

*Universidad de Matanzas
sede "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas*



Adaptación de los rodamientos al Truck del carro- jaula de 30 toneladas para caña

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Michel Santiago Morales Ramírez

Matanzas, 2022

*Universidad de Matanzas
sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas*



Adaptación de los rodamientos al truck del carro-jaula de 30 toneladas para caña

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Michel Santiago Morales Ramírez

Tutor: Ing. Radamés Ocegüera Morales

Cotutor: Ing. Ernesto Alonso Falcón

Matanzas, 2022

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

El presente trabajo está realizado en la empresa FERRAC José Valdés Reyes y tiene como objetivo Elaborar la tecnología de la adaptación de rodamiento al *truck* de bandas arqueadas del carro-jaula de 30 toneladas para caña, la documentación técnica necesaria para el ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos del mismo por el método de soldadura (MAG) y la fabricación de los elementos utilizados para la adaptación por los procesos de corte y conformado. Para ello se realizó una breve búsqueda bibliográfica del tema, se analizaron las propiedades mecánicas del metal base y su soldabilidad y se realizaron los cálculos de consumos de alambre, consumo eléctrico y tiempos de trabajo. Este proyecto contribuirá al proceso industrial de la empresa ya que no se dispone de la tecnología la adaptación. El análisis económico de las piezas diseñadas y del proceso de soldadura demuestra el comportamiento favorable del índice de rentabilidad del proyecto.

Palabras claves: *truck* de bandas arqueadas; coche ferroviario; industria ferroviaria; soldadura (MIG – MAG); corte y conformado.

ABSTRACT

The present work is carried out in the company FERRAC José Valdés Reyes and its objective is to prepare the technology for the adaptation of the bearing to the truck with arched bands of the 30-tonne cart-cage for cane, the necessary technical documentation for the assembly, spotting and welding, general of the subassemblies of the same by the welding method (MAG) and the manufacture of the elements used for the adaptation by the cutting and forming processes. For this, a brief bibliographical search of the subject was carried out, the mechanical properties of the base metal and its weldability were analyzed and the calculations of wire consumption, electrical consumption and working times were made. This project will contribute to the industrial process of the company since the adaptation technology is not available. The economic analysis of the designed parts and the welding process demonstrates the favorable behavior of the profitability index of the project

Keywords: truck with arched bands; rail car; railway industry; welding (MIG-MAG); cut and shaped.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1: Revisión Bibliográfica	4
1.1 Breve historia del ferrocarril	4
1.2 Historia del Ferrocarril en Cuba y en Matanzas.....	5
1.3 Vagón-jaula de 30 toneladas para caña.....	7
1.4 Corte y conformado de la chapa.....	11
1.4.1 Curva de Esfuerzo vs Deformación.....	12
1.4.2 Propiedades metálicas en los procesos de conformado.....	12
1.4.3 Trabajo en frío.....	13
1.4.4 Trabajo en caliente.....	13
1.5 Clasificación de los procesos de conformado.....	13
1.5.1 Proceso de cizallado.....	14
1.5.2 Proceso de doblado.....	15
1.6 Maquinado de los metales.....	18
1.6.1 Mecánica del corte.....	18
1.6.2 Movimientos de trabajo de las máquinas.....	19
1.6.3 Tipos de procesos de maquinado.....	19
1.6.4 Taladradoras.....	20
1.7 Breve reseña histórica de la soldadura	21
1.7.1 Clasificación de los procesos de Soldeo	23
1.8 Tipos de Soldadura.....	24
1.8.1 Soldadura manual por arco con electrodos revestidos:.....	24
1.8.2 Soldadura por arco sumergido:	25
1.8.3 Soldadura por resistencia:	25
1.8.4 Soldadura oxigas:.....	25
1.8.5 Soldadura por arco protegido por gas:	26
1.9 Soldadura por arco metálico con protección de gas.....	26
1.9.1 Ventajas y desventajas del proceso MIG-MAG.....	29
Capítulo 2: Materiales y métodos	31

2.1	Método de cálculo para el proceso de corte de las láminas en la cizalladora. ...	31
2.1.1	Cálculo de la distancia entre la cuchilla y el dado.	31
2.1.3	Tiempo de cizallado.	32
2.2	Método de cálculo para el proceso de doblado de las láminas en la prensa.	32
2.2.3	Cálculo de la recuperación elástica.	33
2.2.5	Tiempo de fabricación.	34
2.3	Método de cálculo para el régimen de corte en las operaciones de taladrado. ..	34
2.3.3	Cálculo de la potencia de corte y su comprobación.	35
2.3.4	Cálculo del tiempo principal.	36
2.4	Selección de la máquina de soldadura.	37
2.5	Análisis del Metal Base.	38
2.5.1	Determinación de la Soldabilidad.	38
2.5.2	Selección los parámetros del régimen de ensamble, punteo y soldadura. ..	39
2.6	Selección del electrodo de soldadura y del gas protector.	39
2.7	Cálculo del consumo de materiales y gases para el punteo y la soldadura general.	40
2.7.1	Cálculo del consumo de alambre.	40
2.7.2	Cálculo de los tiempos para el ensamble, punteo y soldadura general.	42
2.7.3	Cálculo del consumo de Dióxido de Carbono.	43
2.7.4	Cálculo del consumo de energía eléctrica.	43
2.8	Cálculos de los costos para la operación de ensamble, punteo y soldadura general.	44
2.8.1	Cálculo de los costos fijos.	44
2.8.2	Cálculo de los costos variables.	44
2.9	Control de la calidad	45
Capítulo 3 Análisis de los Resultados.		46
3.1	Resultados del proceso de corte y conformado de las piezas.	46
3.2	Resultados del proceso de ensamble y punteo.	47
3.3	Resultados del proceso de soldadura general.	47
3.4	Análisis económico.	48
Conclusiones		50

Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	52
Anexos	53
Anexo 1: Parámetros tecnológicos para la soldadura semiautomática con dióxido de carbono de costuras angulares en aceros de bajo contenido de carbono.	53
Anexo 2: Rodamiento modelo de 5½ x 10 utilizado para la modificación.....	54
Anexo 4: Adaptador SKF dimensiones.....	56
Anexo 5: Vagón-jaula de 30 toneladas con los dispositivos montados	57
Anexo 6: Tabla de tolerancias para cizalla	58
Anexo 7. Características de los equipos para la fabricación.....	58
Anexo 8: Coeficiente según el material.....	60
Anexo 9: Valores orientativos a añadir en operaciones con PressBrake.....	60
Anexo 10: Resumen de fórmulas para Taladrado.....	61
Anexo 11: Datos de corte.....	62
Anexo 12: Factor de dureza Kd	63
Anexo 13: Coeficiente de vida útil	63
Anexo 14: Fuerza de corte específica.....	64
Anexo 15: Pasos tecnológicos para las operaciones de corte, conformado y maquinado.	64
Anexo 16: Carta tecnológica Ensamble y Punteo.....	68
Anexo 18: Carta de Control de la calidad de Punteo	70
Anexo 19: Carta tecnológica de Soldadura General	71
Anexo 20: Carta de croquis de Soldadura General	72
Anexo 21: Carta de Control de la calidad de Soldadura General	73
Anexo 22: Plano de Ensamble	74
Anexo 23: Plano de Subconjunto 1.....	75
Anexo 24: Plano de Subconjunto 2.....	76
Anexo 25: Plano de Subconjunto 3.....	77

INTRODUCCIÓN

Históricamente el ferrocarril ha sido uno de los medios de transporte de carga y pasajeros más empleados por la humanidad. Este había sido fundado en Inglaterra, en 1825 luego le siguieron Francia, Alemania, Bélgica y Rusia y doce años después fue introducido en Cuba (el 19 de noviembre de 1837) como pionero en Hispanoamérica y segundo en América, sólo después de los Estados Unidos. (Rioseco, 2022) Sus características geográficas (una isla larga, estrecha y con predominio de zonas llanas), unido a otros factores tales como el *status* colonial durante la segunda mitad del siglo XIX, propició la instalación de esta económica variante de transporte de carga mediante una extensa red de infraestructura vial, diseminada por todo el territorio nacional. En este sentido, la economía azucarera cubana durante la etapa colonial y neocolonial, estuvo indisolublemente supeditada a una cadena de suministro, con el ferrocarril como medio de transporte fundamental. (Alonso-Falcón et al., 2021)

Durante la segunda mitad del siglo XX, específicamente tras el proceso de nacionalización llevado a cabo por el gobierno revolucionario, las medidas coercitivas impuestas desde el exterior a la economía cubana por las administraciones estadounidenses impactaron severamente en el desarrollo, tanto de la industria azucarera como del transporte ferroviario, tanto de carga como de pasajeros.

En la década de 1940 nació el proceso de soldadura por arco con protección gaseosa y electrodo consumible de aporte continuo y automático, denominado G.M.A.W, por su nombre en inglés: *Gas Metal Arc Welding*. Básicamente es una técnica para el soldeo de dos o más metales mediante fusión por calor, generada por un arco eléctrico y protegida del ambiente con gas. Según la clase del gas empleado, se diferencia entre soldadura MIG (*Metal Inert Gas*), si utiliza gas inerte, y soldadura MAG (*Metal Active Gas*), si utiliza un gas activo. (Uribe, 2010)

Las consecuencias del crudo bloqueo económico norteamericano muestran hoy día una abatida industria que sobrevive a pesar de tan difíciles condiciones. Algunas de las afectaciones más significativas en este sector se relacionan con los ingresos dejados de percibir por exportaciones de bienes y servicios. Este complejo escenario ha obligado a las empresas cubanas a implementar modelos de competitividad que les permitan

insertarse en el marco de una economía mundial regida por las leyes del mercado y la competencia para poder subsistir y desarrollarse. Aunque las empresas carecen de suficientes recursos financieros urge replantear esquemas de pensamiento para redirigirlos hacia el aumento de una capacidad de reacción que permita una mejor inserción en los mercados internacionales. (Pérez, 2020)

La Empresa Industrial Ferroviaria FERRAC José Valdés Reyes ubicada en la carretera a Máximo Gómez Km 1 1/2, Cárdenas, Matanzas, Cuba cuenta con más de 50 años de experiencia, cuyo inicio se remonta a 1955 bajo el nombre de “Talleres Llorca” como fabricante de implementos agrícolas, y a lo largo de los años la fabricación del Coche Ferroviario de Pasajeros de Primera y Segunda Clase hasta principios de los años 90 del siglo pasado. Posteriormente se ha dedicado a varias producciones mecánicas e introdujo en su proceso productivo, la UEB Negocios y Logística Comercial que es la encargada de concretar los negocios con los clientes en correspondencia con el Objeto Social, la concertación de los contratos con los suministradores, los servicios de transportación, custodia y distribución de los suministros para las diferentes producciones y servicios. Actualmente, con las restricciones antes mencionadas, el nivel de actividad está limitado a reparaciones medias y capitales del parque de equipos ferroviarios de carga existente en el país (vagones-tolva).

La presente tesis ofrece un estudio realizado a un proceso innovador en el área de producción de esta empresa. Se trata de una modificación realizada al sistema de rodamientos del *bogie* de banda de Brey (comúnmente llamado así en Cuba) y que, por un largo período, fue el *truck* más utilizado en el transporte de carga en la isla. Gracias a la nueva variante instalada es posible prolongar la vida útil del *truck* y, por ende, disminuir los costos de mantenimiento y las probabilidades de accidentalidad en la vía por fallos en el tren de rodaje.

Problema Científico: No existe la documentación técnica necesaria para la adaptación al rodamiento del *truck* de bandas arqueadas del carro-jaula de 30 toneladas para caña y la documentación técnica necesaria para el corte, conformado, maquinado, ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos del *truck* del vagón jaula por el método de soldadura MAG.

Hipótesis: ¿Será posible elaborar la tecnología de la adaptación de rodamiento al *truck* de 30 toneladas y elaborar la documentación técnica necesaria para el corte, conformado, maquinado, ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos del truck del carro-jaula de 30 toneladas por el método de soldadura MAG?

Objetivo General: Elaborar la tecnología de la adaptación de rodamiento al *truck* de bandas arqueadas del carro-jaula de 30 toneladas para caña y la documentación técnica necesaria para el corte, conformado, maquinado, ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos del mismo por el método de soldadura MAG.

Objetivos específicos:

- Efectuar una búsqueda bibliográfica del tema.
- Sistematizar los aspectos teóricos conceptuales que permitan actualizar los conocimientos sobre las diferentes temáticas abordadas.
- Análisis de las propiedades mecánicas del metal base.
- Elaborar plan y tecnología de corte de las láminas a utilizar.
- Seleccionar parámetros y elaborar tecnología de conformado de las láminas
- Determinar la soldabilidad del metal base.
- Seleccionar el metal de aporte y determinar su composición química.
- Seleccionar los parámetros del régimen de ensamble, punteo y soldadura (el voltaje, el diámetro del alambre, consumo de gas y la velocidad de soldadura).
- Cálculo de los tiempos para el corte y conformado de los subconjuntos.
- Cálculo de los costos para la operación de corte y conformado de los subconjuntos.
- Cálculo del consumo de materiales y gases para el punteo y la soldadura general.
- Cálculo de los tiempos para el ensamble, punteo y soldadura del sistema actual de rodamientos del *truck* de bandas arqueadas del carro-jaula de 30 toneladas para caña
- Cálculos de los costos para la operación de ensamble y punteo.
- Cálculos de los costos para la operación de soldadura general

CAPÍTULO 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se puede encontrar una breve reseña referente a la historia del ferrocarril en Cuba y el mundo. También está destinado a brindar información referente al carro-jaula de caña de 30 toneladas y las modificaciones que se le hicieron para el cambio de los cojinetes de deslizamiento (cajas de grasa o chumacera) con que fueron diseñados por rodamientos. Además, hace una breve reseña sobre el corte y conformado de los metales y los distintos tipos de tecnologías de soldadura existente, así como sus características y aplicaciones.

1.1 Breve historia del ferrocarril

El primer carril fabricado con hierro estaba formado por un cuerpo de madera recubierto por una chapa, y fue fabricado en 1768. Esto permitió la elaboración de aparatos de vía más complejos. En un principio sólo existían lazos de final de línea para invertir las composiciones, pero pronto aparecieron los cambios de agujas. Fue a partir de 1790 cuando se utilizaron los primeros carriles de acero completo en Reino Unido. En 1803, William Jessop inauguró la línea *Surrey Iron Railway* al sur de Londres, siendo el primer ferrocarril público tirado por caballos. La invención del hierro forjado en 1820 permitió superar los problemas de los primeros carriles de hierro, que eran frágiles y cortos, aumentando su longitud a 15 metros. Fue en 1857 cuando definitivamente comenzaron a hacerse los carriles de acero. (Hylton, 2007)

Según (Hylton, 2007) desarrollo del motor de vapor impulsó la idea de crear locomotoras de vapor que pudieran arrastrar trenes por líneas. La primera fue patentada por James Watt en 1769 y revisada en 1782, pero los motores eran demasiado pesados y generaban poca presión como para ser empleados en locomotoras. En 1804, utilizando un motor de alta precisión, Richard Trevithick presentó la primera locomotora capaz de arrastrar un tren en Merthyr Tydfil (Reino Unido). Realizada junto a Andrew Vivian, la prueba tuvo un éxito relativo, ya que la locomotora rompió los frágiles raíles de chapa de hierro.

En 1811, John Blenkinsop diseñó la primera locomotora funcional que se presentó en la línea entre Midieron y Leeds. La locomotora, denominada Salamanca, se construyó en 1812. En 1825, George Stephen son construyó la Locomoción para la línea entre

Stockton y Darlington, al noreste de Inglaterra, que fue la primera locomotora de vapor en traccionar trenes de transporte público. En 1829 también construyó la locomotora *The Rocket*. El éxito de estas locomotoras llevó a Stephenson a crear la primera compañía constructora de locomotoras de vapor que fueron utilizadas en las líneas de Europa y Estados Unidos. (Ashton, 1973)

En 1830 se inauguró la primera línea de ferrocarril interurbano, la línea entre Liverpool y Manchester. La vía utilizada era del mismo tipo que otras anteriores, como la del ferrocarril entre Stockton y Darlington. Su ancho era de 1.435 m, actualmente conocido como ancho internacional ya que es utilizado por aproximadamente el 60% de los ferrocarriles actuales. El mismo año se inauguró el primer tramo de la línea entre Baltimore y Ohio, la primera en unir líneas individuales en una red. (Ashton, 1973)

En los años siguientes, el éxito de las locomotoras de vapor hizo que las líneas de ferrocarril y las locomotoras se extendieran por todo el mundo.

