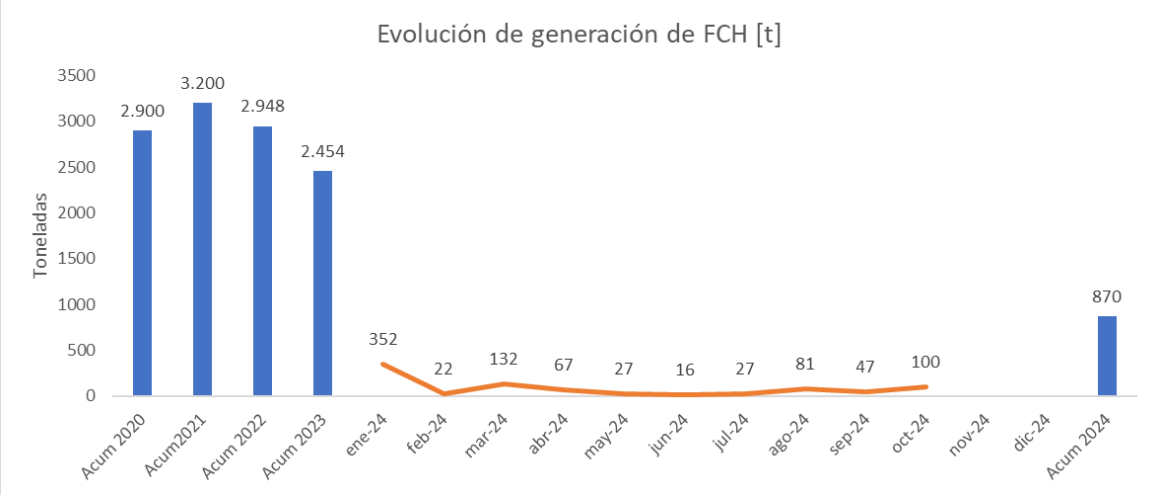


Figura 38. Evolución de generación de FCH. [Conclusión,45]

Recomendaciones

Se recomienda continuar con la monitorización de variables críticas y explorar nuevas composiciones y tecnologías para seguir mejorando la calidad del acero y la seguridad en las operaciones. La integración del vanadio en las aleaciones puede ser un paso clave para incrementar la estabilidad y calidad del producto final.

Bibliografía

[1] IURMAN, L., & DUTARI, L. Estudio de efecto de elementos aleantes en el acero. En Metalurgia, diagrama Hierro-Carbono. San Nicolás de los Arroyos, VC3. 2010.

[2] ASKELAND, D. R. Elementos aleantes. En Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Estados Unidos. 2003.

[3] CALLISTER, W. D. Introducción a la ciencia de los materiales. 1995.

[4] VÁZQUEZ, M., & SÁNCHEZ, M. Caracterización de los picos rociadores usados en el enfriamiento secundario de las máquinas de colada continua. Tenaris, Campana. 2011.

[5] LECHLER. Catálogo general toberas de precisión. Edición 108.

Anexos:

Anexo A: “Catálogo de picos serie 490-491.”

Anexo B: “Planos de barra de sincronismo.”

Anexo C: “Planos de Uñas de enfriamiento.”

Axial-flow full cone nozzles

Series 490 / 491

NEW Patent pending



Non-clogging nozzle design. Stable spray angle. Particularly even liquid distribution.
Applications:
Cleaning and washing processes, surface spraying, container cleaning, foam precipitation, degassing of liquids.



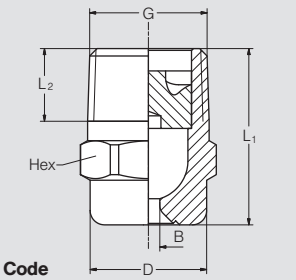
Series 490



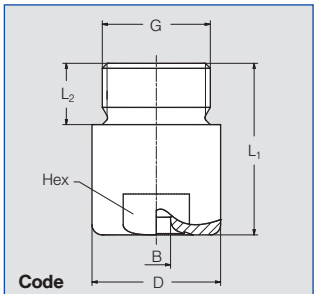
Series 491

Series 490/491 represents a new generation within the axial-flow full cone nozzles product group. These nozzles were developed using state-of-the-art design and simulation methods (CFD).

Nozzles of series 490/491 replace series 460/461 which are still available on request.



Code CA-CG



Code AK-AM

Code	Dimensions [mm] G	L_1	L_2	D	Hex	Weight Brass
CA	1/8 BSPT	18.0	6.5	10.0	11	13 g
CC	1/4 BSPT	22.0	10.0	13.0	14	16 g
CE	3/8 BSPT	24.5	10.0	16.0	17	30 g
CE	3/8 BSPT	30.0	10.0	16.0	17	50 g
CG	1/2 BSPT	32.5	13.0	21.0	22	60 g
CG	1/2 BSPT	43.5	13.0	21.0	22	85 g
AK	3/4 BSPP	42.0	15,0	32.0	27	190 g
AK	3/4 BSPP	50.0	15.0	32.0	27	200 g
AM	1 BSPP	56.0	17.0	40.0	36	350 g

Subject to technical modification.
In a critical installation situation, please ask for the exact dimensions.

Spray angle	Ordering no. Type	Mat. no. 1Y 316 L	Mat. no. 30 Brass	Code 1/8 BSPT	1/4 BSPT	3/8 BSPT	1/2 BSPT	3/4 BSPP	1 BSPP	B Ø [mm]	E Ø [mm]	V̇ [l/min] p [bar] 0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	Spray diameter D at p=2 bar H = 200 mm	H = 500 mm
45°	**490. 403**	○	○	**CA**	-	-	-	-	-	1.25	1.25	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	160	400
	490. 523	○	○	**CA**	-	-	-	-	-	1.70	1.70	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	160	400
	490. 603	○	○	-	**CC**	**CE***	-	-	-	2.00	2.00	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	160	400
	490. 643	-	○	-	-	**CE**	-	-	-	2.45	2.45	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	160	400
	490. 683	-	○	-	-	**CE**	-	-	-	2.55	2.55	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	160	400
	490. 703	-	○	-	-	**CE**	-	-	-	2.65	2.65	3.22	4.24	5.60	6.59	8.08	9.24	10.66	160	400
	490. 723	○	○	-	-	**CE**	-	-	-	2.85	2.85	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	160	400
	490. 783	-	○	-	-	-	**CG**	-	-	3.45	3.45	5.17	6.82	9.00	10.58	12.98	14.85	17.12	160	400
	490. 843	-	○	-	-	-	**CG**	-	-	3.80	3.80	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	160	400
60°	**490. 404**	○	○	**CA**	-	-	-	-	-	1.15	1.15	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	220	560
	490. 444	○	-	**CA**	-	-	-	-	-	1.25	1.25	0.72	0.95	1.25	1.47	1.80	2.06	2.38	220	560
	490. 484	○	○	**CA**	-	-	-	-	-	1.45	1.45	0.92	1.21	1.60	1.88	2.31	2.64	3.05	220	560
	490. 524	○	○	**CA**	-	-	-	-	-	1.60	1.60	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	220	560
	490. 564	○	○	**CA**	-	-	-	-	-	1.80	1.80	1.44	1.89	2.50	2.94	3.61	4.13	4.76	220	560
	490. 604	○	○	**CA**	**CC**	**CE**	-	-	-	2.05	2.05	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	220	560
	490. 644	○	○	-	**CC**	**CE**	-	-	-	2.30	2.30	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	220	560
	490. 684	○	○	-	**CC**	**CE**	-	-	-	2.60	2.60	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	220	560
	490. 724	○	○	-	**CC**	**CE**	-	-	-	2.95	2.80	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	220	560
	490. 764	○	○	-	-	**CE**	-	-	-	3.25	3.25	4.59	6.06	8.00	9.41	11.54	13.20	15.22	220	560
	490. 804	○	○	-	-	**CE**	-	-	-	3.70	3.70	5.74	7.58	10.00	11.76	14.43	16.51	19.04	220	560
	490. 844	○	○	-	-	-	**CG**	-	-	4.05	4.05	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	220	560
	490. 884	○	○	-	-	-	**CG**	-	-	4.65	4.65	9.19	12.13	16.00	18.82	23.08	26.41	30.46	220	560
	490. 924	○	○	-	-	-	-	**AK**	-	5.20	5.20	11.49	15.16	20.00	23.52	28.85	33.01	38.07	220	560
	490. 964	○	○	-	-	-	-	**AK**	-	5.80	5.80	14.36	18.95	25.00	29.40	36.07	41.26	47.59	220	560
	491. 044	○	○	-	-	-	-	-	**AM**	7.25	7.25	22.97	30.31	40.00	47.04	57.71	66.02	76.15	220	560
	491. 084	○	○	-	-	-	-	-	**AM**	8.15	8.15	28.72	37.89	50.00	58.80	72.14	82.53	95.18	220	560

*Only available in Material 30 · B = bore diameter · E = narrowest free cross section

Continued on next page.

