



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
DE PARACHOQUES DELANTERO DE AUTO ELÉCTRICO

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
AUTOMOTRICES

PRESENTA

JUAN DANIEL ANTONIO JONAPÁ

ASESORES

DR. JAVIER FLORES MÉNDEZ

DR. CESAR AUGUSTO ARRIAGA ARRIAGA



NOVIEMBRE 2021

Dedicatorias

A dios

Por haberme permitido llegar hasta aquí, dándome una segunda oportunidad de vida y salud para poder lograr mis objetivos. Gracias por tu bondad y amor.

A mi madre

Por apoyarme siempre en todo momento, por sus valores que me ha inculcado, por la motivación y consejos que me da para ser un mejor profesional y ser una buena persona, pero mas que nada por su amor.

A mi padre

Por los ejemplos y valores que me inculco de pequeño, así también por empezar a motivarnos por salir del nido para un mejor crecimiento profesional. Y por todo el amor que nos brinda en vida.

A mi hermano

Por siempre estar a mi lado y por los ratos de diversión que tuvimos de niño y ahora como adulto que a pesar de la distancia siempre está ahí para apoyarme.

A mis familiares y amigos

Por haberme apoyado tanto a mí como a mi mamá de la decisión de estudiar fuera de mi ciudad natal, que a pesar de la distancia seguimos bien en nuestro núcleo familiar. A mis amigos tanto de Chiapas como de Puebla en los cuales me brindan sus consejos y aprendo de ellos por los distintos puntos de vista que tiene cada uno como persona.

A mi universidad y profesores

Agradezco a la Universidad Autónoma de Puebla en abrir la licenciatura en ingeniería en sistemas automotrices la cual a pesar de ser de la primera generación gracias a sus instalaciones y profesores formó una generación de profesionistas muy completos y productivos.

Juan Daniel Antonio Jonapá

Resumen

El presente trabajo se centra en la propuesta de diseño de una línea de ensamble de un parachoques de aluminio para el Ford Mustang Mach E. Para el diseño de la propuesta del layout del proceso se toma como base el conocimiento técnico y las aportaciones de diversos autores para el desarrollo de las líneas así también para fundamentar los tipos de procesos necesarios para la entrega del producto terminado.

Así también de aporte de los autores, se toma en base el trabajo en campo mediante las simulaciones de tiempos y espacios, pruebas de detección de colocación de piezas y ciclos en vacío para poder tener una mejor retroalimentación de nuestro diseño de línea.

La elección de estas herramientas se realizó debido a que están enfocadas en la técnica de mejora continua, a fin de servir como base para la solución de futuros problemas que puedan llegar a suceder.

Abstract

This work focuses on the design proposal of an assembly line for an aluminum front bumper for the Ford Mustang Mach E. For the design of the process layout proposal, the technical knowledge and contributions of various authors for the development of the lines as well as to base the types of processes necessary for the delivery of the finished product.

As well as the contribution of the authors, the field work is taken based on the simulations of times and spaces, detection tests of placement of parts and empty cycles to have better feedback on our line design.

The choice of these tools was made because they are focused on the continuous improvement technique, to serve as a basis for the solution of future problems that may happen.

Contenido

Capítulo 1	6
Introducción	6
1.1 Presentación de la empresa	7
1.1.1 Magna internacional	7
1.1.2 Cosma	7
1.1.3 Autotek Industrial de México	8
1.1.3.1 Misión	8
1.1.3.2 Visión.....	8
1.1.3.3 Valores	8
1.1.3.4 Cliente	8
1.2 Justificación	8
1.3 Objetivos	9
1.4 Objetivos específicos	9
Capítulo 2	10
Marco teórico	10
2.1 Metodología	10
2.2 Estampados y formación de metal	13
2.2.1 Estampados de aluminio	14
2.3 Soldadura	20
2.3.1 Soldadura MIG (Metal Inert Gas)	21
2.3.2 Tipos de uniones de soldadura	25
2.3.3 Unión del aluminio	26
2.4 Estrategias de layout	29
2.4.1 La estrategia de diseño de posición fija	30
2.4.2 La estrategia de diseño orientada al proceso.....	30
2.4.3 La estrategia de diseño orientada al producto	31
2.4.4 Las estrategias de diseño celular	31
2.5 Diseño basado en el producto	31
Capítulo 3	34
Desarrollo	34
3.1 Requerimientos del cliente	34