Las locomotoras de vapor requieren un alto grado de mantenimiento para funcionar. Tras la II Guerra Mundial, los costos de personal se incrementaron dramáticamente, lo que hizo que la tracción a vapor se encareciera sobre el resto. Al mismo tiempo, la guerra impulsó el desarrollo de los motores de combustión interna, que hicieron a las locomotoras diésel más baratos y potentes. Esto causó que varias compañías ferroviarias iniciaran programas para convertir todas sus locomotoras para líneas no electrificadas en locomotoras diésel. (Lewis, 2001)

A lo largo de los años 70, la introducción de una mayor automatización, especialmente en el transporte interurbano, redujo los costos de operación. Algunas líneas de tranvía fueron reformadas en líneas de tren ligero, otras líneas fueron construidas en ciudades que habían eliminado el tranvía décadas atrás. En los años 90, el foco de atención se situó en mejorar la accesibilidad, convirtiendo el tren en la solución al transporte de los discapacitados. (Lewis, 2001)

1.2 Historia del Ferrocarril en Cuba y en Matanzas

Apenas doce años después de la inauguración del primer ferrocarril en Gran Bretaña, el 19 de noviembre de 1837, se abrió al servicio público el tramo inicial de 27 kilómetros, hasta Bejucal, de uno que enlazó La Habana y Güines unos meses después. Con ello

Cuba se convirtió en el segundo lugar en América (tras Estados Unidos) y séptimo del mundo en disponer de ese medio de transporte. Su metrópoli, España, no dispuso de un camino de hierro hasta 1848

El desarrollo del ferrocarril en Cuba, en efecto, estuvo determinado por su vinculación con el de la industria azucarera, solo se entiende en relación con el de esta última. La necesidad de extender territorialmente el área de cultivo de la caña y el fomento de ingenios y, asociado a ello, de aumentar la eficiencia del transporte de la materia prima de las fábricas de dulce hasta sus lugares de molienda y del acarreo posterior de su producto a los distintos puertos de embarque, llevó a los poderosos hacendados propietarios de las plantaciones, la mayoría concentradas en la región occidental de la isla, a introducir en la Gran Antilla uno de los adelantos tecnológicos más avanzados de la época en el mismo momento en el que comenzaba su construcción en otros países del mundo

Tras la construcción del primer ferrocarril en Cuba, la isla logró dotarse de una red de caminos de hierro insólita en América Latina. Llegaría a tener unos 6.000 kilómetros destinados al servicio público, y otros 12.000 industriales, para atender el servicio de la industria azucarera fundamentalmente, duplicidad de infraestructuras que es común en otros lugares productores de azúcar de América, pero cuya magnitud en la Gran Antilla no tiene comparación en la región

El primer tramo del Ferrocarril de Matanzas se inauguró en el año 1843. Recorrió los 33 kilómetros que separan esa ciudad la localidad de Guanábana, sita en su *hinterland* meridional. Desde allí se prolongó 26 más hasta la de Unión de Reyes, abiertos en 1848, y otros 13 en 1859, al acabarse el trayecto inicial de una segunda línea entre Tramojos y Navajas. Su trazado siguió ampliándose luego hasta totalizar 241 kilómetros en 1894 y servía el oeste y sur de la provincia matancera, pues al este, en la vecina Cárdenas, comenzaron a construirse en 1838 y 1842 otros dos trenes, el que llevó el nombre de esa villa y el de Júcaro, fusionados en 1853 y que en el siglo XIX se extendieron 355 kilómetros. Surcaron también la región antes de 1900 los ferrocarriles de Coliseo (centro-sur de la misma), con 62 kilómetros y erigido entre 1848 y 1859 por la renuencia de las empresas dueñas de los anteriores a llevar sus paralelas a dicha población, demandada por sus hacendados azucareros, y los que partían de la capital de Cuba, el de la Bahía, que adquirió el coliseano en 1865, y Caminos de Hierro, el antiguo La Habana-Güines.

Por la importancia que tuvo en Cuba la agro-industria azucarera, por haberse empleado en ellas esclavos como trabajo hasta 1886 y haber generado el tendido de una enorme red de ferrocarril, cualquier proyecto que proponga fomentar tales elementos, los bienes materiales e inmateriales relacionados directa e indirectamente con los trenes, puede ser de interés en la isla y ayudar a su desarrollo local sostenible (Santamaría García et al., 2020).

1.3 Vagón-jaula de 30 toneladas para caña

El vagón-jaula (o caro-jaula) de 30 toneladas para caña (figura 1) está destinado a la transportación de caña desde los campos de cultivo hacia los centrales azucareros. La descarga de la caña puede realizarse tanto por volteo lateral como por medio de una malla adaptada en su interior y sin necesidad de volteo. Ambos procesos de descarga responden a las características de trabajo del central azucarero al que preste servicios.

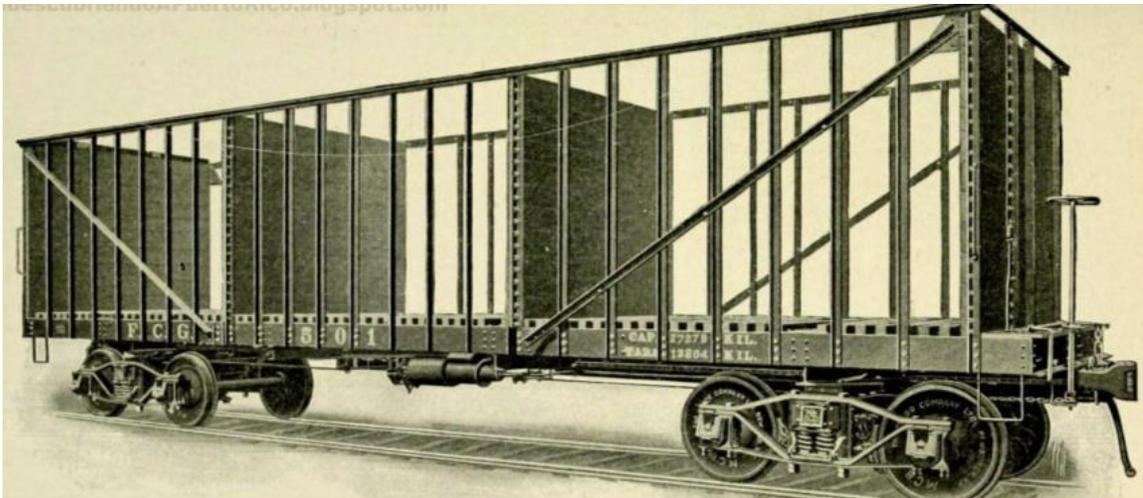


Figura 1.1 Ejemplo de vagón-jaula de 30 toneladas para caña empleado en Cuba a inicios del siglo XX.

Originalmente el carro consta de tres puertas de descarga que poseen en la parte superior un sistema de bisagras y en su parte inferior un mecanismo de cierre simple y de fácil manipulación.

El sistema de freno neumático DAKO que tiene instalado dispone de un mecanismo manual de frenado, tanto para casos de emergencia como para movimientos del carro sin fuente abastecedora de aire.

La estructura del carro está construida, fundamentalmente, de acero CT-3 y unidas sus partes y piezas en su gran mayoría con soldadura eléctrica y otras por medio del remachado, características que le otorgan una alta resistencia.

El tren de rodamiento (*truck*) portante es de la marca **Taíno** y está concebido de forma tal que garantice el movimiento del vagón por la vía férrea y brinde el máximo de seguridad a la carga. La configuración está dada por perfiles de acero estructural unidos por soldadura y remaches para garantizar una amplia resistencia al impacto y al cizallamiento. Para el caso del frenado del *truck*, este se logra por medio de palancas que transmiten la fuerza de frenado hasta las zapatas de freno. Su suspensión se logra por ocho sistemas de muelles helicoidales dispuestos cuatro a cada lado de la viga oscilante, lo que brinda una elevada amortiguación de las sacudidas provocadas al circular por la vía.

Los ejes son de 4½" x 8" y el rodamiento es por chumacera bimetálica. Las puntas de eje se encuentran dentro de una caja de grasa que garantiza su lubricación y evita que caigan partículas extrañas en esta zona. La caja de grasa tiene en su extremo libre una tapa que garantiza lo anterior y facilita su inspección (Tecnología de fabricación de principios del siglo XX). Los pares de ruedas utilizados son de hierro fundido nodular y, si las puntas del eje poseen un inadecuado mantenimiento sufren un gran desgaste e impide su utilización en este equipo.

El *truck* se compone de dos *bogies*, cada uno con dos ejes apoyados en cojinetes de bronce sobre los muñones (manguetas) de los ejes de las ruedas y alojados en la caja de grasa. En la figura 2 se muestra un *truck* que tiene la configuración de armadura tipo "arco-barra" (también conocida como *diamond*) fijado mediante pernos a las cajas para formar el tren de rodaje y la caja de grasa que actualmente está en uso. La tapa de registro está articulada a la caja mediante un elemento soldado (cabilla) que penetra por una oreja de sujeción que se encuentra en la parte superior de la caja. Sin embargo, esta tapa no asegura la hermeticidad necesaria para evitar la penetración de agentes contaminantes a la lubricación.



Figura 1.2 Truck de bandas arqueadas antes de la modificación.

La figura 4 muestra las partes (teja y calzo) que componen el cojinete de deslizamiento. Sobre el extremo del eje (mangueta) se coloca la teja y sobre esta el calzo. La superficie de trabajo de la teja posee una capa delgada de material antifricción *Babbitt*. En ese espacio, el contacto directo producido por la unión "eje-teja" provoca un aumento de la fricción entre estos elementos y, por consiguiente, una adecuada lubricación.



Figura 1.3 Elementos del cojinete de deslizamiento

La figura 5 muestra una caja de grasa con la tapa levantada; que en su interior contiene la estopa que mantiene lubricado el cojinete de deslizamiento. Debido a las insuficiencias del sellado, la estopa se cae con la lubricación, además que, los vagones situados en el basculador al verter la caña en la estera, hace que se desperdicie más del 30% del lubricante alojado en la caja de grasa. Esto ocasiona que se deba reabastecer cada vez que pasan por el basculador; este hecho provoca que aumenten los períodos de mantenimiento y la reducción del plazo de servicio, así como de las prestaciones esperadas.



Figura 1.4 Interior de la caja de grasa antes de la modificación.

En la figura 6 se muestra una mangueta rectificada y la superficie de contacto de una teja. Se pudo comprobar que la mancha de contacto entre la teja nueva y el extremo del eje rectificad (muñón), no supera el 60 % de la superficie de trabajo de la teja. Esto muestra la deficiente conjugación entre estos elementos, provocando un incremento de las presiones en las zonas de contacto, y con ello elevadas temperaturas en la capa antifricción de la teja, deformándola y acelerando el deterioro del par muñón y teja. Todo

esto obedece a insuficiencias en los procesos de manufactura empleados bien sea de fundición o de maquinado de la pieza.



Figura 1.5 Extremo del eje o muñón (izquierda) y superficie interior de la teja (derecha).

Debido a esto la Unión de Ferrocarriles de Cuba (UFC) perteneciente al Ministerio de Transporte (MITRANS), solicitó la posibilidad de realizar una solución técnica con el empleo de rodamientos en las puntas de ejes en lugar de cojinetes de deslizamiento, lo que posibilitara una utilización más diversa del vagón y un incremento de su velocidad de traslación, unido a una considerable reducción de tiempos y costos de mantenimiento.

En la variante propuesta, se trata de adaptar al *truck* de bandas arqueadas (entre los pernos de fijación que sujetan la caja de grasa) unos subconjuntos (calzos) de acero laminados en caliente que permiten la sujeción de los rodamientos y, a su vez, el deslizamiento libre de los ejes cuando el vagón hace paso por los tramos con curvas.

De esta manera, el funcionamiento resulta similar al utilizado en vagones de carga más modernos con la sustitución del conjunto caja de grasa con cojinetes bimetálicos y almohadillas por estos calzos de acero y rodamientos de cartucho de eje 5 ½" x 10". (Alonso-Falcón et al., 2021)

1.4 Corte y conformado de la chapa.

Los procesos de conformado de metales comprenden un amplio grupo de procesos de manufactura, en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar las formas de las piezas metálicas.

En los procesos de conformado, las herramientas, usualmente dados de conformación, ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo que las obligan a tomar la forma de la geometría del dado.

1.4.1 Curva de Esfuerzo vs Deformación.

Debido a que los metales deben ser conformados en la zona de comportamiento plástico, es necesario superar el límite de fluencia para que la deformación sea permanente. Por lo cual, el material es sometido a esfuerzos superiores a sus límites elásticos, estos límites se elevan consumiendo así la ductilidad.

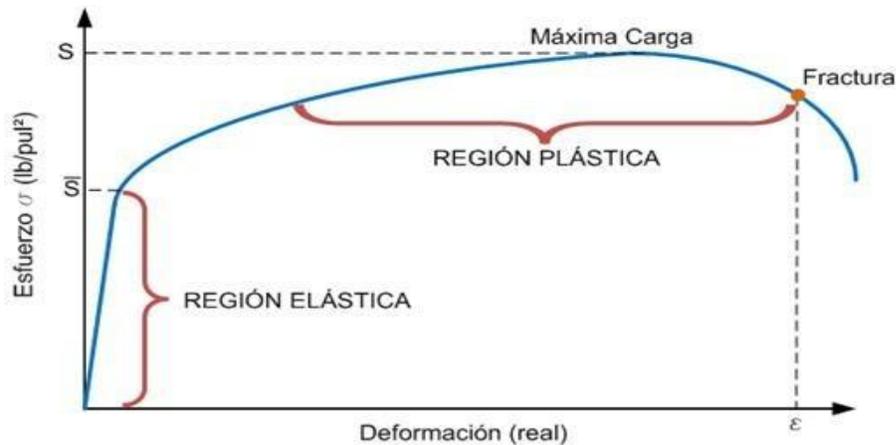


Figura 1.6 Gráfico de Deformación-Esfuerzo de los metales.

1.4.2 Propiedades metálicas en los procesos de conformado.

Al abordar los procesos de conformado es necesario estudiar una serie de propiedades metálicas influenciadas por la temperatura, dado que estos procesos pueden realizarse mediante un trabajo en frío, como mediante un trabajo en caliente.

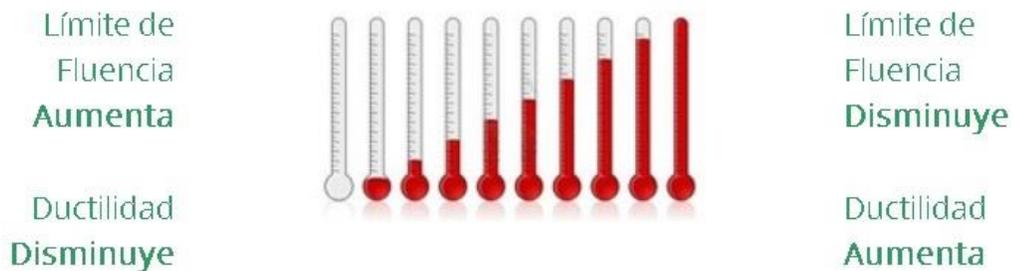


Figura 1.7 Gráfico de Ductilidad de los metales.

1.4.3 Trabajo en frío.

Se refiere al trabajo a temperatura ambiente o menor. Este trabajo ocurre al aplicar un esfuerzo mayor que la resistencia de cedencia original de metal, produciendo a la vez una deformación.

Características.:

- Mejor precisión.
- Menores tolerancias.
- Mejores acabados superficiales.
- Mayor dureza de las partes.
- Requiere mayor esfuerzo.

1.4.4 Trabajo en caliente.

Se define como la deformación plástica del material metálico a una temperatura mayor que la de recristalización. La ventaja principal del trabajo en caliente consiste en la obtención de una deformación plástica casi ilimitada, que además es adecuada para moldear partes grandes porque el metal tiene una baja resistencia de cedencia y una alta ductilidad.

Características:

- Mayores modificaciones a la forma de la pieza de trabajo.
- Menores esfuerzos.
- Opción de trabajar con metales que se fracturan cuando son trabajados en frío.

1.5 Clasificación de los procesos de conformado.

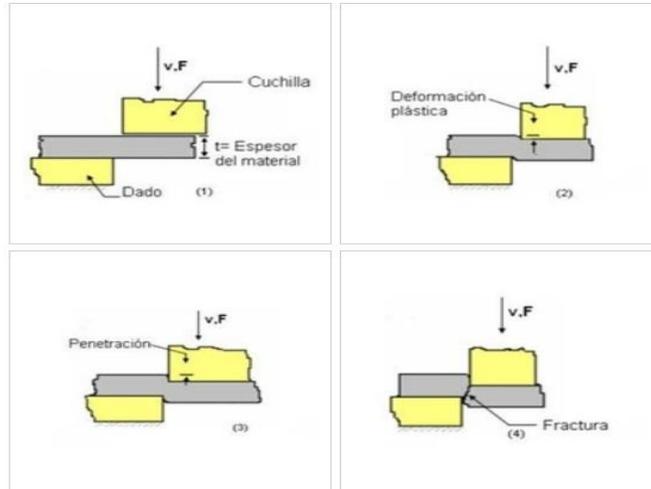
Los procesos de conformado plástico también se caracterizan por utilizar materiales en diferentes condiciones, ya estén o en forma de láminas o en forma de bloques macizos.



Figura 1.8 Procesos de conformado.

1.5.1 Proceso de cizallado.

El proceso de cizallado es una operación de corte de láminas que consiste en disminuir la lámina a un menor tamaño. Para hacerlo el metal es sometido a dos bordes cortantes. También llamado guillotinado en ciertas actividades se hacen en frío en la mayoría de los materiales. En general es para cortes rectos a lo ancho o a lo largo del material, perpendicular o en ángulo. La acción básica del corte incluye bajar la cuchilla hasta la mesa de la máquina, para producir la fractura o rotura controladas durante el corte. La mayoría de las cuchillas tienen un pequeño ángulo de salida. Para ciertas operaciones específicas como punzo nado o perforado, no hay esos ángulos de alivio.



Donde V es la velocidad y F es la fuerza de la cuchilla

Figura 1.9 Proceso de Cizallado.

Claro: En una operación de corte, el claro es la distancia entre el punzón y el dado. Los claros típicos en el prensado convencional fluctúan entre 4 y 8% del espesor de la lámina metálica t . Si el claro es demasiado pequeño, las líneas de fractura tienden a pasar una sobre otra, causando un doble bruñido y requiriendo mayor fuerza de corte. Si el claro es demasiado grande, los bordes de corte pellizcan el metal y resulta una rebaba excesiva. En operaciones especiales que requieren bordes muy rectos como en el rasurado y el perforado, el claro es solamente el 1 % del espesor del material.

1.5.2 Proceso de doblado.

El proceso doblado de metales es la deformación de láminas alrededor de un determinado ángulo. Los ángulos pueden ser clasificados como abiertos (si son mayores a 90 grados), cerrados (menores a 90°) o rectos. Durante la operación, las fibras externas del material están en tensión, mientras que las interiores están en compresión. El doblado no produce cambios significativos en el espesor de la lámina metálica.

Tipos de doblado.

- **Doblado entre formas:**

En este tipo de doblado, la lámina metálica es deformada entre un punzón en forma de V u otra forma y un dado. Se pueden doblar con este punzón desde ángulos muy obtusos hasta ángulos muy agudos. Esta operación se utiliza generalmente para operaciones de bajo volumen de producción.