Conversion formula for the above series: (≤ 10 bar)

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_1 * \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,4}$$

Axial-flow full cone nozzles

Series 490 / 491

NEW Patent pending



Spray angle	Type	Ordering no. Mat. no. 1Y 316 L	30 Brass	Code 1/8 BSPT	1/4 BSPT	3/8 BSPT	1/2 BSPT	3/4 BSPP	1 BSPP	B Ø [mm]	E Ø [mm]	V̇ [l/min] p [bar] 0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	Spray diameter D at p=2 bar H = 200 mm	H = 500 mm
90°	490. 406	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.20	1.20	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	380	860
	490. 446	-	○	CA	-	-	-	-	-	1.30	1.30	0.72	0.95	1.25	1.47	1.80	2.06	2.38	380	860
	490. 486	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.45	1.45	0.92	1.21	1.60	1.88	2.31	2.64	3.05	380	860
	490. 526	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.70	1.55	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	380	860
	490. 566	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.90	1.90	1.44	1.89	2.50	2.94	3.61	4.13	4.76	380	860
	490. 606	○	○	CA	-	CE	-	-	-	2.10	2.05	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	380	860
	490. 646	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.40	2.40	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	390	960
	490. 686	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.70	2.70	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	390	960
	490. 726	○	○	-	CC	CE	-	-	-	3.20	2.80	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	390	960
	490. 746	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.15	3.15	4.08	5.38	7.10	8.35	10.24	11.72	13.52	390	960
	490. 766	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.40	3.40	4.59	6.06	8.00	9.41	11.54	13.20	15.22	390	960
	490. 806	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.90	3.90	5.74	7.58	10.00	11.76	14.43	16.51	19.04	390	960
	490. 846	○	○	-	-	CE	-	-	-	4.65	4.00	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	390	960
	490. 886	○	○	-	-	-	CG	-	-	5.45	4.50	9.19	12.13	16.00	18.82	23.08	26.41	30.46	390	960
	490. 926	○	○	-	-	-	CG	-	-	5.90	4.50	11.49	15.16	20.00	23.52	28.85	33.01	38.07	390	960
	490. 966	○	○	-	-	-	CG	AK	-	6.55	4.85	14.36	18.95	25.00	29.40	36.07	41.26	47.59	390	960
	491. 006	○	○	-	-	-	CG	AK	-	7.55	5.50	18.09	23.87	31.50	37.05	45.45	51.99	59.97	390	960
	491. 046	○	○	-	-	-	-	AK	-	8.60	6.60	22.97	30.31	40.00	47.04	57.71	66.02	76.15	390	960
	491. 086	○	○	-	-	-	-	AK	AM	9.45	7.25	28.72	37.89	50.00	58.80	72.14	82.53	95.18	390	960
	491. 126	○	○	-	-	-	-	-	AM	10.40	8.00	36.18	47.75	63.00	74.09	90.89	103.98	119.93	390	960
	491. 146	○	-	-	-	-	-	-	AM	11.00	7.50	40.78	53.81	71.00	83.50	102.43	117.19	135.16	390	960
120°	490. 368	○	○	CA	-	-	-	-	-	0.85	0.65	0.36	0.48	0.63	0.74	0.91	1.04	1.20	680	1220
	490. 408	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.20	1.20	0.57	0.76	1.00	1.18	1.44	1.65	1.90	680	1220
	490. 448	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.30	1.30	0.72	0.95	1.25	1.47	1.80	2.06	2.38	680	1220
	490. 488	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.45	1.45	0.92	1.21	1.60	1.88	2.31	2.64	3.05	680	1220
	490. 528	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.70	1.70	1.15	1.52	2.00	2.35	2.89	3.30	3.81	680	1220
	490. 568	○	○	CA	-	-	-	-	-	1.90	1.90	1.44	1.89	2.50	2.94	3.61	4.13	4.76	680	1220
	490. 608	○	○	CA	-	-	-	-	-	2.10	2.05	1.81	2.39	3.15	3.70	4.54	5.20	6.00	680	1220
	490. 648	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.40	2.40	2.30	3.03	4.00	4.70	5.77	6.60	7.61	680	1330
	490. 688	○	○	-	CC	CE	-	-	-	2.75	2.75	2.87	3.79	5.00	5.88	7.21	8.25	9.52	680	1330
	490. 728	○	○	-	CC	CE	-	-	-	3.20	2.80	3.62	4.77	6.30	7.41	9.09	10.40	11.99	680	1330
	490. 748	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.20	3.20	4.08	5.38	7.10	8.35	10.24	11.72	13.52	680	1330
	490. 768	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.45	3.45	4.59	6.44	8.00	9.41	11.54	13.20	15.22	680	1330
	490. 808	○	○	-	-	CE	-	-	-	3.90	3.90	5.74	7.58	10.00	11.76	14.43	16.51	19.04	680	1330
	490. 848	○	○	-	-	CE	-	-	-	4.70	4.00	7.18	9.47	12.50	14.70	18.03	20.63	23.80	680	1330
	490. 888	○	○	-	-	-	CG	-	-	5.10	4.50	9.19	12.13	16.00	18.82	23.08	26.41	30.46	680	1330
	490. 928	○	○	-	-	-	CG	-	-	5.80	4.75	11.49	15.16	20.00	23.52	28.85	33.01	38.07	680	1330
	490. 968	○	○	-	-	-	CG	AK	-	6.65	4.85	14.36	18.95	25.00	29.40	36.07	41.26	47.59	680	1330
	491. 048	○	○	-	-	-	-	AK	-	9.20	5.85	22.97	30.31	40.00	47.04	57.71	66.02	76.15	680	1330
	491. 128	○	○	-	-	-	-	-	AM	10.80	7.75	36.18	47.75	63.00	74.09	90.89	103.98	119.93	680	1330
	491. 148	○	-	-	-	-	-	-	AM	11.40	7.65	40.78	53.81	71.00	83.50	102.43	117.19	135.16	680	1330

B = bore diameter · E = narrowest free cross section

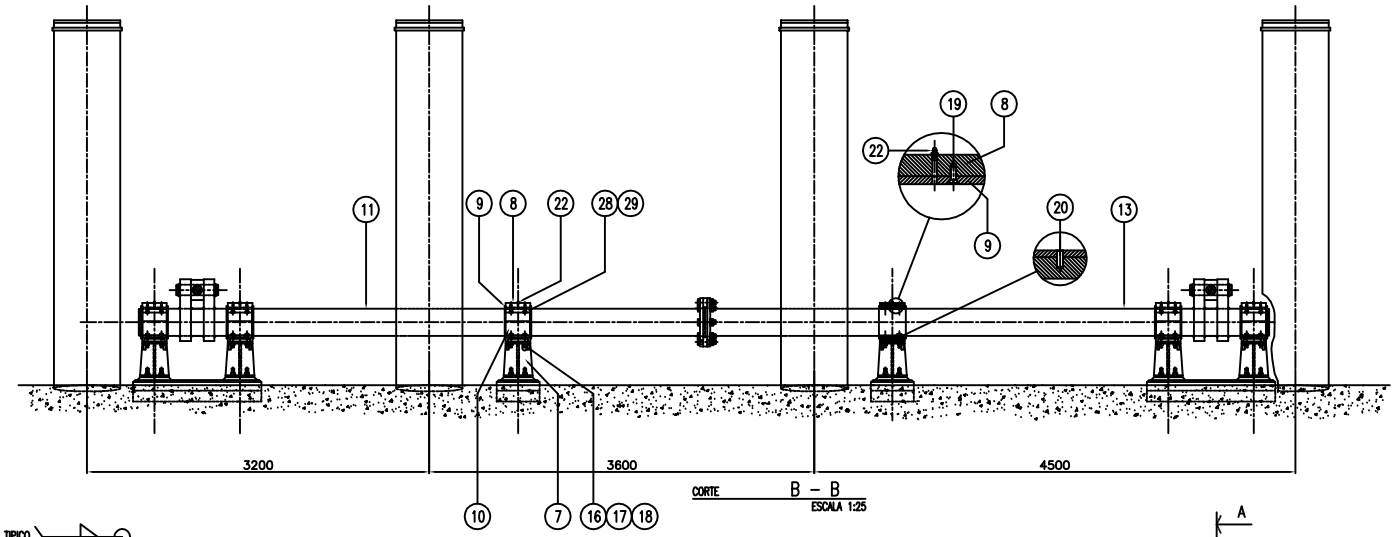
Other nozzle materials (special alloys, plastics) are available on request.