3.2 Descripción del proceso	35
3.2.1 Estación 1	36
3.2.2 Estación 2	36
3.2.3 Estación 3	36
3.2.4 Estación 4	40
3.2.5 Estación 5	41
3.2.6 Estación 6	42
3.2.7 Estación 7	44
3.2.8 Estación 8	45
3.2.9 Estación 9	45
3.3 Celdas de operación	46
3.3.1 Operador 1	47
3.3.2 Operador 2	48
3.3.3 Operador 3	49
3.4 Cardboard City	50
3.5 Spill Detection	55
3.6 Ciclos en vacío	56
3.7 Evaluadores del área de calidad	57
Capítulo 4	58
Resultados	58
4.1 Prueba en piso de proveedor	58
4.2 Pruebas en piso de producción	59
4.3 Resultados del crash test	63
4.3.1 Frente de superposición pequeña: lado del conductor	63
4.3.2 Frente de superposición moderada	65
Capítulo 5	67
Conclusión	67
6 Referencias	68
A Anexos	69
A.1 Glosario	69
A.2 Rango de evaluación del Insurance Institute for Highway Safety	70

Capítulo 1

Introducción

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo el mejoramiento de una línea de producción de soldadura para piezas de aluminio, tomando en cuenta los tiempos ciclos, caminatas del operador, seguridad en el ambiente de trabajo, flujos de material.

La importancia de estudiar este tema radica en que la demanda de chasis de aluminio en el sector automotriz ha ido en aumento, de tal forma que ya se realizan carrocerías completas de este material por la ligereza del material y la fácil maleabilidad que tiene para la realización de estampados.

Una de las problemáticas que presenta el uso de aluminio es los espacios que se necesitan en una línea de producción debido que a diferencia de los aceros este cuenta con procesos de lavado del material, ya que, durante la soldadura de aluminio, el soldador debe tener cuidado de limpiar el material y eliminar cualquier óxido e hidrocarburo de la superficie del aluminio mediante aceite o solvente. La temperatura de fusión del óxido en la superficie del aluminio es de 3700 grados Fahrenheit, y el material de aluminio de base debajo se funde a 1200 grados Fahrenheit. Por lo tanto, cualquier óxido residual en la superficie del material de base restringirá la penetración del material de relleno a las piezas de aluminio de soldadura. Por lo que conlleva a uso de más maquinaria, con lo cual requieren un mayor espacio en un piso de producción. Para los casos de plantas de producción que ya cuentan con poco espacio surge la problemática de como colocar estos equipos para cumplir con los requerimientos del cliente.

(Brown, Julio 1995) El automóvil promedio producido actualmente en América del Norte contiene alrededor de 90 kg de aluminio. Se espera que esa cifra crezca, impulsada por las necesidades ambientales, la Asociación para una nueva generación de vehículos, los mandatos de seguridad, las preferencias de los consumidores y un mercado cada vez más global.

Este trabajo se centra en demostrar el mejoramiento de una línea de producción con poco espacio en piso para poder producir partes de aluminio, obteniendo un buen flujo de material, satisfacer la demanda del cliente, la logística cumpla con la entrega de material, empaques de entrada y salida, para poder entregar piezas de buena calidad.

Para el mejoramiento de la línea se utilizarán algunos análisis de administración de recursos, para optimizar los recursos que se tienen y reducir los costos de producción para la empresa. Para entregar un producto de calidad se usarán algunas de las herramientas de la manufactura esbelta.

1.1 Presentación de la empresa

1.1.1 Magna internacional

Magna International Inc. es una empresa canadiense de tecnología de movilidad para fabricantes de automóviles. Es una de las compañías más grandes de Canadá y fue reconocida en el Forbes Global 2000 de 2019. La compañía es el mayor fabricante de piezas de automóviles en Norteamérica por las ventas de piezas de equipos originales. Se produce sistemas de automoción, montajes, módulos y componentes, que se suministra a la General Motors, Ford Motor Company y FCA, así como BMW, Mercedes, Volkswagen y Tesla Motors, entre otros. La compañía tiene su sede en Aurora, Ontario y su director ejecutivo es Donald Walker. Cuenta con 169,000 empleados en 338 operaciones de fabricación y 89 centros de desarrollo de productos, ingeniería y ventas en 28 países. Magna se rige por una constitución corporativa que exige la distribución de beneficios a los empleados y accionistas.