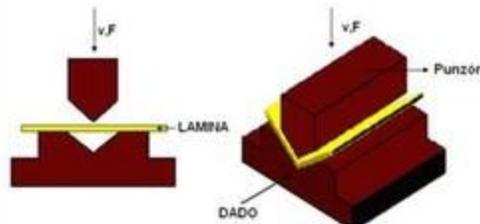


Figura 1.10 Proceso de doblado entre forma o plegado en V.

- **Doblado deslizante:**

En el doblado deslizante, una placa presiona la lámina metálica a la matriz o dado mientras el punzón le ejerce una fuerza que la dobla alrededor del borde del dado.

Este tipo de doblado está limitado para ángulos de 90° .

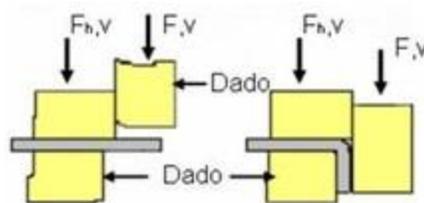


Figura 1.11 Proceso de doblado deslizante.

- **Tolerancia de doblado:**

Si el radio del doblado es pequeño con respecto al espesor del material, el metal tiende a estirarse durante el doblado. Es importante poder estimar la magnitud del estirado que ocurre, de manera que la longitud de la parte final pueda coincidir con la dimensión especificada. Esta longitud se llama tolerancia de doblado.

- **Recuperación elástica:**

Cuando la presión de doblado se retira, la energía elástica permanece en la parte doblada haciendo que ésta recobre parcialmente su forma original. Esta recuperación elástica es llamada **recuperación elástica** y se define como el incremento del ángulo comprendido por la parte doblada en relación con el ángulo comprendido por la herramienta formadora después de que ésta se retira.

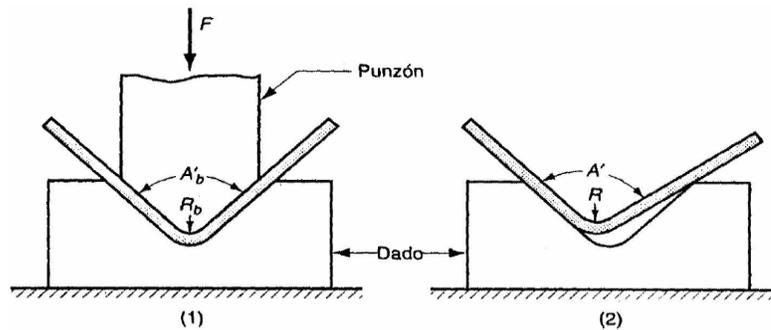


Figura 1.12 Recuperación elástica del proceso de plegado, (1) ángulo comprendido por la herramienta formadora $A'b$, (2) ángulo de la pieza luego de retirada A' .

- **Fuerza para el doblado de láminas.**

La fuerza de doblado es función de la resistencia del material, la longitud L de la lámina, el espesor T de la lámina, y el tamaño W de la abertura del dado. Para un dado en V , se suele aproximar la fuerza máxima de doblado, F_D , con la siguiente ecuación:

$$F_D = \frac{LT^2 S_{ult}}{W}$$

Símbolos para calcular la fuerza de doblado

S_{ult} = Esfuerzo último de tensión del material, $\left[\frac{lb}{pul^2} \right]$ o $[Pa]$

L = longitud de la lámina, $[pul]$ ó $[mm]$

T = espesor, $[pul]$ ó $[mm]$

W = luz entre apoyos o abertura del dado, $[pul]$ ó $[mm]$

1.6 Maquinado de los metales.

Dentro de la industria de manufactura, el maquinado es uno de los procesos más importantes a realizar. Este se basa en remover por medio de una herramienta de corte todo el exceso del material, de tal forma que la pieza terminada sea realmente la deseada.

El proceso de maquinado incluye la deformación cortante del material, creando una viruta, cuando esta es removida, queda totalmente expuesta a una nueva superficie.

Lo novedoso de este proceso es que a través de la historia se ha modificado e innovado la forma de realizar el maquinado.

Hoy en día, puede realizarse el maquinado a una mucha más amplia gama de metales. Generalmente todo material que sea sólido puede ser maquinado. En el caso de plásticos o compuestos se puede realizar el maquinado, pero de una forma más delicada y cuidada. La cerámica se caracteriza por ser un material de alta dureza y fragilidad, no obstante, se pueden cortar las piezas por medio del maquinado abrasivo.

Este proceso se puede emplear para formar cualquier forma geométrica, así como perfeccionar una superficie plana o lograr cilindros y agujeros redondos.

Cuando se realiza el maquinado, la pieza debió pasar previamente por otros procesos de fundición o deformación volumétrica.

El maquinado no solamente es un solo proceso, sino está conformado por varios procesos. Para realizar un corte profesional y exacto se requiere un movimiento relativo entre el material de trabajo y la herramienta.

Durante el proceso de maquinado, es importante añadir productos que faciliten el proceso. Tanto los aceites, tintas o lubricantes ayudan a que exista una menor fricción en el momento de rose, también ayudan a que la pieza no se lastime más de lo deseado y sobretodo que el corte sea exacto y perfecto.

1.6.1 Mecánica del corte.

Factores que influyen en el proceso de corte.

(Variables independientes, estas son esenciales en el proceso de corte)

Material y recubrimientos de la herramienta.

Forma, acabado superficial y filo de la herramienta.

Material y condiciones de la pieza de trabajo.

Avance, velocidad y profundidad de corte.

Fluidos de corte.

Características de la máquina herramienta.

Sujeciones y soportes de la pieza de trabajo.

Factores que influyen en el proceso de corte.

(Variables dependientes son las que afectan los cambios en las variables independientes)

- Tipo de viruta producida.
- Fuerza y energía disipada durante el corte.
- Elevación de la temperatura de la pieza de trabajo, la herramienta de corte y la viruta.
- Desgaste y falla de la herramienta.
- Acabado superficial e integridad de la superficie de la pieza de trabajo.

1.6.2 Movimientos de trabajo de las máquinas.

Los movimientos de trabajo en las máquinas son:

movimiento principal (de corte).

movimiento de avance.

El movimiento principal es aquel que asegura el corte de la viruta en el semiproducto con una velocidad de corte. El movimiento de avance hace que el proceso de corte sea prolongado y permite extenderlo a toda la superficie que ha de elaborarse.

1.6.3 Tipos de procesos de maquinado.

Torneado: Durante el proceso de elaboración, el semiproducto gira alrededor de su eje, realizando el movimiento principal. La cuchilla se desplaza en forma rectilínea paralelamente al eje del semiproducto, realizando el movimiento de avance. Se elaboran superficies de rotación: cilindros, conos, etc.

Fresado: El movimiento principal es la rotación de la fresa y el movimiento de avance, el desplazamiento horizontal del semiproducto. Se elaboran superficies planas y de forma.

Cepillado: El movimiento principal es el movimiento de vaivén de la herramienta. El movimiento de avance se realiza por el desplazamiento periódico del semiproducto en una magnitud pequeña durante el recorrido inverso o retroceso de la herramienta. Se elaboran superficies horizontales, verticales y oblicuas.

Taladrado: Ambos movimientos de trabajo, tanto el de corte como el de avance, los realiza la herramienta de corte (broca, barrena, escariador, etc.). Se elaboran orificios.

Rectificado: El movimiento principal es la rotación de la muela abrasiva. Hay varios movimientos de avance: el avance circular o rotación del semiproducto; el avance longitudinal o desplazamiento rectilíneo del semiproducto en relación con la muela abrasiva a lo largo de su eje; el avance transversal o desplazamiento periódico de la muela rectificadora en dirección perpendicular al eje del semiproducto, el cual se realiza una vez en cada recorrido del semiproducto.

1.6.4 Taladradoras.

En cualquier taller de maquinado se pueden encontrar taladradoras de banco (o de mesa), de columna y radial. En la *Fig.14* también se puede ver una foto de una taladradora de columna, pero en la parte derecha de esta aparece una afiladora manual (algunos la llaman "piedra") *Fig. 15*.



Figura 1.13 Taladradora de banco, taladradora de columna y taladradora radial.



Figura 1.14 Taladradora de columna y amoladora manual.

Las taladradoras se emplean para taladrar, barrenar, escariar, roscar. Existen diferentes tipos de brocas, que son herramientas de corte que se utilizan en las taladradoras.

1.7 Breve reseña histórica de la soldadura

Aunque los metales han sido utilizados durante miles de años, nadie está seguro de cómo se obtuvo el primer metal útil. Independientemente de su origen, la antigüedad del empleo de los metales ha sido confirmada por los descubrimientos de diferentes piezas de bronce. Hachas, puntas de lanza y ornamentos han sido extraídos de antiguos emplazamientos humanos y los arqueólogos han podido demostrar que fueron fabricados y utilizados durante el periodo que se conoce como Edad de Bronce. El empleo que pudieron dar al metal descubierto, estuvo limitado por el hecho de que la tecnología entonces disponible no ofrecía técnicas capaces de producir grandes piezas totalmente de bronce por lo que el problema de conseguir uniones aceptables metal a metal quedó sin resolver. Independientemente del desarrollo de las técnicas de soldeo, la incapacidad de unir pequeñas piezas metálicas entre sí para conseguir otras de mayor tamaño, o más complejas de forma, no fue solucionada definitivamente hasta el siglo pasado. Fue la revolución industrial la que incentivó la introducción a escala comercial de las técnicas de remachado, soldeo fuerte y blando, soldeo por fusión, etc.

El arco eléctrico fue descubierto por Sir Humphrey Davy en 1801, sin embargo, el descubrimiento permaneció durante muchos años como una mera curiosidad científica. Los primeros electrodos utilizados fueron alambres desnudos de hierro que producían

soldaduras débiles y frágiles. El arco, a menudo, sobrecalentaba el metal de aportación y se fragilizaba el cordón de soldadura por reacción con el aire. Para evitar estas dificultades se desarrollaron electrodos ligeramente recubiertos con diferentes materiales orgánicos e inorgánicos, no obstante, estos estuvieron dirigidos más a establecer y estabilizar el arco que a conseguir la protección y purificación del cordón. No fue hasta 1912 que Strohmenger patentó en U.S.A. un electrodo fuertemente recubierto, capaz de producir a escala industrial soldaduras con buenas propiedades mecánicas.

Sobre 1935 se introduce el empleo de la corriente alterna, que frente a las ventajas que ofrecía presentaba el inconveniente de producir un arco inestable, problema que se solucionó desarrollando revestimientos que se ionizan con mayor facilidad.

En 1932 se empezó a utilizar como protección un fundente granulado que se depositaba progresivamente por delante del electrodo. El calor del arco fundía y descomponía el fundente produciendo la escoria y atmósfera protectora necesarias. El empleo del fundente granular y alambre continuo como electrodo, dio lugar en 1935 al nacimiento del proceso denominado “arco sumergido”, cuyas principales aplicaciones fueron en construcción naval y en la fabricación de tubería.

El primer proceso con protección gaseosa empleó un electrodo no consumible de wolframio y helio como gas de protección, recibió la denominación de TIG. El proceso todavía se mejoró cuando se introdujo el empleo de la corriente alterna, a la que se superpone una corriente de alta frecuencia y voltaje para mejorar la estabilidad del arco.

El TIG, que resolvió el problema del soldeo de los metales muy reactivos, no se reveló útil a la hora de soldar secciones gruesas o aleaciones altamente conductoras del calor. Para salvar este inconveniente en 1948 el electrodo de wolframio se sustituyó por un alambre continuo consumible, dando lugar a un nuevo proceso de soldeo por arco que se denominó MIG.

El elevado precio de los gases de protección, argón y helio, hizo que para el soldeo del acero estos se sustituyeran por una mezcla más económica formada por el gas inerte, oxígeno y anhídrido carbónico, el cual se descompone y reacciona durante el soldeo produciendo arcos más estables y más energéticos. Este nuevo proceso recibió el nombre de MAG y, por su bajo coste, fue rápidamente adoptado en la industria del automóvil y en todas aquellas en las que las exigencias de calidad no fueran excesivamente críticas.

El soldeo con electrodo revestido no pudo, en principio, ser mecanizado debido a que el electrodo no podía enrollarse en una bobina para ser alimentado continuamente, su recubrimiento se agrietaba y desprendía. El problema se resolvió en 1958 cuando se desarrolló el “alambre tubular. Consiste este alambre/electrodo en una varilla metálica hueca en cuyo núcleo se aloja el fundente, que ofrece la ventaja de ser fácilmente enrollable en una bobina y empleada en equipos con alimentación automática.

Este tipo de electrodo es utilizable con y sin gas de protección.

En la actualidad los desarrollos tecnológicos se centran en la aplicación de la microelectrónica y de la informática, para un mejor control del arco y de los parámetros de soldeo. Más que la aparición de nuevos procesos, se están consiguiendo la ampliación del campo de aplicación de los ya existente a nuevos materiales no metálicos y aleaciones metálicas hasta ahora difícilmente soldables, sin olvidar la mecanización, automatización, robotización y control de los procesos mediante ensayos no destructivos y registro de los parámetros en tiempo real.(Riesco et al., 1996)

Por lo tanto, se puede decir que la soldadura consiste en la unión permanente (no desarmable) de dos o más piezas de metales generalmente iguales en composición química mediante la fusión local en la zona de contacto entre los bordes de las piezas a unir. Esta fusión se produce por efecto de calor intenso suministrado por diferentes fuentes a la zona de unión. El calor para la fusión en la soldadura de metales se suministra a partir de una de dos fuentes principales: combustión de un gas (generalmente acetileno) en atmósfera enriquecida con oxígeno, o establecimiento de un arco eléctrico que se produce entre un electrodo de características apropiadas y la zona donde se debe producir la unión soldada. (Singh et al., 2012)

1.7.1 Clasificación de los procesos de Soldeo

Procesos de soldeo por fusión: Son aquellos en los que siempre se produce la fusión del metal base y la del de aportación cuando este se emplea. Es decir, siempre existe una fase líquida formada solo por el metal base, o por metal base y de aportación.

Procesos de soldeo en estado sólido: Son aquellos en los que nunca se produce la fusión del metal base, ni la del de aportación cuando este se emplea. Es decir, nunca existe una fase líquida.

Procesos de soldeo fuerte y blando: Son aquellos en los que siempre se produce la fusión del metal aportación, pero no la del metal base. Es decir, siempre existe una fase líquida formada solo por metal de aportación. La diferencia entre el soldeo fuerte y soldeo blando reside en que en el soldeo fuerte el metal de aportación funde por encima de 150°C, mientras que en el soldeo blando el material de aportación funde a 450°C o a temperaturas inferiores.

1.8 Tipos de Soldadura.

Homogénea: La obtenida al realizar el soldeo entre dos piezas de acero de composición similar sin utilizar metal de aporte o utilizando un metal de aporte de la misma naturaleza que el de las piezas a unir.

Heterogénea: La obtenida al realizar el soldeo de dos piezas de fundición utilizando como metal de aporte una aleación de níquel o bien realizar el soldeo entre dos piezas de distinto material utilizando como aporte otro material diferente.

Estas se dividen en:

- Soldadura por arco protegido con gas.
- Soldadura manual por arco con electrodos revestidos.
- Soldadura por arco sumergido.
- Soldadura por resistencia
- Soldadura oxigas.

1.8.1 Soldadura manual por arco con electrodos revestidos:

La soldadura por arco con electrodos revestido es un proceso en el que la fusión del metal se produce por el calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de una unión a soldar. El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas. La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento en forma de gases y también como escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y posteriormente se solidifica.

1.8.2 Soldadura por arco sumergido:

El proceso de soldadura por arco sumergido, o método SWA en la función de uno o varios electrodos continuos (en forma de alambres o cintas), protegido por la escoria que genera un flux granulado o en polvo que actúa de forma independiente y alimenta el arco. Este proceso es totalmente automático y permite obtener grandes rendimientos en producción.

El flux protege el arco y el baño de fusión de la atmósfera circundante, de tal manera que ambos permanecen invisibles durante el proceso (el operador no necesita de protección ocular). Parte del flux se funde con un papel similar al del recubrimiento en los electrodos revestidos. Además de esto permite añadirse a elementos de aleación o compensar la pérdida de estos. Todo el flux que no se funde se recupera y utiliza en el proceso nuevamente.

1.8.3 Soldadura por resistencia:

La soldadura eléctrica por resistencia tiene un campo de aplicación específica en la soldadura entre chapas.

El proceso consiste en apretar fuertemente las dos chapas con una pieza metálica y establecer una descarga eléctrica entre las dos patas de la pinza que hacen de electrodos. La zona de mayor resistencia de este circuito eléctrico está en el contacto entre las chapas, la cual se calienta por efecto Joule hasta fundir el metal y producir la unión. En general esta unión se realiza por puntos (soldadura por puntos) pero también puede hacerse una costura continua por medio de una pinza con roldanas. La soldadura por punto se utiliza generalmente en forma automatizada (robots y otras máquinas) en la soldadura de la carrocería de los automóviles, bastidores de electrodomésticos, armarios metálicos y en sistemas análogos.

1.8.4 Soldadura oxigas:

La soldadura oxigas es un proceso por fusión que utiliza el calor producido por una llama, obtenida por la combustión de un gas con oxígeno, para fundir el metal base y el de aporte (si fuera necesario).

Para conseguir la combustión se necesita:

Un gas combustible: Acetileno, propano, gas natural, entre otros.

Un gas comburente: Oxígeno.

Cuando ese suelda con metal de aportación, este se aplica mediante una varilla con independencia de la fuente de calor, lo que constituye una de las principales características del procedimiento.

En cuanto a la protección del baño de la fusión la realizan los propios gases de la llama, aunque en algún caso es necesario recurrir al empleo de desoxidantes (fundentes).