Example for ordering:	Type	+	Material no.	+	Code	=	Ordering no.
	490. 406	+	1Y	+	CA	=	490. 406. 1Y. CA

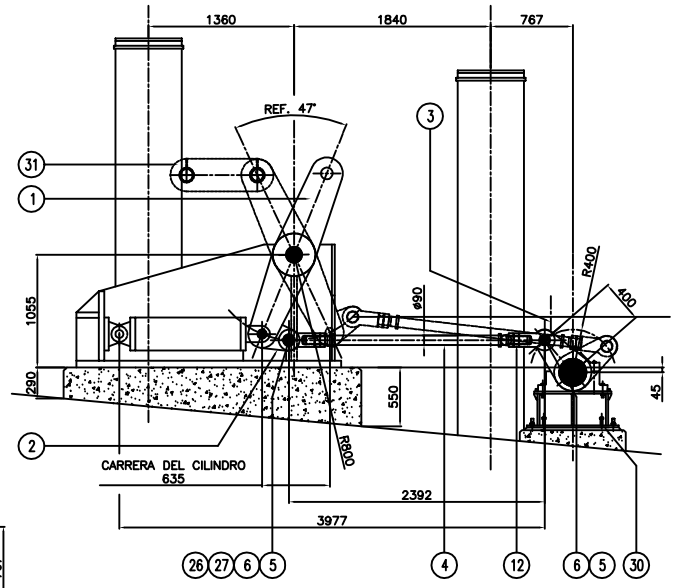
Conversion formula for the above series: (≤ 10 bar)

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_1 * \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,4}$$

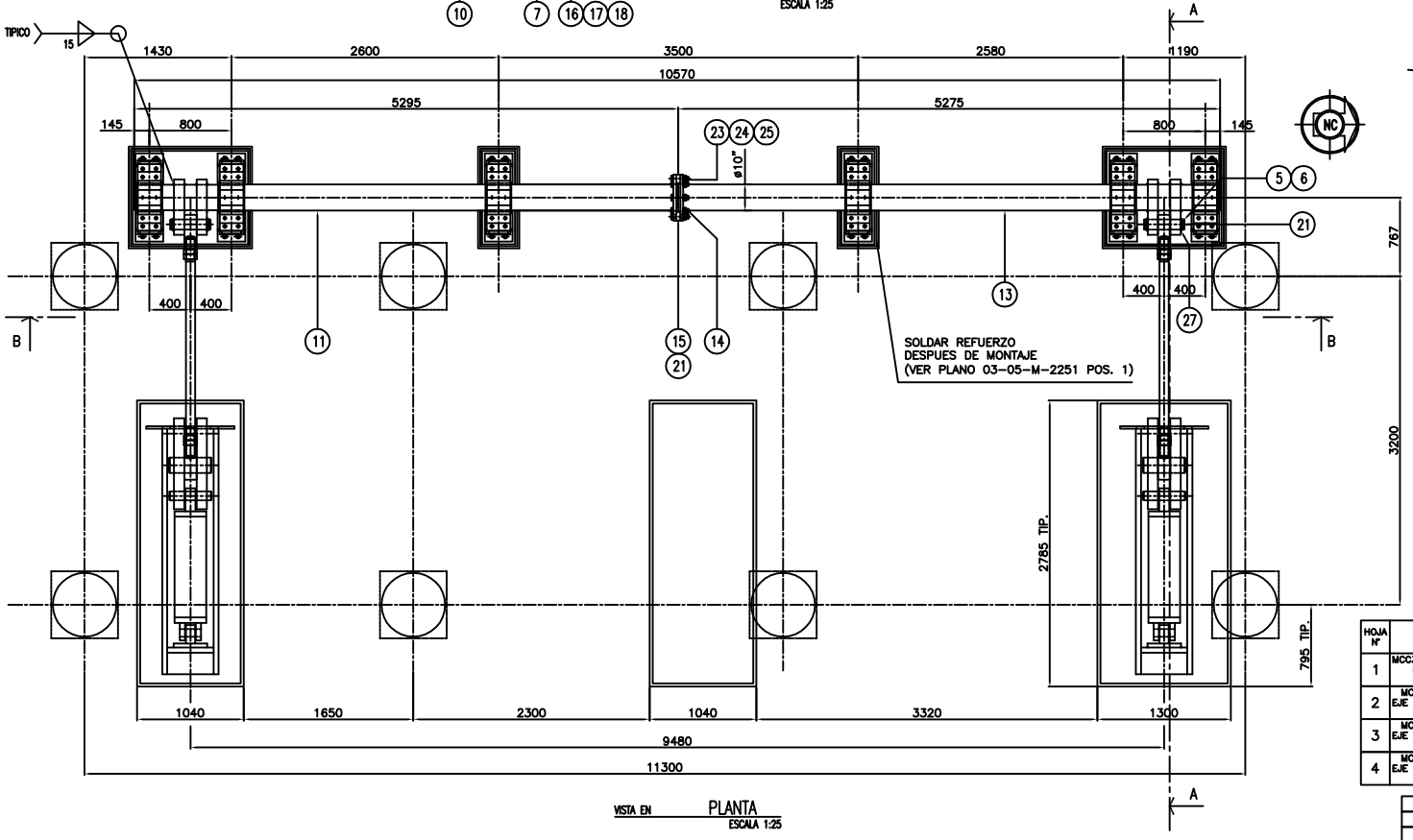
POS. N°	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
1	4	HORQUILLA EXISTENTE	–
2	4	OREJA P/BARRA DE TRANS. SOLDADA	VER HOJA 2 P1
3	4	LEVA	VER HOJA 2 P2
4	2	BARRA DE TRANSMISION	VER HOJA 2 P3
5	4	PERNO P/BARRA DE TRANS.	VER HOJA 2 P4
6	8	BUJE PARA LEVA Y OREJA	VER HOJA 2 P5
7	6	BASE METALICA	VER HOJA 3 P1
8	6	PORTA EJE (TAPA)	VER HOJA 3 P2
9	6	BUJE PARTIDO	VER HOJA 3 P3
10	6	PORTA EJE (BASE)	VER HOJA 3 P4
11	1	TRAMO DE EJE 1	VER HOJA 4 P1
12	8	TUERCA M80 x 6	DIN 970-8
13	1	TRAMO DE EJE 2	VER HOJA 4 P3
14	2	BRIDA	VER HOJA 4 P3
15	1	SEPARADOR	VER HOJA 4 P4
16	24	TORNILLO M30 x 130	DIN 931-8.8
17	24	TUERCA EXAG. M30	DIN 970-8
18	24	ARANDELA DE PRESION A30	DIN 127
19	12	TORNILLO CAB. FREZADA M10 x 25	DIN 7991
20	12	ESPINA GUIA ø10 x 30	DIN 6325
21	2	ESPINA GUIA ø10 x 40	DIN 6325
22	6	ENGRASADOR AM10	DIN 71412
23	8	TORNILLO M36 x 150	DIN 931-8.8
24	8	TUERCA EXAG. M36	DIN 970-8
25	8	ARANDELA DE PRESION A36	DIN 127
26	8	CHAVETA 13 x 120	DIN 94
27	8	ARNDELA ø int 102 x ø ext. 120, esp. 5	SAE 1020
28	24	TORNILLO M24 x 130	DIN 931-8.8
29	24	ARANDELA DE PRESION A24	DIN 127
30	24	TORNILLO C/EXAG. M20 x 80	DIN 931 – 8.8
31	2	LEVA CONEXION BIELA MESA PL. 05-M-2551	POS. 10 HOJA 3