Magna internacional cuenta con los siguientes grupos dedicados a partes en específico del vehículo:

- Cosma: Estructuras de chasis y carrocería.
- Magna Exteriors: Molduras y sistemas exteriores.
- Magna Powertrain: Motores y transmisiones eléctricas y de combustión interna.
- Magna Electronics: ADAS y conducción autónoma, módulos de control de chasis, tren motriz y mecatrónicos.
- Magna Mirrors: Espejos y retrovisores.
- Magna Lighting: Sistemas de iluminación para faros delanteros y trasero, y luces pequeñas.
- Magna Seating; Asientos completos, productos estructurales, espumas y tapizados.

1.1.2 Cosma

Cosma proporciona una extensa gama de soluciones de carrocería, chasis e ingeniería a los clientes globales. A través de su robusta ingeniería de productos, excepcionales capacidades de herramientas y experiencia en procesos diversos, aportando productos ligeros e innovadores al mercado. Algunas de las piezas de Cosma son los montajes complejos tales como los rieles del chasis, placas del piso, pilar del chasis superior y estructuras laterales del chasis.

1.1.3 Autotek Industrial de México

Autotek México, es una unidad de negocios de la división de Cosma. Es una empresa proveedora de partes estampadas, ensambles y aplicación de pintura catódica a la industria Automotriz de México, USA, Europa y Asia.

Uno de sus principales objetivos es hacer una propuesta de negocios de alta tecnología, calidad y eficiencia en los procesos de: Soldadura, Estampados y Pintura Automotriz.

1.1.3.1 Misión

Ser la primera opción en Estampados, Ensambles y Aplicación de Pintura catódica para nuestros clientes a través de la excelencia en el servicio y la calidad.

Para nuestros accionistas nuestro objetivo es proveer del mejor retorno a su inversión.

Para nuestros empleados, ofrecemos un ambiente de trabajo sano y seguro donde puedan crecer y desarrollarse tanto humanamente como profesional.

1.1.3.2 Visión

Nuestro Objetivo es ser su Mejor Proveedor en auto partes.

1.1.3.3 Valores

Lealtad, Respeto, Integridad, Verdad. Responsabilidad.

Autotek industrial de México al ser una empresa filial de Cosma, es una empresa que realiza dentro de sus tres plantas chasis y carrocería para sus diferentes clientes como FORD, FCA, Volkswagen, Nissan. Se realiza desde el estampado de las piezas (solo planta Puebla), como también la realización de los sub ensambles y ensambles con soldadura MIG (solo planta puebla), Spot y por proyección: Para las partes con requerimiento de pintura estos se realizan en la estación de pintura de puebla.

1.1.3.4 Cliente

Actualmente AUTOTEK industrial de México tiene como cliente FORD es cual provee partes de carrocería para el FORD Mustang Mach E, como los parachoques, el piso delantero y trasero, el panel frontal y los largueros delanteros.

Del cual como caso de estudio para este proyecto de tesis se realizará para el parachoques delantero.

1.2 Justificación

En este trabajo de tesis se demostrará el mejoramiento de una línea de producción de piezas aluminio, de acuerdo con los estándares que demanda la industria automotriz y que está en crecimiento en nuestro país para la producción futura.

El uso de este material conlleva grandes ventajas al medio ambiente: por la ligereza del material supone una reducción del peso del vehículo de hasta un 30% lo que se traduce en un ahorro de combustible. En términos de reciclabilidad más del 95% del aluminio contenido en los automóviles es recuperado y reciclado.

Actualmente el uso de aluminio en automóviles va aumentando cada vez más, con el fin de reducir peso en el vehículo, por tener una alta conductividad térmica, una resistencia a la corrosión superior al acero, una rigidez torsional mejorada y una mejor predisposición al reciclaje.

La mejora de procesos es la actividad de analizar la manera y las formas de procesos, que se lleva a cabo en la actualidad dentro de una organización o administración, se analiza, revisa y se realiza adecuaciones para minimizar los errores y la ejecución de la mejora continua. Mejorar un proceso de producción es de gran importancia para reducir costos. satisfacer las necesidades del cliente, tener un entorno de trabajo seguro, tener tiempos para mantenimientos preventivos, tener un buen flujo de materiales de entrada y salida, tener un mejor control de calidad del producto.

Con la formación de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Automotrices el estudiante tiene los conocimientos suficientes para desarrollar el trabajo propuesto, tomando como base las siguientes materias: "Industria y procesos de manufactura", "Sistemas de gestión de calidad", "Seguridad industrial y ambiental", "legislación de la industria automotriz", "Logística y cadena de suministros" y "Administración de recursos".

1.3 Objetivos

Definir una propuesta de diseño de la línea de producción del parachoques del FORD Mach E conforme los requerimientos del cliente.