1.8.5 Soldadura por arco protegido por gas:

Los procesos de soldeo por arco protegidos por gas son:

- Proceso TIG.
- Proceso MIG-MAG
- Proceso de soldeo por plasma

La función primordial de los gases de protección es evitar que a altas temperaturas el metal, el electrodo y el baño de fusión se oxiden o contaminen con impurezas. Si el air entra en contacto con el metal fundido, el oxígeno del aire reaccionara con el material produciendo óxidos, el nitrógeno puede causar porosidad y la humedad del aire puede causar porosidad y provocar grietas. Otra función importante de los gases de protección es la de facilitar la transferencia del metal a la soldadura por arco, ionizándose para permitir el establecimiento del arco y la formación de la columna de plasma. (Justel Ramos, 2012)

1.9 Soldadura por arco metálico con protección de gas.

En la década de 1940 nació el proceso de soldadura por arco con protección gaseosa y electrodo consumible de aporte continuo y automático, denominado G.M.A.W, por su nombre en inglés: *Gas Metal Arc Welding*. Básicamente es una técnica para e soldeo de dos o más metales mediante fusión por calor, generada por un arco eléctrico y protegida del ambiente con gas. Según la clase del gas empleado, se diferencia entre soldadura MIG (*Metal Inert Gas*), si utiliza gas inerte, y soldadura MAG (*Metal Active Gas*), si utiliza un gas activo. Los gases inertes utilizados como protección suelen ser argón (Ar), helio (He) o mezclas de ambos, (Ar + He); los gases activos son mezclas con base en dióxido de

carbono (CO₂). En ambos casos, el electrodo, una varilla o alambre de núcleo compatible con el metal que se va a soldar, se funde para rellenar la unión.

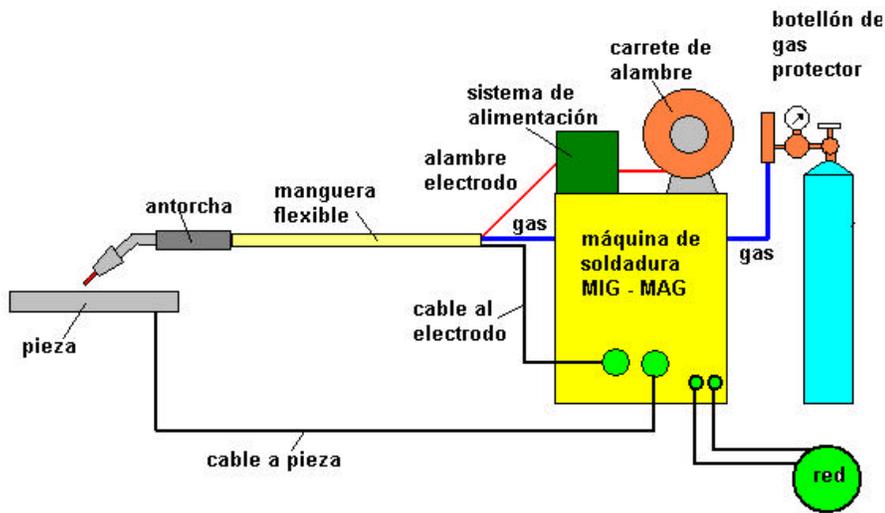


Figura 1.15 Equipamiento para las soldaduras MIG y MAG.

El electrodo, arco, metal fundido y zonas adyacentes del metal base quedan protegidos de la contaminación de los gases atmosféricos mediante una corriente de gas que se aporta por la boquilla de la pistola, de forma concéntrica al electrodo.



Figura 1.16 Pistola de soldadura

Si el aire entra en contacto con el metal fundido, el oxígeno del aire oxidará el metal el nitrógeno puede causar porosidad y pérdida de brillo y la humedad puede causar porosidad.

La soldadura G.M.A.W - MIG/MAG, es el proceso más popular y difundido en la industria, puede utilizarse con todos los metales comerciales importantes, como los aceros al carbono y de aleación, inoxidable, aluminio, magnesio, cobre, hierro, titanio y zirconio.

Gracias a sus dos formas de aplicación, la técnica G.M.A.W se ha convertido en un proceso versátil, que permite soldar desde los espesores más finos hasta los más gruesos (a partir de 0.03mm) tanto en metales ferrosos como no ferrosos; específicamente el sistema MIG se emplea para unir piezas delgadas de aluminio, cobre, magnesio, inoxidable y titanio, mientras el MAG es ideal para la mayoría de aceros y hierros al carbono y bajo carbono, en todas las dimensiones.

Como en todos los procesos con arco, el consumible para la unión de las partes se puede depositar en varias capas de soldadura, y particularmente en el G.M.A.W - MIG/ MAG, puede transferirse con tres métodos: cortocircuito, globular y spray (atomización).

- Transferencia por corto circuito: este sistema es el más utilizado en la aplicación MAG. El metal se deposita en forma de gotitas individuales, entre 50 y 200 por segundo, cuando la punta del electrodo toca el metal fundido de soldadura y hace cortocircuito. Se usan corrientes y tensiones bajas, los gases son ricos en dióxido de carbono y los electrodos son de alambre de diámetro pequeño. Debido a sus características de bajo aporte de calor, el método produce pequeñas zonas de soldadura fundida de enfriamiento rápido, que lo hacen ideal para soldar en todas las posiciones. La transferencia de corto circuito es también especialmente adaptable a la soldadura de láminas metálicas con un mínimo de distorsión y para llenar vacíos o partes más ajustadas con una tendencia menor al sobrecalentamiento de la pieza que se está soldando.
- Transferencia globular: es un método intermedio, se usa frecuentemente en la aplicación MAG y algunas veces en MIG. El metal se transfiere en gotas de gran tamaño y ocurre por gravedad cuando el peso de éstas excede la tensión superficial. Se usan gases ricos en dióxido de carbono y argón, produce altas corrientes que posibilitan mayor penetración de la soldadura y mayores velocidades que las que se alcanzan con la transferencia por corto circuito y spray. También, se producen bastantes salpicaduras y por ello no es recomendable soldar

sobrecabeza, debe ejecutarse en posición horizontal. Las piezas más pesadas se suelen unir por medio de este método.

- Transferencia spray (atomización): es el método clásico utilizado en la aplicación MIG. El metal de aporte es transportado a alta velocidad en partículas muy finas a través del arco, entre 500 y 2.000 por segundo. La fuerza electromagnética es alta, lo que permite atomizar las gotas desde la punta del electrodo en forma lineal hacia el área de soldadura. Se puede soldar a altas temperaturas, adicionalmente es preciso usar corriente continua y electrodo positivo para garantizar que las gotas se formen y se suelten a razón de centenares por segundo. El gas de protección es argón o una mezcla rica en argón.

1.9.1 Ventajas y desventajas del proceso MIG-MAG.

Ventajas:

- Se suelda todo tipo de metal.
- Proceso de elevada productividad (electrodo continuo y altas Velocidades de soldadura). Permite la soldadura en todas posiciones.
- Se pueden realizar soldaduras largas sin empalme, eliminando de defectos por esta causa.
- No requiere limpieza de escoria, ya que no las produce.
- Es un proceso que puede ser automatizado con gran facilidad, de hecho, es la elección fundamental en la robótica.
- Se ejecuta con gran aprovechamiento del metal de aportación.
- Necesita de menos habilidad por parte del soldador, ya que este solo realiza el movimiento de avance, porque el de alimentación es automático.

Desventajas:

El equipamiento suele ser más costoso, complejo y menos transportable que el de soldadura con electrodos revestidos.

Resulta difícil utilizar en lugares con espacio muy reducido, por lo voluminoso del equipamiento y la necesidad de que el cable no tenga dobleces o rodeos pequeños dificulten la alimentación adecuada del electrodo.

No puede emplearse en lugares distantes de la fuente de energía

Como proceso que utiliza gas de protección, no puede trabajar en exteriores por su susceptibilidad a las corrientes de aire.

A causa de su gran impacto térmico, genera relativamente altos niveles de calor provocando en ocasiones el rechazo del personal de operación.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo está destinado a proponer la metodología para la Fabricación de los subconjuntos que componen la adaptación del rodamiento de cartuchos para ejes 5 ½ x 10 de los *truck* de bandas arqueadas de los carros-jaula de caña de 30 toneladas. Esto consiste en elaborar la metodología para la fabricación por medio de las máquinas de corte y conformado y la tecnología de ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos del mismo por el método de soldadura MAG

2.1 Método de cálculo para el proceso de corte de las láminas en la cizalladora.

Los parámetros importantes en el corte de láminas metálicas son el claro entre el punzón y el dado, el espesor del material, el tipo de metal y su resistencia, y la longitud del corte.

2.1.1 Cálculo de la distancia entre la cuchilla y el dado.

El claro correcto depende del tipo de lámina y de su espesor. El claro recomendado se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$c = A_c * t \quad (2.1)$$

Donde:

c = claro, [mm]

A_c = tolerancia; Se determina de acuerdo al tipo de metal según (Anexo 6)

t = espesor del material, [mm]

2.1.2 Fuerza de Corte.

Es importante estimar la fuerza de corte porque ésta determina el tamaño (tonelaje) de la prensa necesaria. La fuerza de corte *F* en el trabajo de láminas puede determinarse por:

$$F = S * t * L \quad (2.2)$$

Donde

-S = resistencia al corte de la lámina, [MPa].

-t = espesor del material, mm.

-L = longitud del borde de corte, mm.

Si no conocemos S, entonces se puede utilizar:

$$F = 0.7 * TS * t * L \quad (2.3)$$

Donde

-TS = resistencia última a la tensión, [MPa].

2.1.3 Tiempo de cizallado.

$$T = \frac{t}{v}; \quad (2.4)$$

v- velocidad de corte de la cizalla, según características de la máquina ver (Anexo 7).

El tiempo de manipulación, posicionamiento y retirado de la lámina se consideran el 90% del tiempo de cizallado.

$$T_{aux} = 0,9 * T ; \quad (2.5)$$

2.2 Método de cálculo para el proceso de doblado de las láminas en la prensa.

Las operaciones de doblado se realizan usando como herramientas de trabajo diversos tipos de punzones y dados. Los dos métodos de doblado más comunes y sus herramientas asociadas son el doblado en V, ejecutado con un dado en V; y el doblado de bordes, ejecutado con un dado deslizante. Las operaciones de manipulación, posicionamiento y retirado de la pieza se consideran el 90% del tiempo operativo.

2.2.1 Radio mínimo de doblado para la pieza.

$$r = k * t ; \text{ [mm]} \quad (2.6)$$

Dónde:

t = espesor del material, [mm].

k = coeficiente según el tipo de material. (Anexo 8)

2.2.2 Cálculo de la tolerancia al doblado.

La tolerancia de doblado se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$A_b = 2\pi * \frac{\alpha}{360} (R + K_{ba} * t) \quad (2.7)$$

Donde

-Ab = tolerancia de doblado en (mm);

-α = ángulo de doblado en grados,

-R = radio de doblado, (mm);

-t = espesor del material, (mm);

-Kba es un factor para estimar el estirado.

Si R/t < 2..... Kba = 0,333.

Si R/t > 2..... Kba = 0,5.

2.2.3 Cálculo de la recuperación elástica.

$$SB = \frac{\alpha' - \alpha'_t}{\alpha'_t} \quad (2.8)$$

Dónde:

-α' = ángulo comprendido por la lámina de metal, en **grados**;

-α 't = ángulo comprendido por la herramienta de doblado, en **grados**.

*También se puede ver (Anexo 9) según el material y espesor de la lámina.

2.2.4 Cálculo de la Fuerza de doblado.

La fuerza máxima de doblado se puede estimar por medio de la siguiente ecuación, basada en el doblado de una lámina simple:

$$F = \frac{K_{bf} * TS * w * t^2}{D} \quad (2.9)$$

Dónde:

F = fuerza de doblado, [N];

TS = resistencia a la tensión del metal en lámina, [MPa];

w = ancho de la parte en la dirección del eje de doblado, [mm];

t = espesor del material o la parte, [mm];

D = dimensión del dado abierto en [mm].

Kbf es una constante que considera las diferencias para un proceso real de doblado, Su valor depende del tipo de doblado;

para doblado en **V**, $Kbf = 1.33$

para doblado de **bordes**, $Kbf = 0.33$.

2.2.5 Tiempo de fabricación.

$$T_{Fab} = T_{op} * 1,9 \text{ [s]} \quad (2.10)$$

T_{op} : ver características de la máquina en (Anexo 7).

2.3 Método de cálculo para el régimen de corte en las operaciones de taladrado.

Resumen de fórmulas (Anexo 10).

Selección del tipo de broca.

Brocas enterizas de metal duro.

Brocas enterizas de metal duro para aluminio.

Brocas de plaquitas intercambiables.

2.3.1 Selección de datos de corte en las tablas correspondientes.

Según el tipo de broca seleccionada y el diámetro de la broca (D_c) a utilizar, en (Anexo 11) se obtienen la velocidad de corte (V_c), el avance por revolución (f_n) y la fuerza específica de corte (K_c 0,4).

2.3.2 Obtención del régimen de corte.

Una vez obtenidos estos datos se puede proceder a determinar la velocidad de corte teórica.

$$V_{CTEÓRICA} = VT * Kd * Kt ; \text{ [m/min]}. \quad (2.11)$$

Dónde:

VT: Velocidad obtenida en la tabla. (Anexo 12)

Kd: coeficiente de corrección de dureza.

KT: coeficiente de corrección de vida útil.

Las velocidades de corte dadas en estas tablas son válidas para determinados valores de dureza que se especifican en ellas, y para una vida útil de 15 minutos (KT= 1), por lo que, si la dureza difiere de esta, se tiene en cuenta el factor de dureza Kd que se obtiene en (Anexo 12). Si hay diferencias con la vida útil, hay que acudir a (Anexo 13).

Luego de calcular la Vc teórica, se calcula el número de rpm que teóricamente debe tener el husillo.

$$n_{calculada} = \frac{1000 * V_{CTEÓRICA}}{\pi * D_c}; [\text{rev/min}]. \quad (2.12)$$

Dónde:

Dc – Diámetro de corte de la broca, mm.

Se procede entonces a buscar los datos de la máquina herramienta que se va a emplear. Cuando es una máquina convencional con regulación escalonada, se escoge $n_{real} \leq n_{calculada}$.

Luego calcular la velocidad de corte real:

$$V_{CReal} = \frac{\pi * D_c * n_{real}}{1000}; [\text{m/min}]. \quad (2.13)$$

2.3.3 Cálculo de la potencia de corte y su comprobación.

Para calcular la potencia de corte se emplea la expresión:

$$P_c = \frac{a_p * f_n * k_{cfz} * V_{CReal}}{60 * 10^3} * \left(1 - \frac{a_p}{D_c}\right); [\text{kW}]. \quad (2.14)$$

Se procede a calcular la fuerza específica de corte para avance por filo.

$$k_{cfz} = k_{c0,4} * \left(\frac{0,4}{f_z * \sin K_r}\right)^{0,29}; [\text{N/mm}^2]. \quad (2.15)$$

$k_{c0,4}$ es la fuerza de corte específica, en N/mm², que se encuentra en (Anexo 14)

Debe cumplirse que la potencia disponible Pd para el taladrado sea mayor que la potencia necesaria para el corte Pc.

$$P_d = Nm * \eta \quad [\text{kW}]. \quad (2.16)$$

Nm es la potencia del motor principal de la máquina, en kW. La máquina para taladrar puede ser un torno, una taladradora, una fresadora, una mandriladora, etc.

η es el rendimiento de la cadena cinemática del movimiento principal, la cual aparece en el catálogo de la máquina o se puede considerar igual a 0.80.

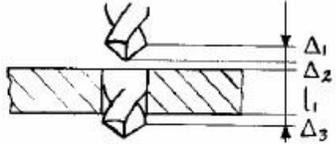
Si no se cumple que $P_c \leq P_d$, se tienen dos opciones:

Utilizar una máquina de más potencia.

Variar el régimen de corte, hacerlo menos severo, y recalcular la potencia necesaria.

2.3.4 Cálculo del tiempo principal.

Para calcular el tiempo principal se emplean las siguientes expresiones:

$t_p = \frac{l}{n * f_n}$	
$l = \Delta_1 + \Delta_2 + l_r + \Delta_3$	
$\Delta_1 = \frac{\tan \varphi * D_c}{2}; \varphi = 90 - K$	
$\Delta_2 \approx \Delta_3 \approx 2 \text{ mm}$	

Esquema de entrada y salida de la broca.

Los datos de salida de este procedimiento son:

- Tipo de broca.
- Velocidad de corte (V_c , m/min)
- Frecuencia de rotación del husillo (n , rpm)
- Avance por revolución (f_n , mm/rev)
- Tiempo principal (t_p , min)

2.4 Selección de la máquina de soldadura



Figura 2.1 Equipo MIG – MAG. BДY-506C Y3

Características técnicas.

- Voltaje = (440 Volt)
- Frecuencia = (60 Hz)
- Carga nominal = (500 A)
- Consumo = (10 kW / h)

Medidas de seguridad en la soldadura MIG-MAG

1. Mantener los equipos conectados a tierra.
2. Emplear cables y tenazas adecuadamente aislados.
3. Usar los medios de protección personal (careta, guantes, polaina, mangas y casco)
4. Utilizar cristales filtros en las caretas.
5. Utilizar cortinas, mamparas y tabiques.
6. Utilizar un sistema de ventilación adecuado.

2.5 Análisis del Metal Base

El material para la realización de los subconjuntos, corresponden a los aceros de construcción, que se destinan para la construcción de elementos de máquinas, estructuras de construcción, piezas que han de sufrir grandes cargas, resistencia a la fatiga, resistencia al desgaste, utilizándose tratados térmicamente o no.

La tabla 2.1 muestra las propiedades químicas del acero Ct3nc.