CORTE B – B
ESCALA 1:25



CORTE A – A
ESCALA 1:25



VISTA EN PLANTA
ESCALA 1:25

NOTAS GENERALES

SOLDADURAS
LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO

PINTURA
SE DEBERA PINTAR CON 2 MANOS DE ANTIOXIDO AL CROMATO DE ZINC Y 2 MANOS DE ESMALTE SINTETICO COLOR SEGUN NORMAS ACINDAR

MATERIALES
PERFIL U : IRAM IAS U500-509 F-24
PERFIL ANGULO : IRAM IAS U500-558 F-24
PERFIL DOBLE T : IRAM IAS U500-511 F-24
CHAPAS : IRAM IAS U500-42 F-24

MEMORIA DE CALCULO DEL EJE VER MC-05-M-304

REFERENCIA
TRABAJAR CONJUNTAMENTE CON PL. 05-M-2551

HOJA N°	INDICE	REV.
1	MCC3 MESA DE ENFRIAMIENTO EJE DE SINCRONISMO CILINDRO HIDRÁULICO	0
2	MCC3 MESA ENFRIAMIENTO EJE SINCR. – CILINDRO HIDR. DESPIECE	0
3	MCC3 MESA ENFRIAMIENTO EJE SINCR. – CILINDRO HIDR. DESPIECE	0
4	MCC3 MESA ENFRIAMIENTO EJE SINCR. – CILINDRO HIDR. DESPIECE	0

REFERENCIAS

REV.	FECHA	DIBUJO	APROBO	COMENTARIOS
0				EMISION PARA CONSTRUCCION –

ESCALA DIB. 1:25 | INGENIERIA ELABORADA POR: | DIBUJO | VERIFICO | APROBO | FECHA

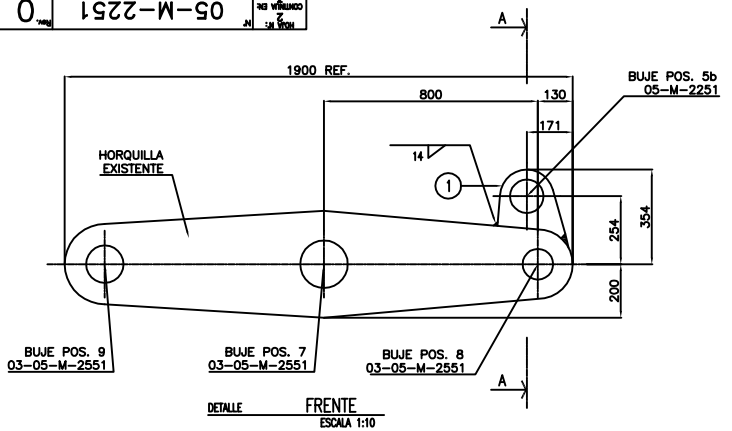
PLANTA UNR – FCEIA
SECCION COLADA CONTINUA
ITEM MCC3 MESA DE ENFRIAMIENTO
PARTE CILINDRO HIDRAULICO EJE DE SINCRONISMO

HOJA N°: 1 | CONTINUA EN: 2

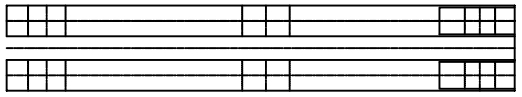
N° 05-M-2251 | REV. 0

Anexo B: "Planos de barra de sincronismo."

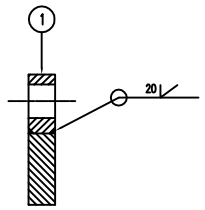
Esta obra es propiedad de Arbolar; está prohibida su reproducción total o parcial y en su caso, cualquier Acuerdo, sin la aprobación de Arbolar.



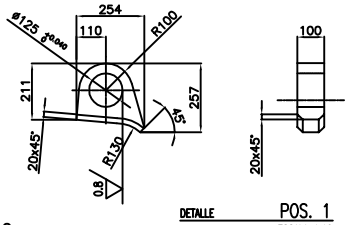
DETALLE FRENTE
ESCALA 1:10



DETALLE PLANTA
ESCALA 1:10



SECCION A – A
ESCALA 1:10



DETALLE POS. 1
ESCALA 1:10

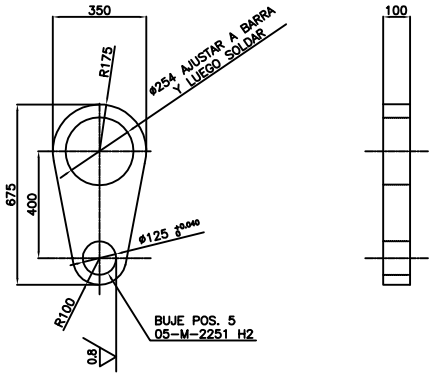
NOTAS GENERALES

SOLDADURAS
LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO

IMPORTANTE:
BIELA CONJUNTO – DETALLE VER PLANO 05-M-2551

1	4	05-M-2358 Hoja 1 POS. 2
1	4	05-M-2251 Hoja 1 POS. 2
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO

PLANO: 05-M-2251 Hoja 2 | ESCALA: 1:10
MAT.: F-24
PIEZA: OREJA P/BARRA DE TRANS.

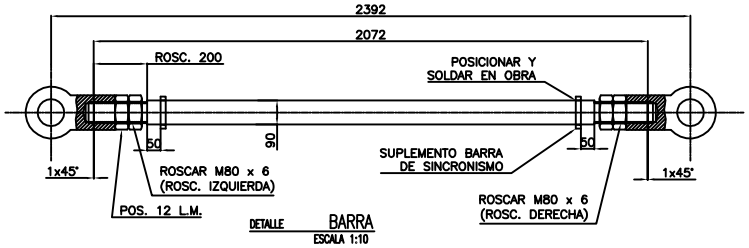


NOTAS

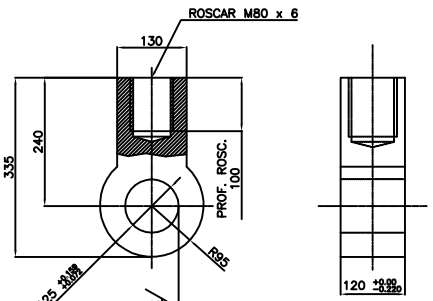
CLAVAR EN CALIENTE EN EL EJE CON INTERFERENCIA MINIMA 0,25 MM

2	4	05-M-2358 Hoja 1 POS. 3
2	4	05-M-2251 Hoja 1 POS. 3
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO

PLANO: 05-M-2251 Hoja 2 | ESCALA: 1:10
MAT.: F-24
PIEZA: LEVA

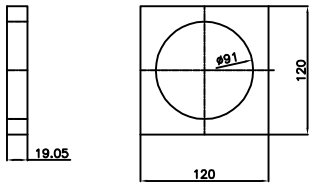


DETALLE BARRA
ESCALA 1:10



DETALLE EXTREMOS
ESCALA 1:5

SE DEBERA CONSTRUIR:
UNO (1) CON ROSCA DERECHA
Y UNO (1) CON ROSCA IZQUIERDA



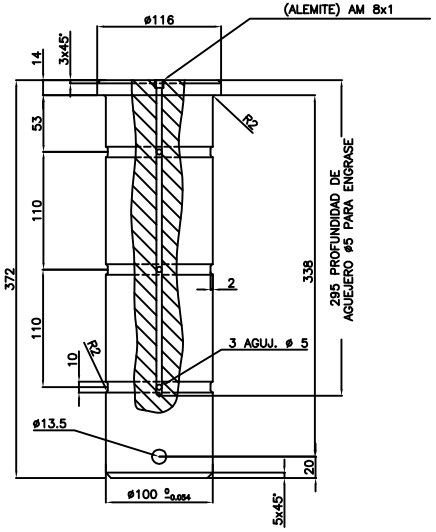
DETALLE SUPLEMENTO
BARRA DE SINCRONISMO
ESCALA 1:5

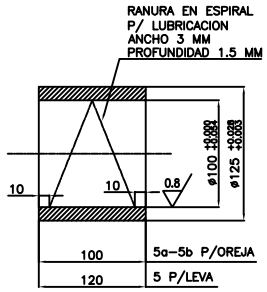
3	2	05-M-2358 Hoja 1 POS. 4
3	2	05-M-2251 Hoja 1 POS. 4
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO

PLANO: 05-M-2251 Hoja 2 | ESCALA: 1:5
MAT.: SAE 4140 LAMINADO
PIEZA: BARRA DE TRANSMISION

4	4	05-M-2358 Hoja 1 POS. 5
4	4	05-M-2251 Hoja 1 POS. 5
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO

PLANO: 05-M-2251 Hoja 2 | ESCALA: 1:2.5
MAT.: SAE 4140 30 HRC
PIEZA: PERNO P/BARRA DE TRANS.