1.4 Objetivos específicos

- Proponer layout del proceso de producción del parachoques.
- Evaluar mediante una simulación de dimensiones la propuesta del layout.
- Realizar pruebas en vacío para ver el comportamiento de la línea de producción.
- Evaluar los tiempos de proceso de producción.
- Evaluar los resultados de las primeras pruebas, antes de el inicio de producción.

Capítulo 2

Marco teórico

Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo y las áreas de conocimiento que son pertinentes para abordar su desarrollo recurrí a diversos autores que han realizado sus aportes teóricos y metodológicos sobre el desarrollo de líneas de producción para carrocerías.

A partir de la información obtenida nos servirá de guía para establecer la mejor estrategia para hacer la propuesta de la línea de producción para el ensamble final, cumpliendo con los requerimientos de soldabilidad y el tiempo ciclo.

2.1 Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se escogió como diseño metodológico el estudio de campo. Los datos de interés para el mismo se recogieron en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto de los autores, así también con simulaciones de tiempos y movimientos debido a la complejidad de la línea.

La metodología se trabajará con el siguiente orden para el diseño de la línea:

1. Recopilación de información: Se recopiló la información que se tiene (maquinaria, planos, área de la línea de ensamble).
2. Diseño de primera propuesta de plano: como base de la propuesta de la línea de ensamble y mediante trabajo en equipo se propondrán ideas para la ubicación de las máquinas y como se efectuarán las operaciones de la línea.
3. Evaluación mediante simulación: Se evaluará la capacidad de la línea mediante simulaciones digitales y estudios de tiempos de movimientos.
4. Ideas de mejora: obteniendo datos de las simulaciones se implementarán ideas de mejora para evitar tiempos muertos, mejoras en el proceso y así también para la ergonomía de la línea.
5. Evaluación de primeras pruebas: Se evaluarán los datos del funcionamiento de la línea cuando ya se encuentre instalada en el piso de producción.
6. Conclusiones y propuestas de mejora: los datos analizados, y sintetizados permitieron obtener conclusiones sobre los principales aspectos de la organización y sus procesos en el diseño de la línea; la cual queda abierta a propuestas de mejora según la demanda del cliente.

Los clientes hoy en día perciben el valor de un automóvil en base a su estructura, movilidad, apariencia y sus opciones de infoentretenimiento, a partir de esto los

ingenieros automotrices desarrollan vehículos que integren las solicitudes del cliente creando nuevos diseños y dando un valor agregado a los vehículos que difieran contra sus competidores, el cual también debe de cumplir con las regulaciones de la industria. Un vehículo se compone por los siguientes subsistemas:

- Tren de potencia
- Chasis
- Molduras interiores y exteriores
- Carrocería

El rendimiento de un vehículo está basado en la integración de todos los subsistemas, tomando en cuenta el diseño, la dureza, la rigidez, absorción de energía, resistencia a las abolladuras. Para lograr esto los ingenieros deben de seleccionar el material, las formas específicas considerando su manufacturabilidad. La manufacturabilidad de la estructura de un automóvil se rige en términos de las formas del diseño, la forma de las uniones (soldaduras y adhesivos), las superficies y los costos. Estos hechos motivan al entendimiento de los procesos de manufactura automotriz y sus sistemas, en general los costos determinan el diseño de las piezas, sus formas y funcionalidad.

Las actividades de la manufactura automotriz son analizadas en dos niveles; los sistemas de manufactura y los niveles de proceso. Los sistemas de manufactura investigan tres diferentes aspectos: la línea de producción (aspectos estructurales), que cubren a la maquinaria, los equipos de manejo de material, los recursos laborales y la asignación de las diferentes actividades. Los aspectos de transformación que ven las partes funcionales para convertir materiales en bruto en producto terminado o semiterminado. Las actividades de transformación que incluye todos los estampados, fundición, soldadura, maquinados y pintura dentro de la planta. El tercer aspecto se enfoca al proceso, que describe los procesos de operación y sus estrategias; este aspecto se divide en dos diferentes niveles: las estrategias de nivel que identifican el tipo de producto, el volumen (plan de producción), las condiciones del ambiente de operación (quejas del cliente y problemas regulares). Adicionalmente, el plan estratégico incluye la asignación de recursos en la ensambladora.