Material	C	Mn	Si	S	P	Cr	Cu	Ni	A	N
Ct3nc	0,20	0,40- 0,65	0,05- 0,15	≤ 0,035	≤ 0,025	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,080	≤ 0,010

Tabla 2.2 Propiedades Mecánicas del Metal Base

Material	Resistencia a la tracción σ_t (N/ mm ²)	Tensión límite de fluencia σ_f (N/ mm ²) 20mm	Elongación σ_s (%) 20mm	Doblado en frio 180°
Ct3nc	370-480	245	26	d = 1.5 a

2.5.1 Determinación de la Soldabilidad.

$[C] = [C]_q \cdot [C]_s$...Carbono Equivalente

$[C]_q = C + (Mn \cdot Cr) / 9 + Ni/18 + 7Mo/90$

$[C]_s = 0,005 \cdot S \cdot [C]_q$

Resultando:

$[C] = 0,231, \dots 0,22\% < [C] < 0,25\%$

El contenido de carbono se encuentra en el rango de la buena soldabilidad metalúrgica.

Selección de la preparación de bordes.

Se realiza de acuerdo a la norma NC ISO 9692 1

2.5.2 Selección los parámetros del régimen de ensamble, punteo y soldadura.

Para la selección de los parámetros tecnológicos para el régimen de ensamble, punteo y soldadura fue usado el libro Tecnología de Soldadura, del autor José Burgos Sola. Para el cálculo de los parámetros de los procesos de soldadura MAG solamente es necesario conocer el espesor del material que se va a procesar. Estos parámetros son seleccionados en dependencia de la forma de la unión soldada.

(Burgos, 1987) Si la unión es en ángulo para la selección de los parámetros, se debe utilizar la tabla 4.12 del libro Tecnología de Soldadura, la cual está en el Anexo 1.

2.6 Selección del electrodo de soldadura y del gas protector.

Para la selección del electrodo de soldadura en los procesos MAG se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

Composición química del metal base y el electrodo.

Composición química del electrodo.

Propiedades mecánicas

En la selección de un electrodo en la soldadura se debe tener en cuenta las propiedades mecánicas y la composición química del metal base y del electrodo, los cuales deben ser iguales o semejantes.

Para la realización del ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos para la modificación del truck de bandas arqueadas se cuenta con un electrodo macizo de acero revestido en cobre, cuya composición química se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.3 Composición del electrodo

Clasificación	C	Mn	Si
AWS			
ER 70S-6	0.1	1.5	0.8

Las propiedades mecánicas del electrodo ER 70S-6 pueden ser observadas en la tabla 2.3:

Tabla 2.4 Las propiedades mecánicas del electrodo ER 70S-6

Alambre	σ_r(MPa)	σ_t(MPa)	σ_f (%)
----------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

ER-70S-6	570	470	25
----------	-----	-----	----

2.7 Cálculo del consumo de materiales y gases para el punteo y la soldadura general.

Para el ensamble y punteo es necesario utilizar la relación de 10 mm de punto de soldadura por cada 100 mm de espacio, teniendo en cuenta que los puntos deben estar rasantes para la posterior pasada de la costura.

La cantidad de puntos viene dada por la expresión:

$$X = L / P \quad (2.18)$$

donde:

X: Cantidad de puntos.

L: Longitud de la costura.

P: suma de la relación 10 x 100 (110 mm).

Para hallar la profundidad de fusión de la soldadura empleamos la siguiente fórmula:

$$H_f = I_s * K \quad (2.19)$$

H_f: Profundidad de fusión.

I_s: Intensidad de la soldadura.

K: Coeficiente igual a 0,01 mm / A

2.7.1 Cálculo del consumo de alambre.

Para el cálculo del consumo de alambre son usadas las ecuaciones 2.20 y 2.21:

$$G = F * L * \gamma \quad (2.20)$$

donde:

G: Peso del metal depositado (kg).

F: Área de la costura (mm²).

L: Longitud de la costura (mm).

γ : Peso específico del metal (g/cm³).

$$Gal = K_p * G \quad (2.21)$$

donde:

K_p : Coeficiente de pérdidas (en este caso igual a 1.03).

Gal: Gasto del alambre (kg).

Para el cálculo de las áreas fueron usadas las siguientes fórmulas para las costuras en ángulo:

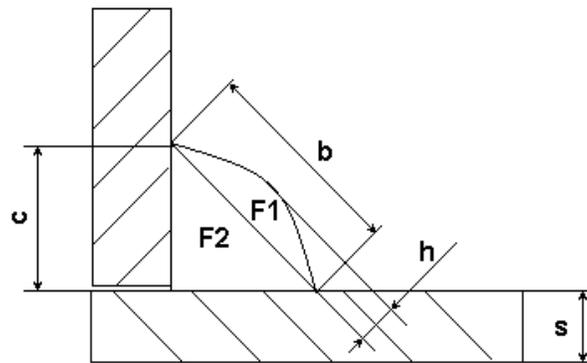


Figura 2.9 Dimensiones de las costuras en ángulo

$$F = F_1 + F_2$$

donde F: es el área total, $F_1 = 0.75 \cdot b \cdot h$; $F_2 = \frac{c^2}{2}$

En el caso de las costuras a tope, el área total viene dada por la expresión:

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

donde

$$A_1 = 0.75 \cdot b \cdot h$$

$$A_2 = a \cdot s$$

$$A_3 = b \cdot s$$

S: espesor de la chapa a soldar.

b: ancho de la costura.

a: espacio entre costuras.

h- altura.

2.7.2 Cálculo de los tiempos para el ensamble, punteo y soldadura general.

El tiempo tecnológico es el que transcurre mientras el operario realiza la soldadura. Viene expresado por la ecuación 2.22:

$$T_t = L_{tc} / V_s \quad (2.22)$$

siendo

L_{tc} : Longitud Total de las Costuras.

V_s : Velocidad de soldadura.

El tiempo auxiliar es el tiempo de preparación para el proceso de soldar. Generalmente es el 30% del tiempo tecnológico.

El tiempo operativo es la suma del tiempo tecnológico y del tiempo auxiliar (ecuación 2.23):

$$T_{ov} = T_t + T_a \quad (2.23)$$

T_t : Tiempo tecnológico.

T_a : Tiempo auxiliar.

El tiempo de servicio es el cual se prepara las herramientas para el proceso se calcula por la ecuación 2.24:

$$T_{ser} = 0.06 * T_{ov} \quad (2.24)$$

Este tiempo representa el 6% del tiempo operativo.

El tiempo de descanso representa el 4% del tiempo operativo (ecuación 2.25):

$$T_{des} = 0.04 * T_{ov} \quad (2.25)$$

El tiempo total del proceso es la suma de: tiempo operativo, tiempo de servicio, tiempo de descanso (ecuación 2.26).

$$T_{tot} = T_{ov} + T_{ser} + T_{des} \quad (2.26)$$

2.7.3 Cálculo del consumo de Dióxido de Carbono.

Para estimar el consumo de dióxido de carbono se pueden realizar las conversiones:

- 1 Botellón = 0,028 toneladas.
- 1 Botellón = 6,3 m³.
- 1m³ = 1000 L

El consumo de dióxido de carbono viene dado por la expresión 2.27:

$$S_t = T_t * C \quad (2.27)$$

Donde T_t es el tiempo tecnológico del proceso y C es el consumo de gas para una pasada, el cual varía en dependencia del tipo de soldadura.

2.7.4 Cálculo del consumo de energía eléctrica.

El consumo de corriente eléctrica viene dado por la expresión 2.28:

$$A = (W_a * L_o) / (\eta * V_s) \quad (2.28)$$

donde:

- A: Consumo de electricidad (kW/ h).
- W_a: Potencia del arco eléctrico.
- η: Eficiencia de la máquina (máquina de corriente continua es igual a 0.6)
- V_a: Voltaje de la soldadura.
- I_s: Intensidad de la soldadura.
- V_s: Velocidad de soldadura

Para el cálculo de la potencia del arco eléctrico es usada la ecuación 2.29:

$$W_a = I_s * V_a * 0.001 \quad (2.29)$$

2.8 Cálculos de los costos para la operación de ensamble, punteo y soldadura general.

Los costos de un proceso en general, se pueden relacionar de la siguiente forma (ecuación 2.30):

$$\text{Costos} = \text{Costos (fijos)} + \text{Costos(variables)} \quad (2.30)$$

Los costos fijos son aquellos relacionados a los costos de mano de obra (salario) y los costos de energía eléctrica. A su vez los costos variables son aquellos relacionados a los materiales (alambre) y dióxido de carbono.

2.8.1 Cálculo de los costos fijos.

Los costos de mano de obra pueden ser calculados según la tarifa horaria de los operarios y del tiempo total del proceso.

En el caso de los procesos de ensamble y punteo, es realizado por un Pailero, cuya tarifa horaria es de 18.36 \$/h.

El proceso de soldadura general es realizado por un Soldador. Este operario tiene una tarifa horaria de 18.36 \$/h.

La siguiente ecuación (2.31) permite el cálculo de los costos por mano de obra.

$$G_s = I_t \cdot \text{Tarifa} \quad (2.31)$$

En el caso de los costos por energía eléctrica, pueden ser calculados por la ecuación 2.32

$$C_{\text{energía}} = A * P_{\text{energía}} \quad (2.32)$$

donde A representa el consumo de electricidad (kW/h) y $P_{\text{energía}}$ es el precio de la energía eléctrica según la tarifa actual (3.12 kW/h).

2.8.2 Cálculo de los costos variables.

Los costos variables son están compuestos por los costos del gas y por el costo del alambre.

Actualmente la tonelada de dióxido de carbono tiene un precio de: \$422.44

El costo del alambre puede ser calculado por la ecuación 2.33:

$$\text{Costo} = \text{Gal} * 1.59 \$ / \text{kg} \quad (2.33)$$

2.9 Control de la calidad

Con relación al control de la calidad es necesario señalar primeramente la certificación de los operarios que van a trabajar en la fabricación de los subconjuntos, la calidad de la materia prima que se va a utilizar en el mismo, el material de aporte en este caso el alambre de las soldaduras a realizar en el *truck* de bandas arqueadas del carro-jaula de 30 toneladas para caña, otra de las medidas del control de la calidad es la inspección visual esta consiste en que el personal calificado para la misma haga una revisión de las soldaduras con el fin de detectar defectos en las costuras como son poros, grietas, socabaduras y deformaciones provocadas por la concentración de tensiones y el exceso de temperatura, ensayos destructivos este consiste en utilizar una probeta y en un laboratorio realizarle diferentes pruebas a las soldaduras esta es uno de los controles más utilizados para este tipo de trabajos.

Esta inspección se realiza con el objetivo de determinar el grado de fiabilidad que tienen las soldaduras una vez terminado el proceso. El bastidor puede que no se encuentre libre de defectos, pero es necesario que se realicen los controles necesarios puesto que estos bastidores de los coches van estar sometidos a diferentes esfuerzos y en condiciones riesgosas.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos luego de realizar los cálculos pertinentes utilizando como herramienta fundamental una hoja de cálculo de Excel donde están registrados dichos cálculos.

3.1 Resultados del proceso de corte y conformado de las piezas

A continuación, realizará un análisis de los resultados obtenidos del proceso corte y conformado de los subconjuntos para la modificación del truck de bandas arqueadas.

Tabla 3.1 Resumen de los resultados del proceso de corte por cizalladora

Corte por cizalladora	Subconjunto 1	Subconjunto 2	Subconjunto 3
Fuerza de Corte (N)	208250	735000	318500
Tiempo de cizallado (min)	0.555555556	0.555555556	0.555555556
Tiempo auxiliar (min)	0.5	0.5	0.5
Tiempo total (kW)	1.055555556	1.055555556	1.055555556
Potencia maquina (kW)	55	55	55
Consumo (kWh)	0.509259259	0.509259259	0.509259259

Tabla 3.2 Resumen de los resultados del proceso de doblado en la prensa

Calculo de Doblado en la prensa	Subconjunto 1
Ab tolerancia de doblado (mm)	13.031
SB recuperación elástica (mm)	0.011111111
Fuerza de doblado (N)	11404.75
Tiempo de fabricación (seg)	9.5
Potencia maquina (kW)	10.2
Consumo (kWh)	0.269166667

Tabla 3.3 Resumen de los resultados del proceso de taladrado

Operaciones de taladrado	Subconjunto 1	Subconjunto 2	Subconjunto 3
Velocidad teórica (m/min)	97.02	97.02	97.02
rpm del husillo (rpm)	1029.936306	1029.936306	1029.936306
Velocidad de corte real (m/min)	97.02	97.02	97.02
Potencia neta (kW)	0.000598119	0.000598119	0.000598119
Potencia disponible (kW)	3.2	3.2	3.2
Potencia del motor (kW)	4	4	4
Rendimiento del motor x100%	0.8	0.8	0.8
Tiempo principal (seg)	0.138704833	0.277409665	0.138704833
Consumo (kWh)	0.009246989	0.036987955	0.009246989

3.2 Resultados del proceso de ensamble y punteo.

A continuación, se hará un análisis de los resultados obtenidos del proceso de ensamble y punteo de los subconjuntos para la modificación del truck de bandas arqueadas.

Tabla 3.1 Resumen de los resultados del proceso de ensamble y punteo:

	Soldadura en Angulo subconjunto 1	Soldadura en Angulo subconjunto 2	Soldadura en Angulo subconjunto 3
Profundidad de fusión. (Según 2.22)	Hf = 2.5 mm	Hf = 2.5 mm	Hf = 2.5 mm
Peso del metal depositado. (Según 2.23)	G = 0.0019 Kg	G = 0.0030 Kg	G = 0.0040 Kg
Consumo de alambre. (Según 2.24)	Gal = 0.0020 Kg	Gal = 0.0031 Kg	Gal = 0.0041 Kg
Área de la costura. (Según 2.25)	F = 12.75 mm ² .	F = 12.75 mm ²	F = 12.75 mm ²
Consumo del CO ₂ (Según 2.26)	St = 0.042 L	St = 0.062 L	St = 0.083 L
Consumo energía eléctrica. (Según 2.27)	A = 0.011 kW/ h.	A = 0.0167kW/ h.	A = 0.022 kW/ h.
Tiempo Tecnológico. (Según 2.28)	Tt = 0.00133 h	Tt = 0.002 h	Tt = 0.0026 h
Tiempo Auxiliar (Según 2.29)	Ta = 0.0004 h	Ta = 0.0006 h	Ta = 0.0008 h
Tiempo Operativo. (Según 2.30)	Top = 0.0017 h	Top = 0.0026 h	Top = 0.0034 h
Tiempo de servicio (según 2.31)	Tse = 0.00104 h	Tse = 0.00156 h	Tse = 0.00208 h
Tiempo de descanso (Según 2.32)	Tdes = 0.0006 h	Tdes = 0.0014 h	Tdes = 0.0013 h
Tiempo Total. (Según 2.33)	Ttot = 0.00346 h	Ttot = 0.0052 h	Ttot = 0.0069 h

3.3 Resultados del proceso de soldadura general.

Luego de haber realizado el proceso de ensamble y punteo, comienza el proceso de soldadura general de los subconjuntos. A continuación, se detallarán los resultados de este proceso.

Tabla 3.2 Resumen de los parámetros del proceso de soldadura general:

	Soldadura en Angulo subconjunto 1	Soldadura en Angulo subconjunto 2	Soldadura en Angulo subconjunto 3
Profundidad de fusión. (Según 2.22)	Hf = 2.5 mm	Hf = 2.5 mm	Hf = 2.5 mm
Peso del metal depositado. (Según 2.23)	G = 0.022 Kg	G = 0.035 Kg	G = 0.051 Kg
Consumo de alambre. (Según 2.24)	Gal = 0.022 Kg	Gal = 0.036 Kg	Gal = 0.053 Kg
Área de la costura. (Según 2.25)	F = 14.5 mm ² .	F = 14.5 mm ²	F = 14.5 mm ²
Consumo del CO ₂ (Según 2.26)	St = 0.30 L	St = 0.49 L	St = 0.70 L
Consumo energía eléctrica. (Según 2.27)	A = 0.079 kW/h.	A = 0.13 kW/h.	A = 0.188 kW/h.
Tiempo Tecnológico. (Según 2.28)	Tt = 0.00633 h	Tt = 0.0104 h	Tt = 0.015 h
Tiempo Auxiliar (Según 2.29)	Ta = 0.0019 h	Ta = 0.00312 h	Ta = 0.0045 h
Tiempo Operativo. (Según 2.30)	Top = 0.00823 h	Top = 0.00135 h	Top = 0.0195 h
Tiempo de servicio (según 2.31)	Tse = 0.00494 h	Tse = 0.00811 h	Tse = 0.0117 h
Tiempo de descanso (Según 2.32)	Tdes = 0.0033 h	Tdes = 0.0054 h	Tdes = 0.0078 h
Tiempo Total. (Según 2.33)	Ttot = 0.0164 h	Ttot = 0.027 h	Ttot = 0.039 h

3.4 Análisis económico.

Toda idea nueva debe venir acompañada de un riguroso estudio económico que demuestre la factibilidad de la misma.

En manera de resumen se puede establecer que los costos generales del proceso de corte, conformado, ensamble, punteo y soldadura general de los subconjuntos del truck del carro-jaula de 30 toneladas se comportan como se muestra en la tabla 3.3

Tabla 3.3 Resumen de los costos del proceso.

Proceso de corte y conformado	
Descripción	Costo (\$)
Costo Energético Cizallado	9.056667
Costo Salarial Cizallado	0.969
Costo Energético Doblado	0.8398

Costo Salarial Doblado	0.4845
Costo Energético Taladrado	0.173104
Costo Salarial Taladrado	0.169775
Costo Total de Corte y Conformado	11.6861
Proceso de ensamble y punteo	
Descripción	Costo (\$)
Gastos de salario	0.286
Costo del alambre	1.006
Costo del gas	0.01756
Costo de energía eléctrica	0.156
Costo Total	1.466
Proceso de soldadura general	
Descripción	Costo (\$)
Gastos de salario	1.515
Costo del alambre	12.1124
Costo del gas	0.1393
Costo de energía eléctrica	1.2376
Costo Total.	15.004
Costo Total de la soldadura	16.5
Costo del material	68.5338
Total	96.72

CONCLUSIONES

El *truck* con rodamientos de cartucho constituye una solución técnica y económica. Asimismo, la sustitución de la caja de grasa con cojinetes ordinarios por rodamientos de cartucho brinda menor consumo de energía y menor esfuerzo tractivo; servicio más seguro; menos exigencias sobre el personal de mantenimiento; mayor disponibilidad por aumento de la capacidad de transporte y la posibilidad de tránsito por el carril central y de intercambio nacional.