5b	8	05-M-2358 Hoja 1 POS. 6 OREJA
5a	8	05-M-2251 Hoja 1 POS. 6 OREJA
5	8	05-M-2358 Hoja 1 POS. 6 LEVA
5	8	05-M-2251 Hoja 1 POS. 6 LEVA
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO

PLANO: 05-M-2251 Hoja 2 | ESCALA: 1:5
MAT.: SAE 64
PIEZA: BUJE PARA LEVA Y OREJA

REFERENCIAS

PARTE	CILINDRO HIDRAULICO EJE DE SINCRONISMO DESPIECE	ESCALA DIB. 1:10	HOJA N°: 2	CONTINUA EN: 3	N° 05-M-2251	Rev. 0

Este plano es propiedad de Arbiter. Está prohibida su reproducción total o parcial, así como su utilización por terceros sin autorización por escrito.

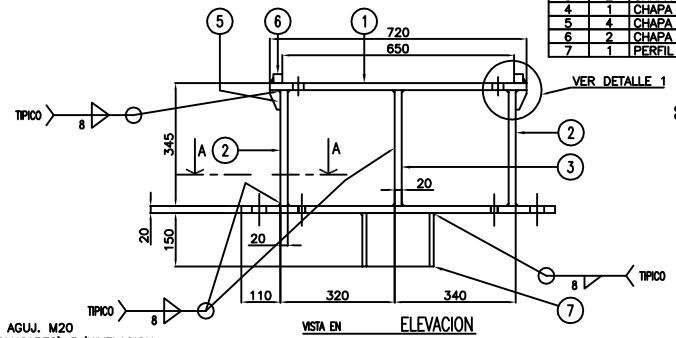
Anexo B: "Planos de barra de sincronismo."

Anexo B: "Planos de barra de sincronismo."

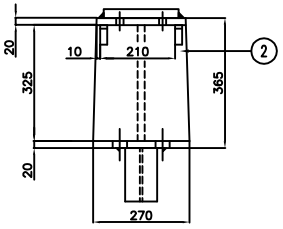
05-M-2251 REV. 0

LA LISTA CORRESPONDE A UN CONJUNTO SE DEBERAN CONSTRUIR 6

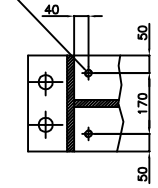
POS. N°	CANT.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
1	1	CHAPA 20 x 250 x 720	F-24
2	2	CHAPA 20 x 270 x 325	F-24
3	2	CHAPA 20 x 125 x 325	F-24
4	1	CHAPA 20 x 270 x 880	F-24
5	4	CHAPA 20 x 30 x 55	F-24
6	2	CHAPA 25 x 25 x 250	F-24
7	1	PERFIL I200 x 150	F-24



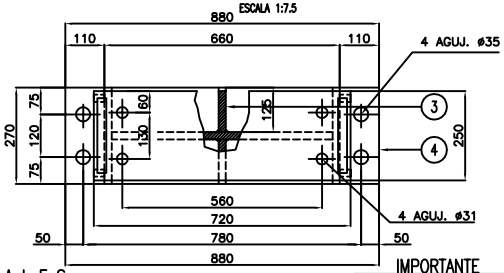
VISTA EN ELEVACION ESCALA 1:7.5



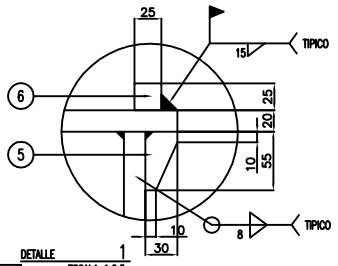
VISTA LATERAL ESCALA 1:7.5



CORTE A – A ESCALA 1:7.5



VISTA EN PLANTA ESCALA 1:7.5



ESCALA 1:2.5

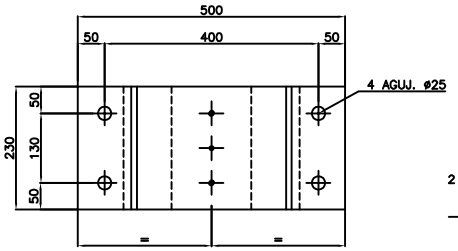
NOTAS GENERALES

SOLDADURAS
LOS CORDONES DE SOLDADURA SERAN CONTINUOS Y DE ESPESOR DE FILETE a = 0,7 DEL MINIMO ESPESOR A SOLDAR, SEGUN NORMA AWS D1.1 SALVO INDICACION EN CONTRARIO

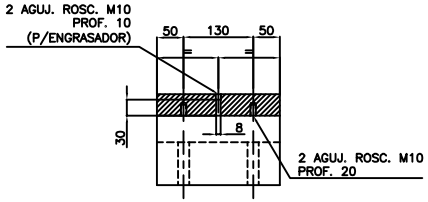
IMPORTANTE

NOTA:
POS.6 SOLDAR A PLACA DESPUES DEL MONTAJE DEL PORTA EJE.

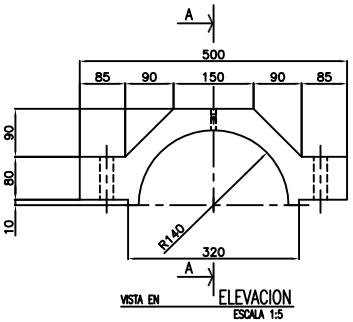
1	6	05-M-2251 Hoja 1 POS. 7
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 3		ESCALA: 1:7.5
MAT.: F-24		
PIEZA: ESTRUCTURA SOPORTE -(SOLO p/MCC3)		



VISTA INFERIOR ESCALA 1:5



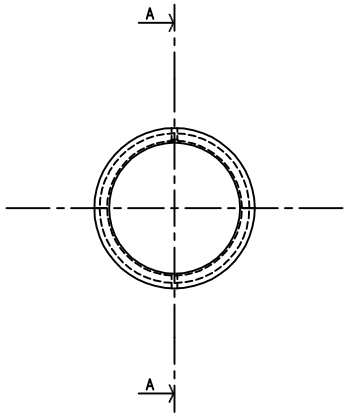
CORTE A – A ESCALA 1:5

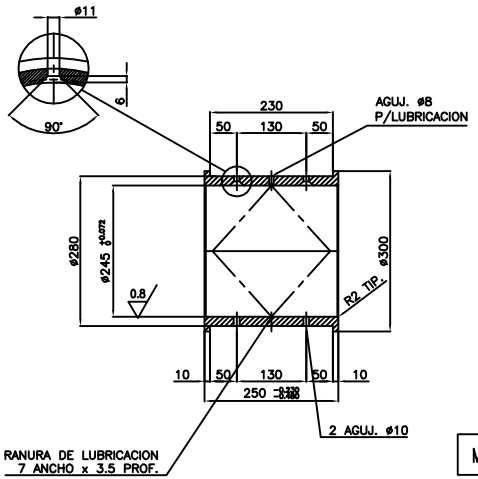


VISTA EN ELEVACION ESCALA 1:5

MATAR CANTOS

2	6	05-M-2358 Hoja 1 POS. 8
2	6	05-M-2251 Hoja 1 POS. 8
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 3		ESCALA: 1:5
MAT.: SEA 1020		
PIEZA: PORTAEJE (TAPA)		