El segundo nivel operacional está enfocado en el control de producción, cumpliendo el plan estratégico de acuerdo con lo planeado, la implementación, el control y el monitoreo de todas las actividades. Estas actividades son categorizadas por:

1. Planificación de producción agregado que sugiere un plan de producción basado el volumen requerido del producto usando una unidad genérica en

otra plataforma de vehículo, para incrementar la confianza en la información pronosticada.

2. Planificación de procesos de producción que controle las técnicas de producción usadas, adicionalmente las rutas de proceso y sus secuencias.
3. Programación de producción que determine los tiempos del plan de implementación para cada trabajo en el proceso.
4. Implementación de producción que se debe de ejecutar de acuerdo con el plan de producción, en base a la programación y recursos asignados.
5. Control de producción para medir y reducir las desviaciones del plan y la programación.

Otro punto de vista importante en los sistemas de manufactura automatizada es tener en cuenta información, materiales, flujos de valor agregado en la planta. Los materiales en bruto y su suministro para la carga y descarga del material suministrado, los sistemas de manejo de material y la distribución de material. Tener una información de flujo definida, nos es de gran utilidad para sincronizar el ritmo de producción y control de calidad, en caso de requerimiento de baja o alta demanda de volumen se debe de usar los planes de control, para acoplarse a ese ritmo teniendo los parámetros de producción y calidad bajo control.

Los procesos de manufactura automatizada están divididos en dos plantas: las plantas de ensamble y las plantas de tren motriz. Cada planta está especializada en diferentes procesos de transformación y convierte diferentes materiales en bruto en producto terminado. Pero ambas deben de estar sincronizadas en tiempo en sus salidas de producto terminado para completar el vehículo.

Una planta de ensamble automatizada es responsable de la fabricación de la carrocería completa, empezando por los rollos de aceros o aluminios y terminando con la carrocería pintada. Adicionalmente componentes del chasis, las molduras interiores y exteriores deben estar incorporadas en la carrocería.

Una secuencia de ensamble empieza con el recibimiento del rollo de acero o aluminio el cual ya debe tener las pruebas necesarias para verificar que se ocupa el material correcto, el rollo se coloca en la prensa para revisar la superficie de estampado, para después dar inicio al ciclo de presado para obtener uno de los diferentes estampados del vehículo. Aproximadamente la carrocería tiene de 300 a 400 piezas estampadas. Algunos paneles afectan la geometría y apariencia final del vehículo, por lo que algunas compañías automotrices trabajan con la misma plataforma para distintos vehículos. Los paneles específicos que hacen la diferencia para cada modelo que comparten plataforma son el techo, el maletero, el piso, el módulo frontal, los paneles traseros y las puertas. En la figura 1 se muestra donde se distribuyen los diferentes paneles de la estructura del vehículo.

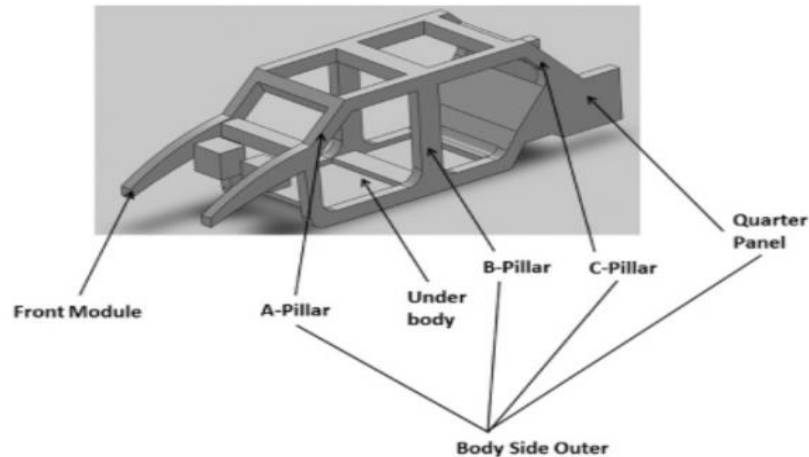


Figura 1. Diferentes paneles de la estructura del vehículo.

Después del proceso de estampado algunos de los paneles son unidos para crear subensambles en celdas de soldadura, en el caso de algunos estampados como las puertas aparte de la soldadura spot estos llevan adhesivos para garantizar una mejor unión con las soldaduras.

En el área de carrocería los diferentes paneles son unidos con el chasis, empezando por el piso, y luego por los laterales, unidos por soldadura spot, el cual un carro lleva aproximadamente 5000 puntos de soldadura spot, las partes que van por debajo de la carrocería son unidas con soldadura MIG. Todas las celdas de soldadura están controladas y monitorizadas por un PLC que a su vez estos están conectados a un PLC maestro que recaba los datos de las operaciones de cada celda.