Se incrementa el tiempo de duración del eje del par de ruedas ya que el extremo no sufre desgastes en comparación con el cojinete de deslizamiento y, la velocidad de circulación del vagón de 30 km/h se incrementa a 60 km/h con una disminución del consumo de combustible

La vida comercial de un carro-jaula con el *truck* modificado con rodamientos de cartucho puede extenderse a unos 10 a 15 años de servicio económicamente productivo en dependencia de las condiciones de explotación. Además, el riesgo de caja recalentada se elimina, ya que los rodamientos de cartucho tienen un rozamiento considerablemente menor que los cojinetes de fricción y consecuentemente, no hay paradas imprevistas, así como un menor consumo de energía y menor esfuerzo tractivo.

El coste general de la elaboración de los subconjuntos es de 96.72 CUP.

El empleo de esta tecnología permite el reciclaje de los rodamientos de cartucho desechados por el truck de 50 toneladas lo que sustituye importaciones, siendo esta propuesta una vía de ahorro de recursos para el país.

RECOMENDACIONES

Cumplir y elaborar la fabricación con la documentación técnica que se recoge en el trabajo.

Asegurar que en la soldadura general se cumplan con todos los requisitos manifestados en las cartas para que se logre una buena unión.

Preparar a los obreros para utilización de la documentación técnica del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

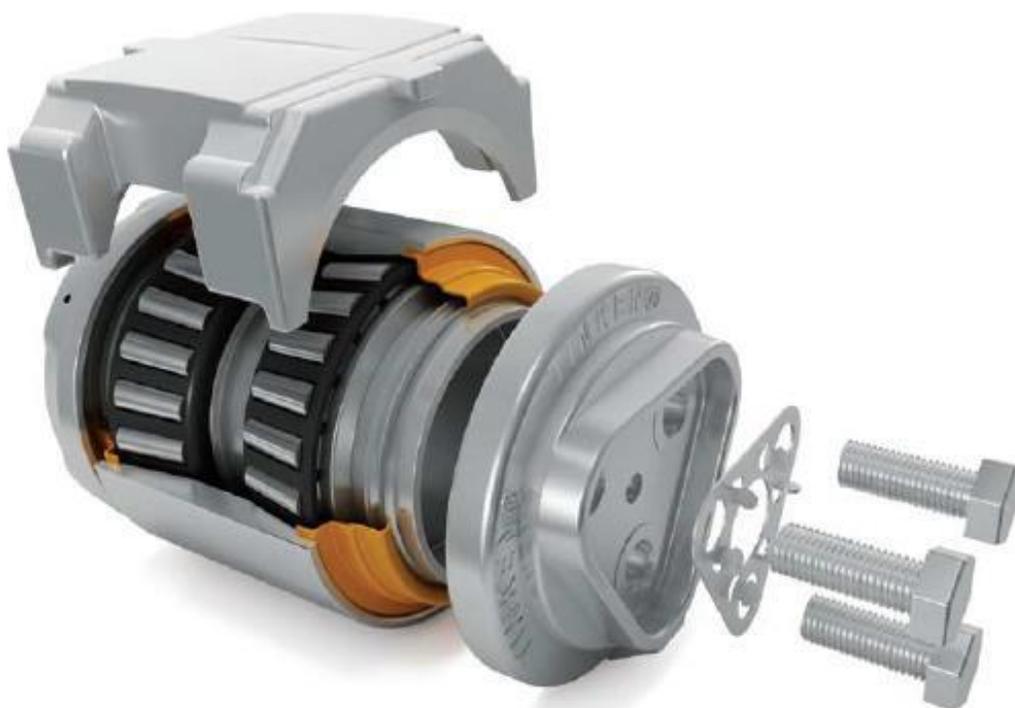
- Alonso-Falcón, E., Assafiri-Ojeda, E., & Ventosa-Forbes, J. I. (2021). Consideraciones sobre el proceso productivo del sistema de rodamiento en coches ferroviarios. *Ingeniería Industrial*, 42(3), 19-28.
- Ashton, T. S. (1973). *La revolución industrial: 1760-1830*.
- Burgos, J. (1987). Tecnología de soldadura. *Editorial Pueblo y Educación*.
- Hylton, S. (2007). *The grand experiment: the birth of the railway age, 1820-45*. Ian Allan.
- Justel Ramos, M. (2012). *Soldadura. Manual para operarios y técnicos*. Instituto Cubano del Libro: Editorial Científico-Técnica.
- Lewis, M. (2001). Railways in the Greek and Roman world. Early Railways: A Selection of Papers from the First International Early Railways Conference,
- Martín-Carvajal, L. O., García-Domínguez, A., Alfonso-González-Carbonell, R., Calzadilla-Méndez, E., & Hernández-de la Torre, J. (2013). Carros jaula ferroviarios: determinación de un escalón en diámetro para el reacondicionamiento de sus ejes. *Ingeniería Mecánica*, 16(1), 52-58.
- Pérez, R. T. (2020). La transformación productiva en Cuba y las propuestas contenidas en el Plan Nacional de Desarrollo hasta 2030/The Productive Transformation in Cuba and the Proposals Contained in the National Development Plan until 2030. *Revista Economía y Desarrollo (Impresa)*, 164(2).
- Riesco, G. H., Ruíz, J. L. D., & Marcos, B. P. (1996). *Manual del soldador*. Cesol.
- Rioseco, P. (2022). *Cuba fue el primer país en utilizar ferrocarril en Hispanoamérica*. Contraloría General de la República de Cuba. <https://www.contraloria.gob.cu/noticias/cuba-fue-el-primer-pais-en-utilizar-ferrocarril-en-hispanoamerica>
- Santamaría García, A., Acosta Albelo, Z., Corrales Vázquez, I., Díaz Medina, R., Fernández Rodríguez, E., González Ferrales, J., González Leyva, Y., Hernández Montesino, M., Pell Delgado, I., & Ramírez Velasco, M. (2020). Ferrocarril, historia, espacio y patrimonio en Cuba.
- Singh, R. P., Garg, R., & Shukla, D. (2012). Parametric Effect on Mechanical Properties in Submerged arc welding process- A review. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 4(2), 11.
- Uribe, C. L. (2010). Soldadura GMAW-MIG/MAG. *Metal actual*, 2-3.

ANEXOS

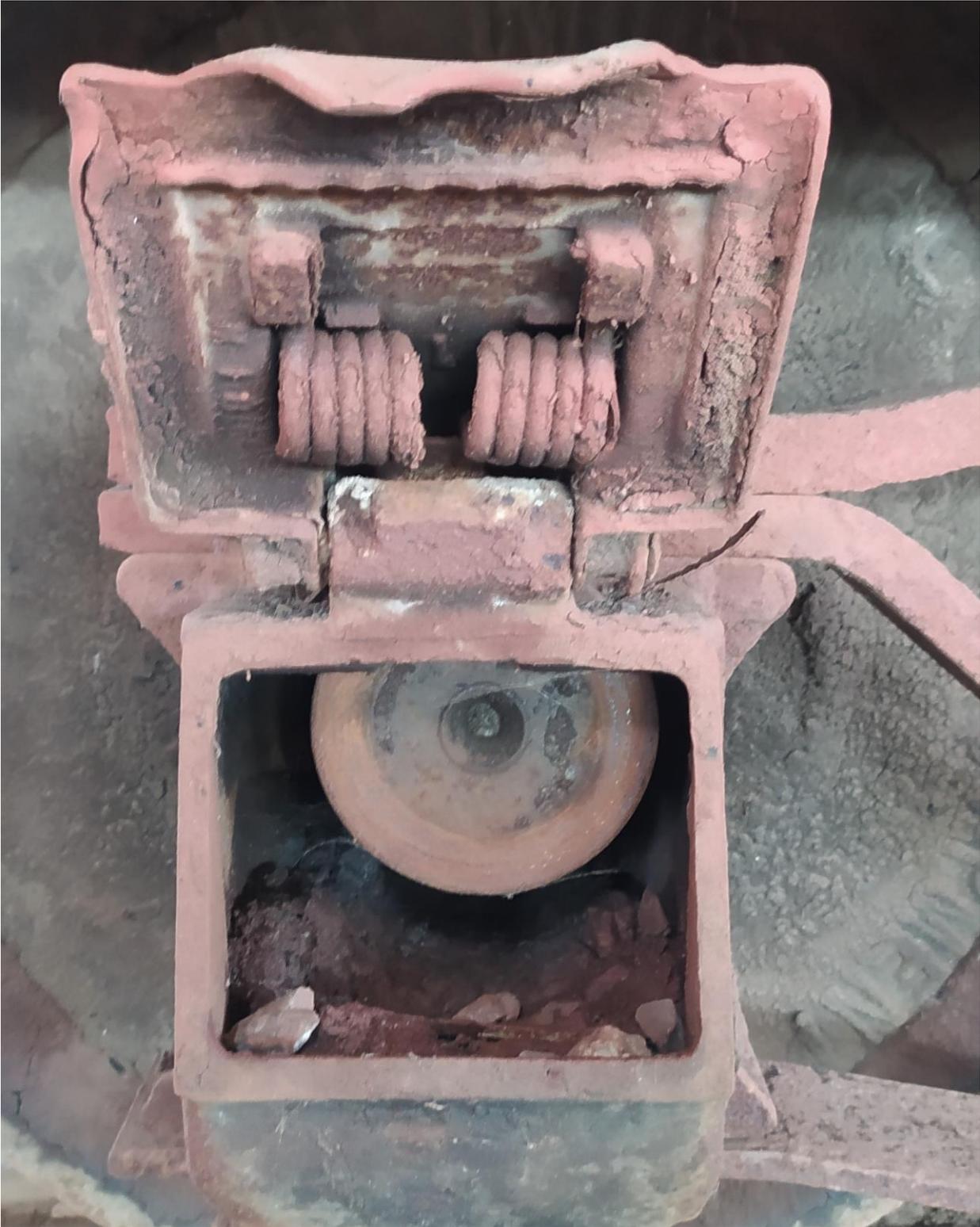
Anexo 1: Parámetros tecnológicos para la soldadura semiautomática con dióxido de carbono de costuras angulares en aceros de bajo contenido de carbono.

Espesor de las chapas (mm)	Diámetro del electrodo (mm)	Cateto de la costura (mm)	Numero de pasadas	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Velocidad de soldadura (m/h)	Vuelo del electrodo (mm)	Consumo de gas (L/min)
1,0-1,3	0,5	1,0-1,2	1	50-60	18-20	18-20	8-10	5-6
1,3-1,4	0,6	1,0-1,2	1	60-70	18-20	18-20	8-10	5-6
1,5-2,0	0,8	1,2-2,0	1	60-75	18-20	16-18	8-10	6-8
	0,8	1,5-3,0	1	70-110	18-20	16-18	8-10	8-10
1,5-3,0	1,2	2,0-3,0	1	90-130	18-20	14-16	10-12	12-14
	1,2	3,0-4,0	1	120-150	18-20	16-18	10-12	12-14
	1,6	5,0-6,0	1	150-180	20-22	20-22	10-12	12-14
3,0 – 4,0	1,6	5,0-6,0	1	230-260	20-22	26-28	16-18	16-18
5,0 – o más	2,0	5,0-6,0	1	260-230	28-30	29-31	16-18	16-18

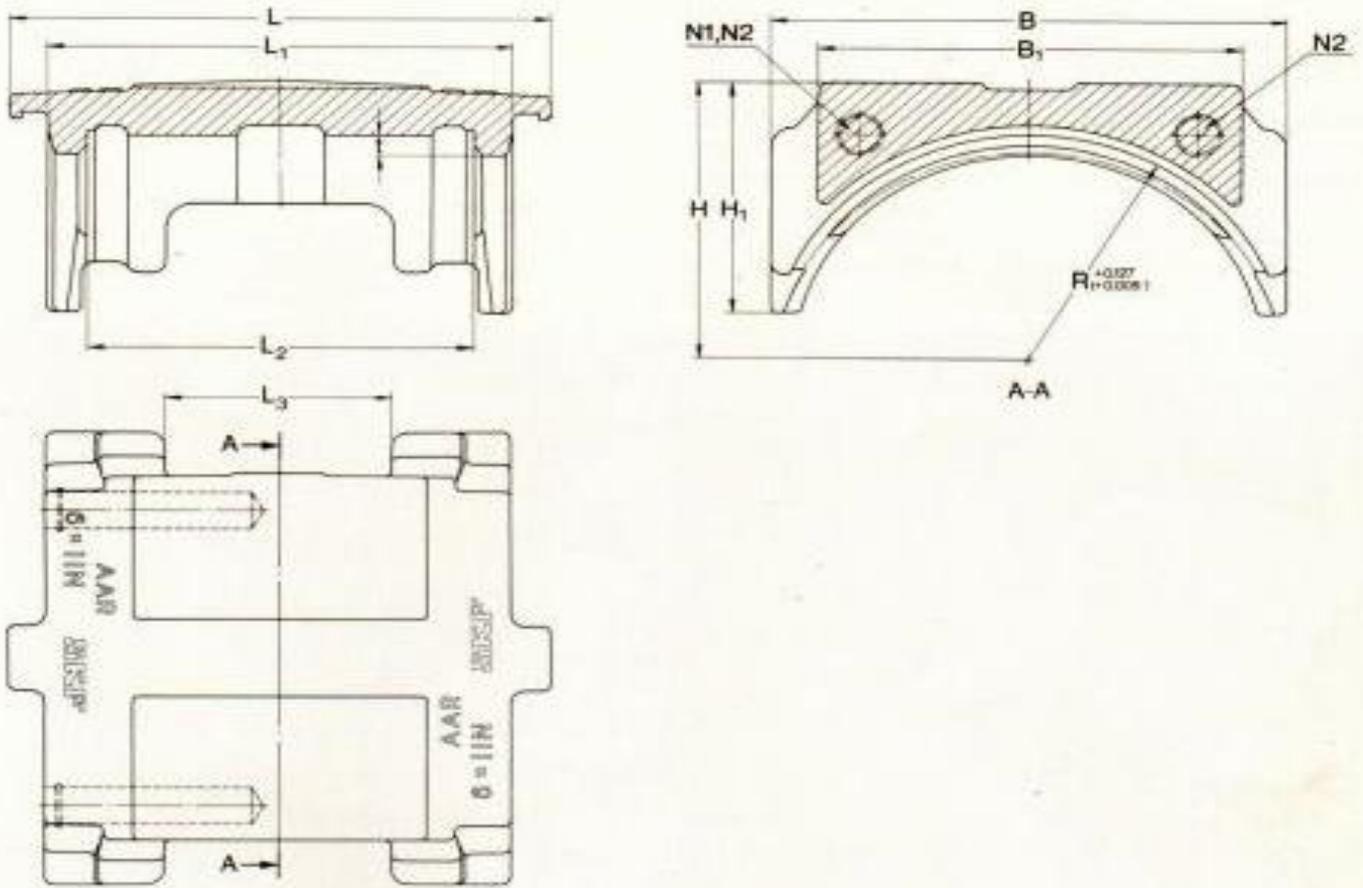
Anexo 2: Rodamiento modelo de 5½ x 10 utilizado para la modificación.



Anexo 3: Caja de grasa o Chumacera que se planea sustituir.



Anexo 4: Adaptador SKF dimensiones



Class and size	TBU designation	Adapter dimensions										Mass	Designation
		B	B ₁	H	H ₁	L	L ₁	L ₂	L ₃	R	t		
-	-	mm/in										kg	-
B 4 1/4×8	1637501	165,9	124,6	101,6	87,3	174,6	144,5	117,5	68,3	82,60	9,7	4,0	1637601 N0
		6 17/32	4 29/32	4	3 7/16	6 7/8	5 11/16	4 5/8	2 11/16	3,252	0,382		1637601 N1
C 5×9	1637502	196,1	143,7	117,5	98,4	206,4	173,0	146,1	74,6	97,69	10,1	5,9	1637602 N0
		7 23/32	5 21/32	4 5/8	3 7/8	8 1/8	6 13/16	5 3/4	2 15/16	3,846	0,398		1637602 N1
D 5 1/2×10	1637503	208,8	156,4	123,8	100,0	215,9	182,6	155,6	74,6	104,04	10,1	7,3	1637603 N0
		8 7/32	6 5/32	4 7/8	3 15/16	8 1/2	7 3/16	6 1/8	2 15/16	4,096	0,398		1637603 N1

Anexo 5: Vagón-jaula de 30 toneladas con los dispositivos montados



Anexo 6: Tabla de tolerancias para cizalla

Grupo metálico	<i>Ac</i>
Aleaciones de aluminio, todos los temple 11005 y 5052S	0.045
Aleaciones de aluminio 2024ST y 6061ST; latón, todos los temple; acero suave laminado en frío; acero inoxidable frío	0.060
Acero laminado en frío, dureza media; acero inoxidable dureza media y alta	0,075

Anexo 7. Características de los equipos para la fabricación.

Taladradora vertical universal 2H135:

Diámetro máximo del taladrado en acero 45 según GOST 1050-74.....35 mm.

Dimensiones del cono del husillo según el CT CЭB (Estándar del CAME) 147-145.....Morse 4.

Distancia del eje del husillo a las guías de la columna.....300 mm.

Carrera máxima del husillo.....250 mm.

Distancia de la cara del husillo:

Hasta la mesa.....30 a 750 mm.

Hasta la plancha.....700 a 1120 mm.

Desplazamiento máximo (de instalación) del cabezal de taladrar.....170 mm.

Desplazamiento del husillo por una vuelta del volante..... 122,46 mm.

Superficie de la mesa de trabajo..... (450x500) mm.

Carrera máxima de la mesa.....300 mm.

Dimensión de ajuste de las ranuras en T en la mesa, según GOST 1574-75:

Central.....18H9.