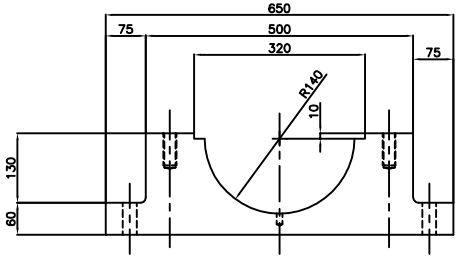


CORTE A – A ESCALA 1:5

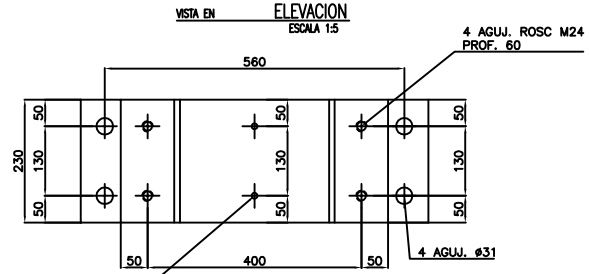
MATAR CANTOS

NOTA:
AJUSTAR A CAJA CORRESPONDIENTE Y VERIFICAR AJUSTE EN EJE.

3	6	05-M-2358 Hoja 1 POS.9
3	6	05-M-2251 Hoja 1 POS. 9
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 3		ESCALA: 1:5
MAT.: SAE 64		
PIEZA: BUJE PARTIDO		



VISTA EN ELEVACION ESCALA 1:5



VISTA EN PLANTA ESCALA 1:5

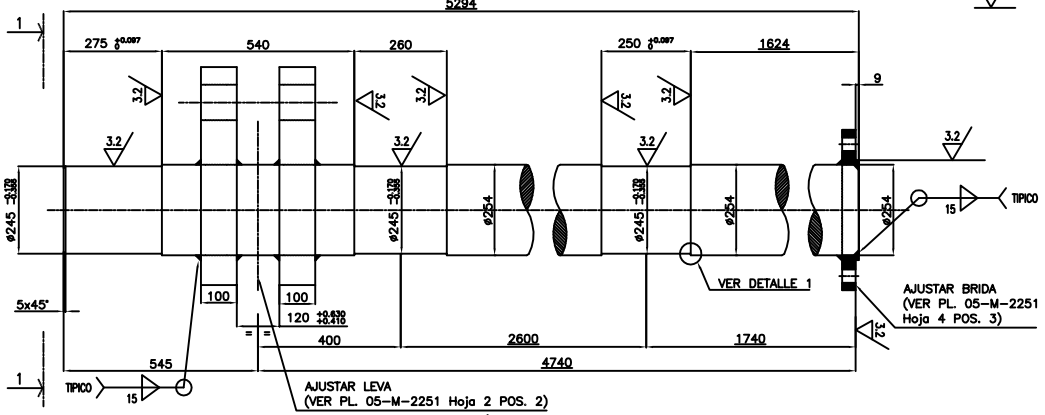
MATAR CANTOS

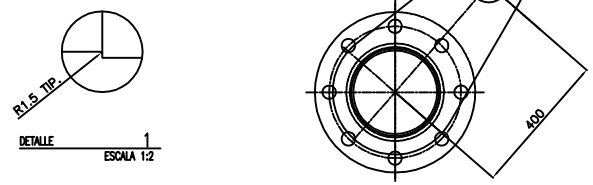
4	6	05-M-2358 Hoja 1 POS. 10
4	6	05-M-2251 Hoja 1 POS. 10
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 3		ESCALA: 1:5
MAT.: SEA 1020		
PIEZA: PORTAEJE (BASE)		

REFERENCIAS

PARTE: CILINDRO HIDRAULICO EJE DE SINCRONISMO DESPIECE	ESCALA DIB. 1:7.5	HOJA N°: 3	CONTINUA EN: 4	N° 05-M-2251	Rev. 0

Esta obra es propiedad de Arbiter; está prohibida su reproducción total o parcial, así como su uso, cualquier Autorización.



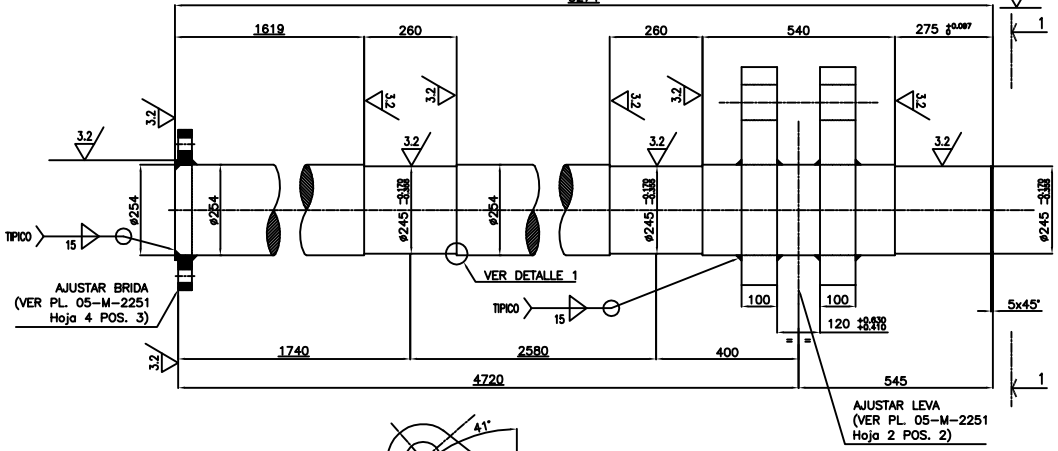


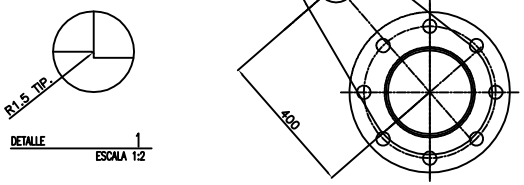
1	1	05-M-2358 Hoja 1 POS.11

NOTAS GENERALES

SOLDADURAS
VER PROCEDIMIENTO EN MEMORIA DE CALCULO MC-05-M-303

1	1	05-M-2358 Hoja 1 POS.11
1	1	05-M-2251 Hoja 1 POS. 11
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 4		ESCALA: 1:7.5
MAT.: SAE 4140 LAMINADO 10"		
PIEZA: TRAMO DE EJE 1		

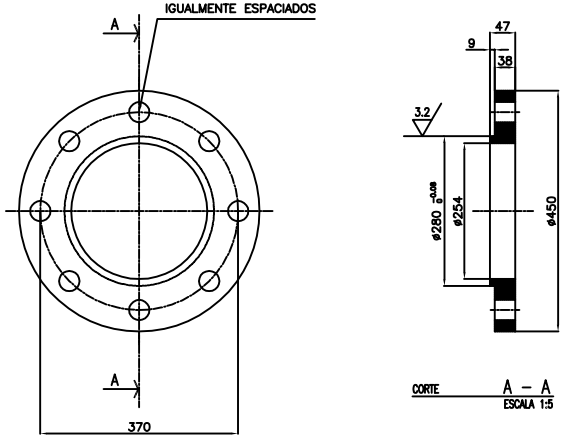




NOTAS GENERALES

SOLDADURAS
VER PROCEDIMIENTO EN MEMORIA DE CALCULO MC-05-M-303

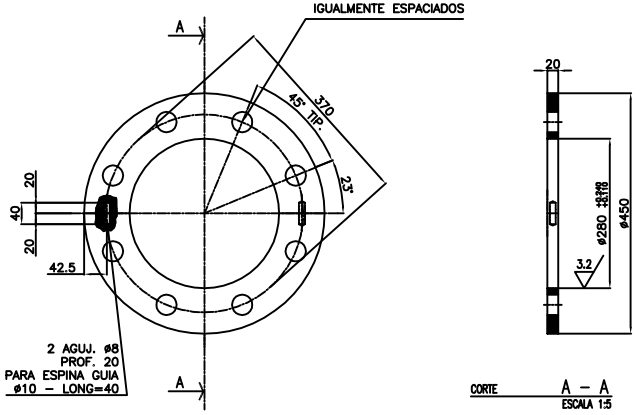
2	1	05-M-2358 Hoja 1 POS. 13
2	1	05-M-2251 Hoja 1 POS. 13
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 4		ESCALA: 1:7.5
MAT.: SAE 4140 LAMINADO 10"		
PIEZA: TRAMO DE EJE 2		