Para completar la carrocería se pasa al proceso de pintura, el cual se limpia la carrocería con un proceso de inmersión, en el cual se adhiere una capa de fosfato de hierro o fosfato de zinc, para después ser cubierto por una capa de electrodos que ayuda a la mejor adherencia de la pintura; para continuar con el proceso de pintura aplicando primero el primer, luego la capa principal y al final una capa protectora. Terminando el proceso de pintado se continúa con el proceso de ensamble final donde se colocan todas las piezas para tener el vehículo completo.

2.2 Estampados y formación de metal

La conformabilidad de las láminas de metal es uno de los pasos más importantes en las actividades de fabricación de automóviles, ya que es el factor decisivo en la forma de la carcasa del vehículo (estilo), la geometría (ajuste y acabado) y el rendimiento (ruido del viento, fugas de agua).

Además, el desarrollo y la aprobación de los troqueles de estampado son los esfuerzos más costosos y que requieren mucho tiempo durante el diseño y lanzamiento de un nuevo vehículo. El proceso de aprobación del troquel puede

consumir aproximadamente 50 semanas antes del inicio de la producción (SoP) para lograr la validación dimensional final.

El estampado de láminas de metal puede definirse como el proceso de cambiar la forma de la pieza en bruto de la lámina de metal a una forma útil en el estado de deformación plástica, usando un troquel y una prensa mecánica; el estampado se considera un proceso de conformación de red. Sin embargo, los esfuerzos de ingeniería de estampado no se limitan a la ingeniería de producción (es decir, la proceso de estampado) pero también incluye el desarrollo de las herramientas requeridas (es decir, ingeniería de estampado). Dichas herramientas incluyen la fabricación de troqueles además de los accesorios y las herramientas de automatización, como los mecanismos de transferencia típicamente equipados con ventosas o ventosas electromagnéticas. Para el proceso de fabricación de troqueles, la ingeniería de estampado comienza con la forma de panel deseada proporcionada por el diseñador en un archivo CAD, además de las propiedades mecánicas del panel buscadas, como la resistencia a la abolladura (es decir, el límite elástico).

Los diseños de troqueles exitosos se construirán y validarán a través de una serie de pruebas en la instalación de fabricación de troqueles y luego en la línea de estampado, utilizando diferentes números de piezas (prototipos) y estrategias de validación dimensional (construcción funcional, construcción funcional de eventos). Finalmente, la automatización y las herramientas auxiliares se construyen para cada troquel aprobado para la producción en serie.

Por otro lado, el proceso de estampado comienza con las bobinas de acero y aluminio proporcionadas por los molinos con espesores específicos, topografía de superficie, anchos y tratamientos térmicos. Las entradas adicionales a la prensa de estampado son: el troquel (alternar, progresivo), los lubricantes (agua o aceite), las condiciones de tonelaje y otros ajustes del proceso, como los espacios libres. Generalmente, el proceso de estampado constituye las siguientes operaciones principales; actividades de supresión (o preparación en blanco), estampado (conformado) y montaje.

2.2.1 Estampados de aluminio

La metalurgia de aluminio permitió su aplicación como material estampado, formado en las mismas prensas que el acero y utilizando prácticas de formación similares. El uso de prensas de estampado para deformar piezas de aluminio facilita la adopción del aluminio en la industria automotriz y permite la construcción de estructuras de carrocería híbridadas completas en una instalación de estampado

OEM, lo que reduce el costo de los subcontratos y la logística involucrada. El aluminio se usa típicamente para los paneles del cuerpo que no requieren procesos de deformación importantes, como los paneles planos o semiplanos. El capó del vehículo. Los diseñadores también han seleccionado aluminio para el capó del vehículo porque no solo reduce el peso total del vehículo en un buen porcentaje (debido a su tamaño), sino que también se puede configurar el diseño del capó (interior y exterior) para aumentar la rigidez de la campana de aluminio sin un mayor engrosamiento del panel usado. Aunque el aluminio tiene una densidad que es 1/3 de la del acero, el módulo de Young es casi 1/3 de la del acero. El módulo de Young tiene un impacto directo en la rigidez del material, cuanto mayor sea el módulo, mejor será la rigidez.