Extremas.....18H11.

Distancia entre dos ranuras en T según el GOST 6669-75.....100 mm.

Cantidad de velocidades del husillo.....12.

Límites de frecuencia de rotación del husillo.....31, 5 a 1400 $\text{[min}^{-1}\text{]}$.

Cantidad de avances.....9.

Límite de avances.....0,1 a 1,6 mm/vueltas.

Cantidad máxima de agujeros a tallar por hora.....55.

Mando de los ciclos de funcionamiento.....Manual.

Género de corriente de red alimentadora.....Trifásica.

Tensión de red alimentadora.....380/220 V.

Electromotor del movimiento principal:

Tipo.....4A100I4.

Potencia.....4,0 kW.

Bomba eléctrica del sistema de refrigeración:

Tipo.....PIA-22* X14-22M.

Potencia.....0,12 kW.

Caudal.....22 L/min.

Dimensiones exteriores, mm:

Altura.....2535.

Ancho.....825.

Longitud.....1030.

Masa de la taladradora.....1200 kg

CIZALLA NTH16

Longitud de corte 3150 mm

Max. de corte de 16 mm de espesor

Potencia = 55kW

Dimensiones 3820 mm × 3300 mm × 3580 mm

Velocidad de corte: 0.15-0.30 m/seg

Ángulo de la cuchilla superior, respecto al inferior: $\alpha = 2^\circ$ a 10° .

PressBrake Modelo: 1330

Esfuerzo nominal (T/F)100

Largo de la mesa y de la corredera (mm).....2550

Paso de la corredera (mm).....80

Altura cerrada (mm).....320

Número de pasos de la corredera (por min) ...30-10

Tiempos:

Tiempo de bajada.....3 s

Tiempo de subida.....2 s

Tempo operativo..... 5 s.

Potencia = 10,2 kW

Anexo 8: Coeficiente según el material.

Material	Valor de k
Cobre	0,25
Latón agrio	0,4
Latón recocido	0,3
Acero dulce	0,5
Acero semiduro	0,6
Acero duro	0,7

Anexo 9: Valores orientativos a añadir en operaciones con PressBrake.

Espesor de la chapa e (mm)	Radio interior r	Material doblado		
		Acero dulce Aluminio	Acero semiduro Latón agrio	Acero duro
e ≤ 0.8	r ≤ e	4°	5°	7°
	e < r < 5e	5°	6°	9°
	r > 5e	6°	8°	12°
0,8 < e < 2	r ≤ e	2°	2°	4°
	e < r < 5e	3°	3°	5°
	r > 5e	4°	5°	7°
e > 2	r ≤ e	0°	0°	2°
	e < r < 5e	1°	1°	3°
	r > 5e	2°	3°	5°

Anexo 10: Resumen de fórmulas para Taladrado.

Terminología, unidades y fórmulas relacionadas con el taladrado

Símbolo	Designación	Fórmula	#	Unidad
Dc	Diámetro de taladrado.	---	---	mm
ap	Profundidad de corte.	$ap = \frac{Dc}{2}$	4.1	mm
Vt	Velocidad de corte obtenida en una tabla.		---	m/min
Vc teórica	Velocidad de corte teórica.	$Vc \text{ teórica} = V_T * K_d * K_T$	4.2	m/min
Vc	Velocidad de corte.	$Vc = \frac{\pi * Dc * n}{1000}$	4.3	m/min
n	Velocidad del husillo.	$n = \frac{1000 * Vc_{\text{teórica}}}{\pi * Dc}$	4.4	rpm
fn	Avance por revolución.		---	mm/rev
fz	Avance por diente.	$fz = \frac{fn}{2}$	4.5	mm/diente
Vf	Velocidad de avance.	$Vf = fn * n$	4.6	mm/min
Kc 0,4	Fuerza de corte específica para fz = 0,4 mm/diente		---	N/mm ²
Kcfz	Fuerza de corte específica para avance por filo.	$k_{cfz} = kc_{0,4} \left(\frac{0,4}{fz * \text{sen } Kr} \right)^{0,29}$	4.7	N/mm ²
Pc	Potencia neta (potencia de corte)	$Pc = \frac{ap * fn * k_{cfz} * Vc}{60 * 10^3} * \left(1 - \frac{ap}{Dc} \right)$	4.8	Kw.
Pd	Potencia disponible.	$Pd = Nm * \eta$	4.9	Kw.
η	Rendimiento de la Máquina Herramienta.		---	%
Kr (fig. 4.6)	Ángulo de filo de corte de la herramienta.		---	Grados

Anexo 11: Datos de corte

ISO	Material		Dc (mm)				
			Vc (m/min)	3 a 6	6 a 10	10 a 14	14 a 20
				fn (mm/rev)			
P	Acero al carbono		80	0.1	0.15	0.2	0.22
	Acero de baja aleación		70	0.1	0.14	0.18	0.2
	Acero de alta aleación		40	0.08	0.1	0.14	0.16
	Acero fundido		70	0.1	0.15	0.2	0.22
M	Inoxidables ferrítico - martensítico		40	0.08	0.14	0.2	0.22
	Inoxidable austenítico						
K	Fundición gris	Baja resistencia a la tracción	90	0.15	0.25	0.35	0.40
		Alta resistencia a la tracción	70	0.15	0.2	0.3	0.35
	Fundición Nodular SG	Perlítica	70	0.15	0.20	0.30	0.35
N	Aleaciones de aluminio		120	0.15	0.2	0.3	0.4
	Aleaciones de cobre		90	0.15	0.2	0.3	0.4

Anexo 12: Factor de dureza Kd

Material	Diferencia en la dureza									
	Menor dureza					Mayor dureza				
	Dureza Brinell (HB)									
	-80	-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
Acero no aleado	--	--	--	1,07	1,0	0,95	0,90	--	--	--
Acero de baja aleación	1,26	1,18	1,12	1,05	1,0	0,94	0,91	0,86	0,83	0,67
Acero de alta aleación	--	--	1,21	1,10	1,0	0,91	0,84	0,79	--	--
Acero inoxidable - austenítico	--	--	1,21	1,10	1,0	0,91	0,85	0,79	0,75	0,68
Acero fundido	--	--	1,31	1,13	1,0	0,87	0,80	0,73	--	--
Fundición maleable	--	1,14	1,08	1,03	1,0	0,96	0,92	--	--	--
Fundición gris	--	--	1,25	1,10	1,0	0,92	0,86	0,80	--	--
Fundición Nodular SG	--	--	1,07	1,03	1,0	0,97	0,95	0,93	0,91	--

Anexo 13: Coeficiente de vida útil

Vida de la herramienta (min)	10	15	20	25	30	45	60
Factor de corrección	1,10	1,0	0,95	0,90	0,87	0,80	0,75

Anexo 14: Fuerza de corte específica.

ISO	Material		HB	Fuerza de corte específica Kc 0,4 [N/mm ²]
P	Acero no aleado	C = 0.15 %	125	1900
		C = 0.35 %	150	2100
		C = 0.60 %	200	2250
	Acero de baja aleación	No templado	180	2100
	Acero de alta aleación	Recocido	200	2600
		Templado	325	3900
	Acero fundido	No aleado	180	2000
Baja aleación		200	2500	
Alta aleación		225	2700	
M	Inoxidables ferrítico - martensítico		200	2300
	Inoxidable austenítico		175	2450
K	Fundición gris	Baja resistencia a la tracción	180	1100
		Alta resistencia a la tracción	260	1500
	Fundición Nodular SG	Perlítica	250	1800
N	Aleaciones de aluminio	No termotratable	60	500
		Termotratable	100	800
	Aleaciones de cobre	Aleaciones de plomo, Pb > 1 %	110	700
		Bronce, latón rojo	90	750
		Bronce y cobre sin plomo	100	1750

Anexo 15: Pasos tecnológicos para las operaciones de corte, conformado y maquinado.

Operación de corte de las chapas del subconjunto 1.

Producción seriada pequeña: 2 piezas

Itinerario previo.

Elaboraciones a realizar.	Máquinas de herramienta.	Herramientas de corte.	Instrumentos de	Dispositivos.	Herramientas auxiliares.
---------------------------	--------------------------	------------------------	-----------------	---------------	--------------------------

			medición.		
1-Cortado.	Cizalladora Modelo: NTH3150/16 A	Cuchillas de corte recto. $R \leq 0.05 * S$. Inclinación $= 2^\circ$.	Pie de rey de 0 a 300. C = 0,05.	Mesa de rodillos con topes.	Llave española 24 x 27
2- Plegado	PressBrake Modelo: 1330. Ancho del dado: 4.9 mm	Troquel de plegado, con ángulo de 90° .	Pie de rey de 0 a 300. C = 0,05	Dado en forma de Ángulo = 90° . Mordazas.	-
3-Taladrado.	Taladradora radial BR-40	Broca espiral $d = 6,7$ mm, $kt = 70^\circ$.	Pie de rey de 0 a 300. C = 0,05	Dispositivo de mordaza.	Llave española 24 x 27

Descripción del proceso.

005- Corte

A1- Instalar lámina desenrollada en mesa de rodillos y empujar hasta el tope. Desinstalar.

01- Realizar corte de la lámina según longitud (85mm x 70mm).

02- Desbarbar y limpiar superficies laterales.

03- Retirar lámina cortada y almacenar en área de piezas terminadas.

010 – Plegado.

A1 – Instalar pieza rectangular semielaborada entre el dado y el punzón, ajustar mordaza para fijar. Desinstalar.

01- Realizar plegado a los 25mm de longitud de la pieza.

02 – Retirar pieza semielaborada y almacenar en área de piezas terminadas.

015 – Taladrado.

A1- Instalar pieza en V semielaborada en dispositivo de mordaza por la superficie exterior apoyando una de las caras frontales. Desinstalar.

01 – Taladrar agujero pasante de $\varnothing 30$ mm a una distancia de 35 mm del lado mayor y 25 mm del lado menor.

Operación de corte y taladrado del subconjunto 2.

Itinerario previo:

Elaboraciones a realizar.	Máquinas de herramienta.	Herramientas de corte.	Instrumentos de medición.	Dispositivos.	Herramientas auxiliares.
1-Cortado.	Cizalladora Modelo: NTH3150/16 A	Cuchillas de corte recto. $R \leq 0.05$ *S. Inclinación =2°.	Pie de rey de 0 a 300. C = 0,05.	Mesa de rodillos con topes.	Llave española 24 x 27
2- Taladrado	Taladrado universal vertical 2H135	Broca espiral enteriza de metal duro d=25mm, kt=70°.	Pie de rey de 0 a 300. C = 0,05	Dispositivo de mordaza.	Llave española 24 x 27

Descripción del proceso:

005 – Corte de pieza bruta

A1- Instalar lámina desenrollada en mesa de rodillos y empujar hasta el tope. Desinstalar.

01- Realizar corte de la lámina según longitud (300 x 95).

02- Desbarbar y limpiar superficies laterales.

03- Retirar lámina cortada y almacenar en área de piezas terminadas.

010-Taladrado.

A1 - Instalar pieza semielaborada en dispositivo de mordaza por la superficie exterior apoyando la cara frontal. Desinstalar.

01- Taladrar agujero pasante de $\varnothing 30$ mm a los 30 mm del lado menor y 47.5 mm del mayor de la pieza.

02- Taladrar *Slom* de 15 mm de radio a los 45 mm del lado menor y 47.5 mm del mayor de la pieza.

Operación de corte y taladrado del subconjunto 3.

Itinerario previo:

Elaboraciones a realizar.	Máquinas de herramienta.	Herramientas de corte.	Instrumentos de medición.	Dispositivos.	Herramientas auxiliares.
----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	----------------------	---------------------------------

			medición.		
1-Cortado.	Cizalladora Modelo: NTH3150/16 A	Cuchillas de corte recto. $R \leq 0.05 * S$. Inclinación $= 2^\circ$.	Pie de rey de 0 a 300. $C = 0,05$.	Mesa de rodillos con topes.	Llave española 24 x 27
2- Taladrado	Taladrado universal vertical 2H135	Broca espiral enteriza de metal duro $d=25\text{mm}$, $kt=70^\circ$.	Pie de rey de 0 a 300. $C = 0,05$	Dispositivo de mordaza.	Llave española 24 x 27

Descripción del proceso:

005 – Corte de pieza bruta

A1- Instalar lámina desenrollada en mesa de rodillos y empujar hasta el tope. Desinstalar.

01- Realizar corte de la lámina según longitud (130 x 95).

02- Desbarbar y limpiar superficies laterales.

03- Retirar lámina cortada y almacenar en área de piezas terminadas.

010-Taladrado.

A1 - Instalar pieza semielaborada en dispositivo de mordaza por la superficie exterior apoyando la cara frontal. Desinstalar.

01- Taladrar agujero pasante de $\varnothing 30$ mm a los 47.5mm del lado menor y 65 mm del mayor de la pieza.

Anexo 16: Carta tecnológica Ensamble y Punteo.

Carta tecnológica de Soldadura										Equipo:		Subconjuntos del Truck del carro-jaula 3					
Número										Denominación de la operación tecnológica: Ensamble y punteo							
Taller			Sección			Operación											
No	del paso T	Costura			Polaridad	Int Corrie	Voltaje en	Velocidad de	Material de Aporte			Código composición y consumo				TP Min	
		Longitud	Cateto	Posición					Soldadura	Código denominación grado	Consumo (Kg)	Diámetro (mm)	Tipo de gas	sumo de gas	Categoría de operarios		Cantidad
1	Colocar las piezas que componen el subconjunto 1 en la barra inferior del truck como indica la carta de croquis													Pailero "A"	1	1	
2	Colocar el subconjunto 2 en la parte superior del adaptador como indica la carta de croquis													Pailero "A"	1	1	
3	Colocar el subconjunto 3 en la parte superior del truck como indica la carta de croquis													Pailero "A"	1	1	
4	Puntear según se indica en el	90		PA	PN	250	20	15	ER-70S-6	0.093	2	CO ₂	0.187	Soldador "B"	1	2	
0	Inspección visual de los puntos													Inspector de calidad	1	0.5	
										Material de Aporte		Firma	Fecha	Hoja No			
										Elaboró		Michel Morales Ramírez					
										Aprobó		Ing. Ernesto Alonso Falcón			Cant/X		

Anexo 17: Carta de croquis de ensamble y punteo

<p>FERRAC José Valdés Reyes</p>	<p>Carta de Croquis</p>	<p>Hoja No.: 1</p>
<p>Truck-MS1-05</p>	<p>Truck de bandas arqueadas</p>	<p>Centro de la Operación Punteo y Soldadura</p>
<p>The drawing shows a technical assembly of a truck. The main view is a cross-section showing a central wheel with a square hub, mounted on a frame. The frame consists of a top horizontal bar and two vertical side bars. The wheel is supported by a green hatched base. Section lines A-A, B-B, and C-C are drawn across the assembly. Below the main view are three detail views: A-A shows a cross-section of the top bar; B-B shows a cross-section of the side bar; C-C shows a cross-section of the bottom support structure. Red crosshairs indicate the center of the wheel and other key points.</p>		
<p>Elaborado por: Michel Morales</p>	<p>Fecha: 22/12/2</p>	<p>Aprobado por: Rodrigo Dieguera</p>
<p>Fecha Aprobación: 22/12/2</p>		

Anexo 18: Carta de Control de la calidad de Punteo

Empresa Industrial Ferroviaria		CARTA DE CONTROL DE CALIDAD			Nro. 1		
"José Valdés Reyes"					Hoja Nro. 1		
				Código:			
				Truck-M51-01			
				Denominación:			
				Subconjuntos			
				Denominación de la Operación:			
				Ensamble y Punteo			
Paso nro.	Contenido del paso	% a controlar	Medios de Medición	Requisitos de los parámetros a controlar	Calificación	Cantidad	Tiempo (h)
0-0	Medir principales dimensiones de los subconjuntos	100%	Cinta métrica,		Inspector de calidad.	1	0.5
0-1	Inspeccionar visualmente que los puntos no tengan defectos de soldadura como poros, socabaduras, etc	100%			Inspector de calidad	1	0.5

Anexo 19: Carta tecnológica de Soldadura General

Carta tecnológica de Soldadura												Equipo:		Subconjuntos del Truck del carro-jaula 3						
Número												Denominación de la operación tecnológica: Soldadura General								
Taller			Sección			Operación														
No	del paso T	Costura			Polaridad	Int Corriente	Voltaje en	Velocidad de	Material de Aporte			Código composición y consumo				TP Min				
		Longitud	Cateo	Posición					Soldadura	Código denominación grado	Consumo (Kg)	Diámetro (mm)	Tipo de gas	sumo de gas	Categoría de operarios		Cantidad			
																		Electrodo		Cantidad
																		No de Posición	Tipo de la pi	
1	Limpiar la superficie a soldar														Soldador "A"	1	0.5			
2	Soldar los subconjuntos con costuras como indica el croquis	1212		6 PA	PN	250	30	30	ER-70S-6	0.108	2	CO ₂	1.5		Soldador "A"	1	4.94			
3	Limpiar los cordones de soldadura														Soldador "A"	1	1.0			
0	Inspección visual														Inspector de calidad	1	0.5			
Nombres y Apellidos												Firma		Fecha		Hoja No				
Elaboró												Ing. Ernesto Alonso Falcón								
Aprobó												Radames Ocegüera Morales				Cant/X				