NOTAS

CLAVAR EN CALIENTE EN EL EJE CON INTERFERENCIA MINIMA 0,25 MM

3	2	05-M-2358 Hoja 1 POS. 14
3	2	05-M-2251 Hoja 1 POS. 14
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 4		ESCALA: 1:5
MAT.: F-24		
PIEZA: BRIDA		



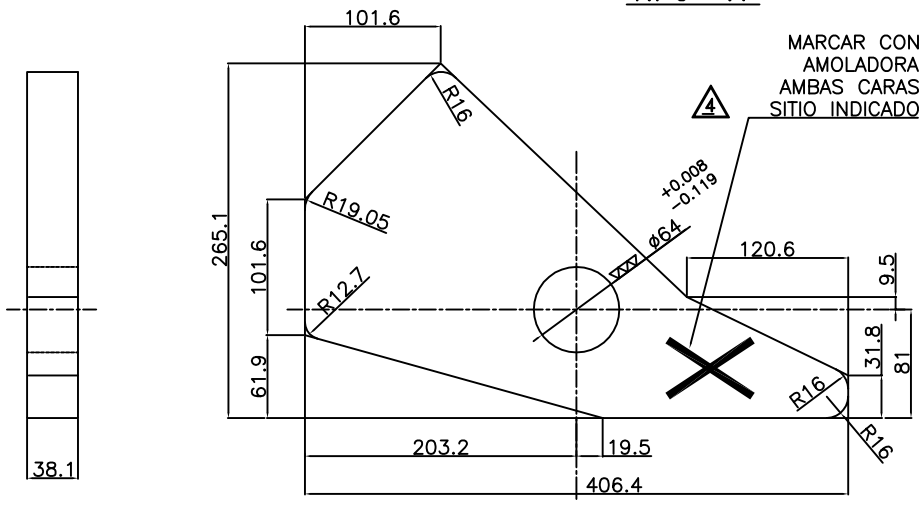
4	1	05-M-2358 Hoja 1 POS. 15
4	1	05-M-2251 Hoja 1 POS. 15
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2251 Hoja 4		ESCALA: 1:5
MAT.: F-24		
PIEZA: SEPARADOR		

-	PARTE	ESCALA DIB.	HOJA N°:	CONTINUA EN:	N°	Rev.
-	CILINDRO HIDRAULICO EJE DE SINCRONISMO DESPIECE	1:7.5	4	-	05-M-2251	0
REFERENCIAS						

Anexo B: "Planos de barra de sincronismo."

Este plano es propiedad de Arbiter; está prohibida su reproducción total o parcial y su uso para cualquier Actividad no ajustada a dicha por Arbiter.

TIPO "A"



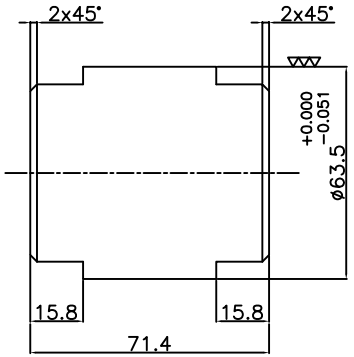
PINTURA

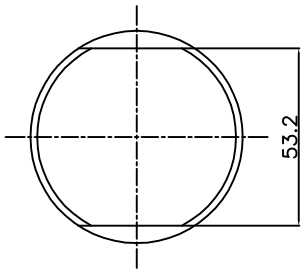
SE DEBERA PINTAR COLOR NARANJA

1	1	E-461-0976
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2487		ESCALA: 1:2
MAT.: SAE 1045 BONIFICADO 35-40Rc		
PIEZA: PERRO P/ VOLQUETE		

CODIGO MAT.	POS.	NUMERO PLANO
5252592	1	05-M-2487

OXICORTE

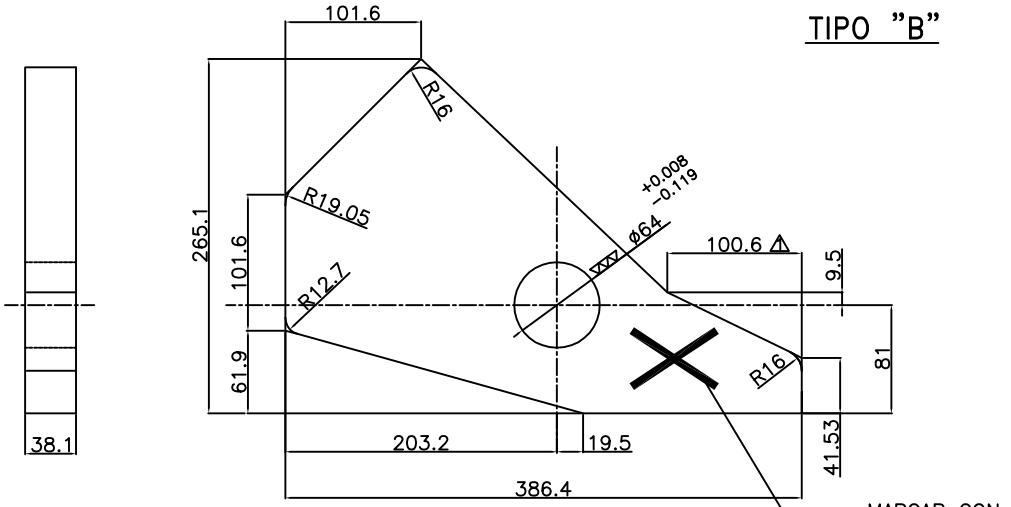




2	1	E-461-0976
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2487		ESCALA: 1:2
MAT.: SAE 1045		
PIEZA: PERNO PERRO		

CODIGO MAT.	POS.	NUMERO PLANO
5252593	2	05-M-2487

TIPO "B"

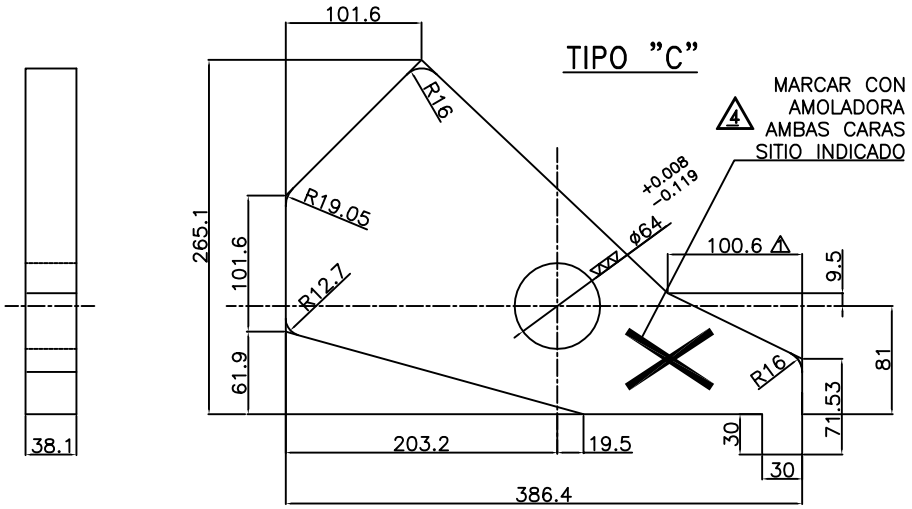


3	1	E-461-0976
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2487		ESCALA: 1:2
MAT.: SAE 1045 BONIFICADO 35-40 Rc		
PIEZA: PERRO ARRASTRE		

CODIGO MAT.	POS.	NUMERO PLANO
5252594	3	05-M-2487

OXICORTE

TIPO "C"



HOJA N°	INDICE	REV.
01	PLANCHADA DE ENFRIAMIENTO PERROS Y PERNOS DETALLES	0
02	PLANCHADA DE ENFRIAMIENTO REPARACION PERROS DETALLES	0