El aluminio posee las siguientes características ventajosas: peso ligero (debido a su baja densidad, 1/3 de acero), buen comportamiento a la corrosión (debido a la estabilidad de la capa de óxido de aluminio), su resistencia relativa (aún más débil que el acero) y su reciclabilidad, que aún se ve desafiada por los esfuerzos de clasificación y recolección debido a la falta de grandes estructuras de aluminio (como barcos, edificios o puentes). El aluminio viene en dos grupos diferentes desde el punto de vista de la fabricación: aluminio forjado y fundición de aluminio.

La designación de las aleaciones de aluminio describe el elemento de aleación principal a través del primer número, p. 2XXX se refiere al cobre como el principal elemento de aleación, mientras que el 3XXX se refiere al manganeso, el 4XXX al silicio, el 5XXX al magnesio, el 6XXX al magnesio y el silicio, el 7XXX al zinc. El segundo número en la designación de la aleación se refiere a las modificaciones, si las hay, si no se aplican modificaciones a la aleación, entonces debería leer 0, mientras que los dígitos tercero y cuarto se refieren al número de aleación dentro de esa serie. Las principales aleaciones de Al utilizadas en carrocerías de automóviles son:

- El 2XXX: especialmente, el 2008, 2010 y 2036, que experimentan el fortalecimiento del horneado, lo que aumenta la resistencia del panel final; sin embargo, con el 2036 que tiene el mayor valor de resistencia, también tiene la peor formabilidad.
- El 5XXX: especialmente, el 5182, 5454 y el 5754, que no poseen ningún endurecimiento por deformación durante el proceso de cocción, pero al mismo tiempo estas aleaciones tienen la mejor formabilidad. Pero 5XXX puede usarse para paneles exteriores debido a la formación de bandas de Lueder en sus superficies cuando se deforma.
- El 6XXX: especialmente, el 6022, el 6111 y el 6009. Estas aleaciones pasan por un proceso de endurecimiento de horneado, con el 6111 con la mayor resistencia,

el 6009 tiene una buena formabilidad en el modo de flexión, y el 6111 muestra un buen alargamiento mientras está en El modo de estiramiento.

- La serie 7XXX se utiliza principalmente para extrusiones de Al.

La designación de tratamiento de temple para las aleaciones de Al viene inmediatamente después de la designación de la aleación y se define según Kauffman (en Kutz, 2002):

- F: Fabricado, que se aplica a los productos de Al forjados o fundidos que se realizan a través de un proceso de conformado sin control específico / control térmico / monitoreo especial o sin un proceso de endurecimiento por deformación.
- O: recocido, que se aplica a las aleaciones de Al forjado que se recocen para lograr un temple de menor resistencia, generalmente aplicado para aumentar la trabajabilidad, y también para fundir productos que se recocen para mejorar la ductilidad y la estabilidad dimensional.
- H: endurecimiento por deformación, que describe las aleaciones con su resistencia mejorada a través del proceso de endurecimiento por deformación. También se pueden aplicar tratamientos térmicos adicionales.
- W: solución tratada térmicamente, que define las aleaciones que envejecen naturalmente en un proceso de tratamiento con solución caliente.
- T: aleaciones tratadas térmicamente que se utilizan para lograr temperamentos estables (que no sean una designación F).

La designación adicional de las aleaciones tratadas térmicamente, es decir, la designación T, sigue la siguiente secuencia: el primer dígito define las secuencias específicas de tratamientos básicos con los números 1 - 10 utilizados para identificar las siguientes condiciones de tratamiento:

- T1: Enfriado por un proceso de modelado a temperatura elevada y envejecido naturalmente a una condición estable.
- T2: Enfriado por un proceso de modelado a temperatura elevada, trabajado en frío y luego envejecido naturalmente a una condición estable.
- T3: solución tratada térmicamente, trabajada en frío, luego envejecida naturalmente a una condición estable.
- T4: solución tratada térmicamente, luego envejecida naturalmente hasta una condición estable.
- T5: Enfriado por un proceso de modelado a temperatura elevada y luego envejecido artificialmente.

- T6: Solución tratada térmicamente y luego envejecida artificialmente.
- T7: Solución tratada térmicamente y sobre envejecida / estabilizada.
- T8: solución tratada térmicamente, trabajada en frío y luego envejecida artificialmente.
- T9: solución tratada térmicamente, envejecida artificialmente y luego trabajada en frío.
- T10: Enfriado por un proceso de modelado a temperatura elevada, trabajado en frío y luego envejecido artificialmente.

Los principales elementos de aleación en algunas de estas aleaciones de Al se muestran en la Tabla 1, que muestra los porcentajes en peso, mientras que la Tabla 2 muestra la evaluación de algunas de las aleaciones de Al con respecto a los procesos involucrados en la fabricación de automóviles. La figura 2 muestra el endurecimiento por deformación y horneado que sufren las aleaciones de Al.