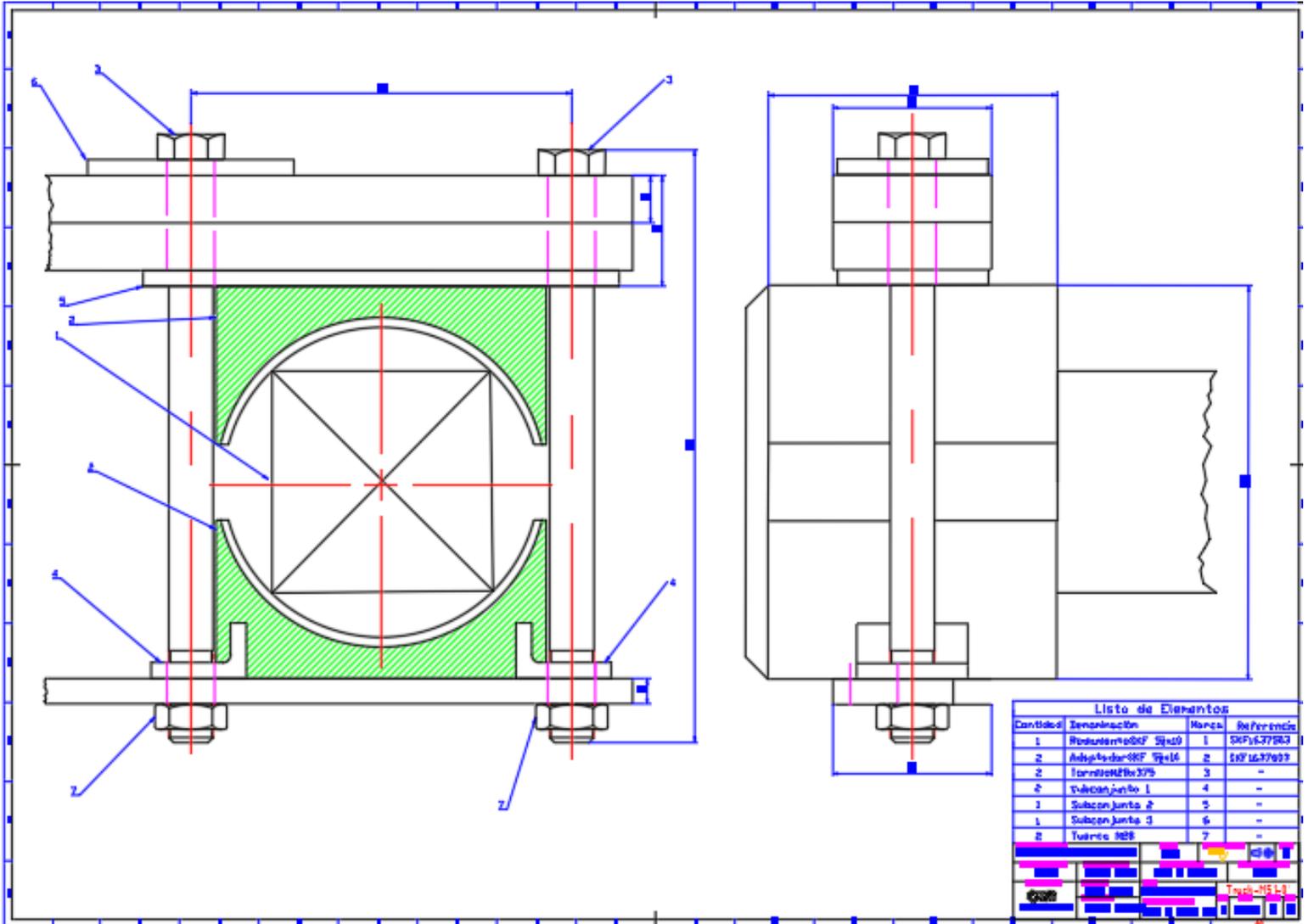
Anexo 20: Carta de croquis de Soldadura General

<p>FERRAC José Valdés Reyes</p>	<p>Carta de Croquis</p>	<p>Hoja No: 1</p>	
<p>Truck-MS1-06</p>	<p>Truck de bandas arqueadas</p>	<p>Numero de la Operación Soldadura General</p>	
<p>The drawing shows a mechanical assembly with a central circular component. Section A-A is a vertical cross-section through the top and bottom plates. Section B-B is a horizontal cross-section through the central assembly. Section C-C is a vertical cross-section through the base of the central component. The drawing includes various dimension lines and section markers.</p>			
<p>Elaborado por: Michel Morales</p>	<p>Fecha: 22/12/2</p>	<p>Aprobado por: Rodríguez Dieguera</p>	<p>Fecha Aprobación: 22/12/2</p>

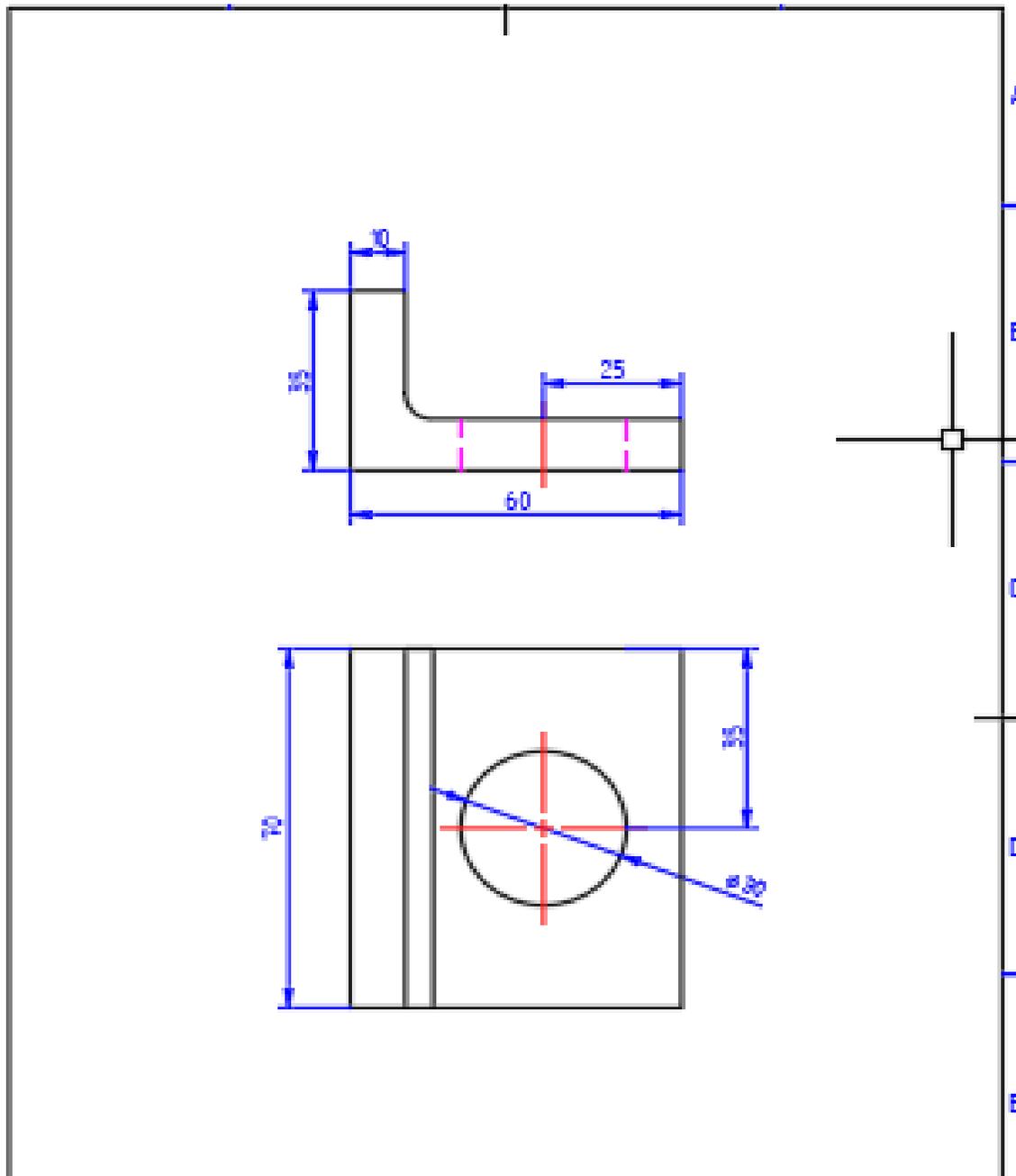
Anexo 21: Carta de Control de la calidad de Soldadura General

Empresa Industrial Ferroviaria "José Valdés Reyes"		CARTA DE CONTROL DE CALIDAD					Nro. 1	
							Hoja Nro. 1	
		Código: Truck-M51-01						
		Denominación: Subconjuntos						
		Denominación de la Operación: Soldadura general						
Paso nro.	Contenido del paso	% a controlar	Medios de Medición	Requisitos de los parámetros a controlar	Calificación	Cantidad	Tiempo (h)	
0-0	Inspersionar los cordones de soldadura sin permitirlos defectos siguientes: poros, grietas e inclusiones o escorias .	100%	Catetómetro	Cateto de soldadura 6	Inspector de calidad.	1	0.5	

Anexo 22: Plano de Ensamble

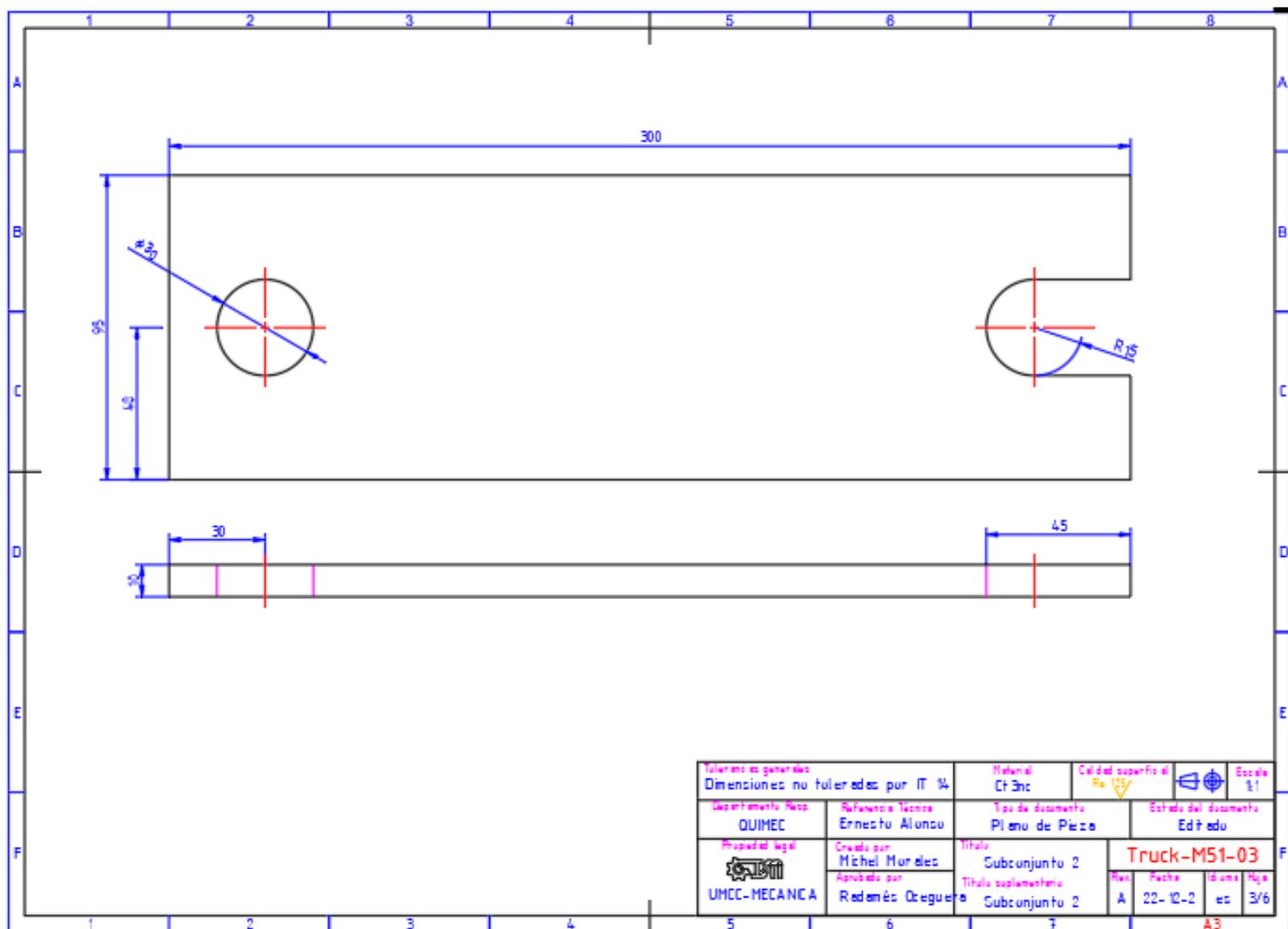


Anexo 23: Plano de Subconjunto 1



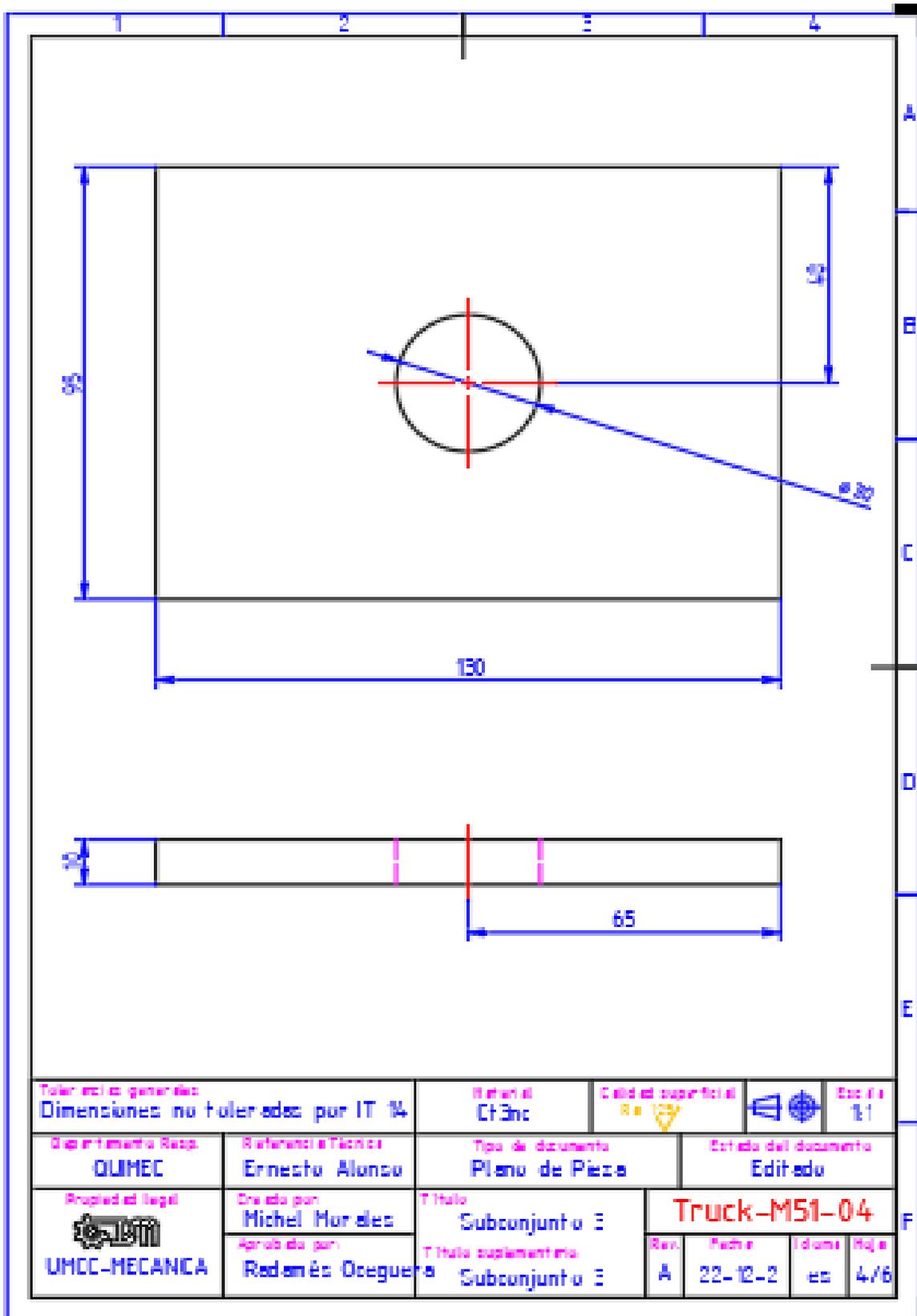
Tolerancias generales: Dimensiones no toleradas por IT 14		Referencia: Cf. Enc.	Calidad superficial: Ra 3.2	Escala: 1:1
Departamento Resp.: QUIMEC	Referencia Técnica: Ernesto Alonso	Tipo de documento: Plano de Pieza	Estado del documento: Editado	
Propiedad legal: UMCC-MECANICA	Creado por: Michel Morales	Título: Subconjunto 1	Truck-M51-02	
	Aprobado por: Radamés Ocegueda	Título complementario: Subconjunto 1		
			Idioma: es	Foja: 2/6

Anexo 24: Plano de Subconjunto 2



Tolerancias generales		Material		Calidad superficial		Escala	
Dimensiones no toleradas por IT 14		Ct 3nc		Ra 125V		1:1	
Departamento Resp.		Referencia técnica		Tipo de documento		Estado del documento	
QUIMEC		Ernesto Alunco		Plano de Pieza		Editado	
Propiedad legal		Creado por		Título		Truck-M51-03	
UMCC-MECANICA		Michel Morales		Subconjunto 2		Res. Fecha Id. una. Págs	
		Aprobado por		Título complementario		A 22-12-2 es 3/6	
		Redemés Oreguer		Subconjunto 2		A3	

Anexo 25: Plano de Subconjunto 3



Tolerancias generales: Dimensiones no toleradas por IT 14		Material: Ct3nc	Calidad superficial: Ra 12.5	Escala: 1:1
Departamento Resp.: QUHEC	Referencia Técnica: Ernesto Alonso	Tipo de documento: Plano de Pieza		Estado del documento: Editado
Propiedad legal: UMCC-MECANICA	Diseñada por: Michel Morales	Título: Subconjunto 3		Truck-M51-04
	Aprobada por: Redemés Ocegueda	Título suplementario: Subconjunto 3		
		Rev.:	Fecha:	Volumen:
		A	22-12-2	es
				Hojas: 4/6