CODIGO MAT.	POS.	NUMERO PLANO
5252595	4	05-M-2487

4	1	E-461-0976
POS.	CANT.	CONJUNTO ARMADO
PLANO: 05-M-2487		ESCALA: 1:2
MAT.: SAE 1045 BONIFICADO 35-40 Rc		
PIEZA: PERRO FRENTE MARCADORES		

OXICORTE

E-461-0976 CONCAST - CONJUNTO
RB-05-M-284
REFERENCIAS

REV.	FECHA	DIBUJO	APROBO	COMENTARIOS
0				-

ESCALA DIB. 1:2 | INGENIERA ELABORADA POR: | DIBUJO | VERIFICO | APROBO | FECHA

PLANTA: UNR – FCEIA
SECCION: COLADA CONTINUA
ITEM: PLANCHADA ENFRIAMIENTO
PARTE: PERROS Y PERNO DETALLES

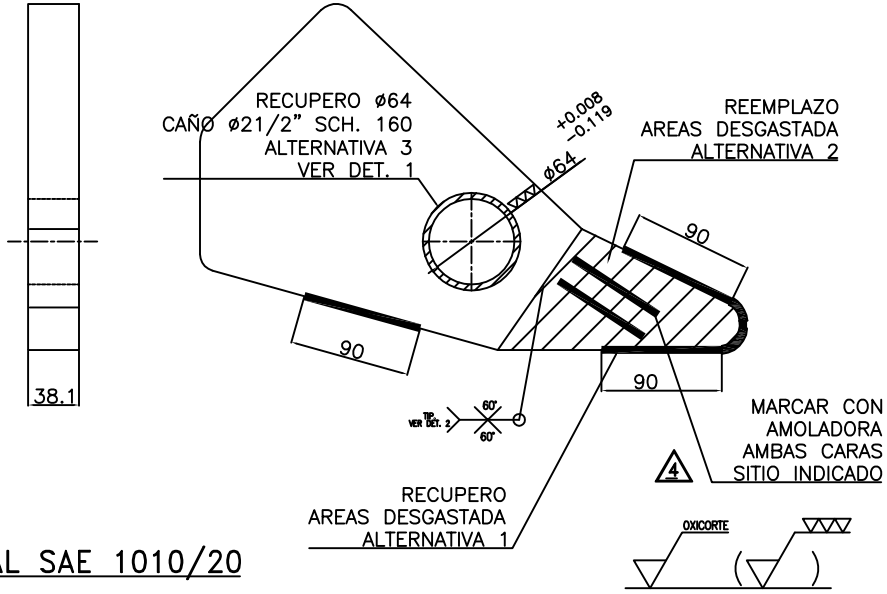
HOJA N°: 1 | CONTINUA EN: 2

N° 05-M-2487 | Rev. 0

Esta obra es propiedad de Arbolar. Está prohibida su reproducción total o parcial, así como su uso, cualquier Acuerdo previo y escrito por Arbolar.

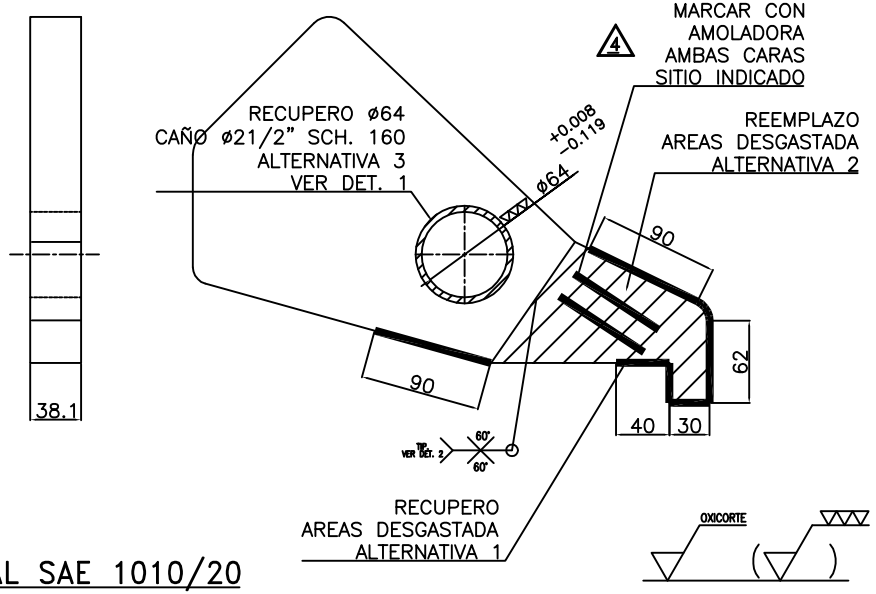
Anexo C: "Planos de Uñas de enfriamiento."

TIPO "A"



MATERIAL SAE 1010/20

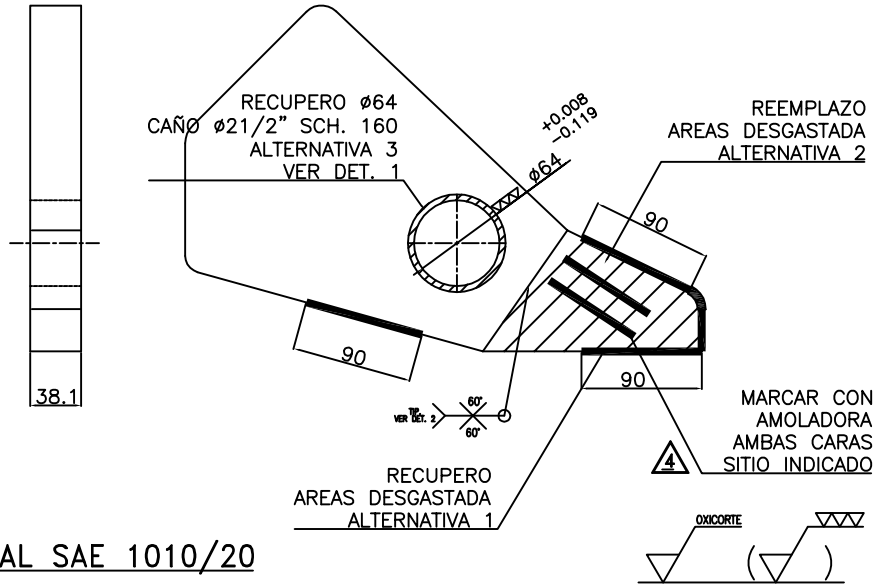
TIPO "C"



TIPO "B"

MATERIAL SAE 1010/20

TIPO "B"

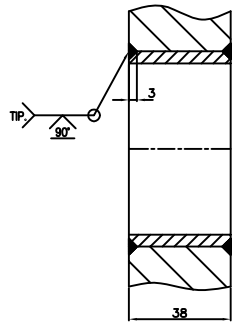


MATERIAL SAE 1010/20

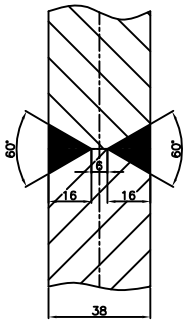
ALTERNATIVAS DE REPARACION/RECUPERO

1- RELLENO AREAS INDICADAS CON CONARCRON 450 O SIMILAR
2- REEMPLAZO DE AREA SOMBREADA
3- RECUPERO DE AGUJERO CENTRAL S/ INDICACION
4- INDICAR ALTERNATIVAS DE OPCIONES S/ DETALLES BASICOS 1-2-3

NOTA: VER ESPECIFICACION TECNICA



DETALLE 1
ESC. 1:1



DETALLE 2
ESC. 1:1

REFERENCIAS	PARTE: PLANCHADA DE ENFRIAMIENTO REPARACION PERROS DETALLES	ESCALA DIB. INDICADAS	HOJA N°: 2	CONTINUA EN: -	N° 05-M-2487	Rev. 0

Anexo C: "Planos de Uñas de enfriamiento."

Este plano es propiedad de Arcelor; está prohibida su reproducción total o parcial y/o su uso para cualquier Actividad no ajena a la ejecución por Arcelor.