Tabla 1. Principales elementos de aleación de grados de aluminio.

Designación de aleación	Fe	Si	Cu	Mn	Cr	Zn	Mg
2008	0.40	0.50	0.70	0.30	0.10	0.25	0.35
2010	0.50	0.50	0.90	0.20	0.15	0.30	0.60
5182	0.35	0.20	0.15	0.35	0.10	0.25	0.50
5754	0.40	0.40	0.10	0.50	0.30	0.20	3.00
6009	0.50	0.70	0.35	0.45	0.10	0.25	0.65
6111	0.40	0.85	0.70	0.35	0.10	0.15	0.80

Tabla 2. Las principales características de formabilidad de los grados de aluminio.

Serie de aleaciones de aluminio	Formabilidad	Soldabilidad (arco)	Soldabilidad (punto de resistencias)
2XXX (serie 2008 & 2010)	Formabilidad media	Soldabilidad media	Soldabilidad media
6XXX (serie 6009, 6022, 6111)	Formabilidad media	Soldabilidad media	Soldabilidad excelente
5XXX (serie 5740 & 51820)	Formabilidad excelente	Soldabilidad excelente	Soldabilidad baja

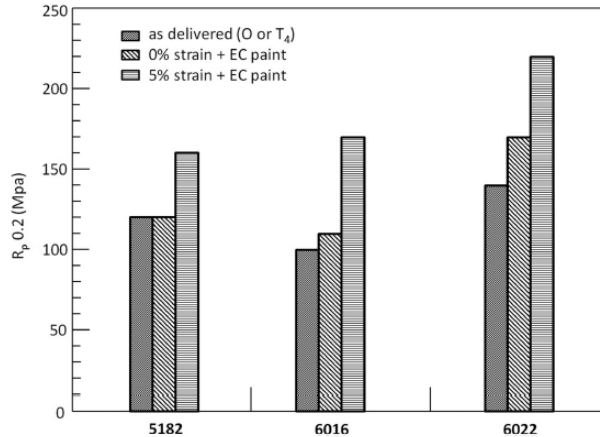


Figura 2. Endurecimiento por deformación y horneado que sufren las aleaciones de Al.

Los diseñadores de los paneles del cuerpo estudian y analizan los requisitos funcionales de cada panel y seleccionan el grado de aluminio, el tratamiento térmico y el grosor adecuados, para que pueda reemplazar el diseño de acero actual.

Sin embargo, aumentar el grosor de los paneles de Al negará el ahorro de peso neto obtenido con el uso de Al. Un mejor reemplazo analizará la resistencia a la abolladura en función del grosor del panel, su límite elástico, la forma y, finalmente, el área no admitida. Por lo tanto, manipular la forma y reducir el área no compatible tendrá el mismo efecto que aumentar el grosor sin agregar peso adicional.

Sin embargo, el acero y el aluminio tienen casi la misma frecuencia natural. La frecuencia natural de un panel depende de su rigidez (linealmente proporcional) que está controlada por la geometría del panel y el módulo de Young. Además, la frecuencia natural también se ve afectada (inversamente proporcional) por la masa del panel, es decir, la densidad.

El acero tiene un módulo de Young y una densidad tres veces mayor que la del aluminio. Por lo tanto, la respuesta de vibración del panel Al será similar a la del acero, dado que ambos paneles tienen la misma geometría y grosor. Desde el punto de vista de la formabilidad, el aluminio es menos sensible a la tasa de deformación, lo que afecta sus características de resistencia al choque. Sin embargo, los avances recientes en el diseño del panel de Al y las zonas de aplastamiento han dado como resultado mejores resultados de la prueba de choque. Además, la conformabilidad de una aleación típica de Al se evalúa en aproximadamente 2/3 de la de un grado de acero DQ, con un retroceso más severo debido al bajo valor del módulo de Young. Otras características únicas de estampado de Al son:

- La necesidad de lubricación o limpieza para ambos lados de la pieza en bruto.
- El Al funciona mejor en el dibujo en el modo de deformación por estiramiento.

- El valor de Al es aproximadamente el 60% del del acero.
- Las aleaciones de Al son más sensibles a la orientación desde la dirección de rodadura, es decir, una anisotropía plana más alta que la de las calidades de acero.

La prueba de tensión estándar para Al se muestra en la Figura 3 en relación con la del acero. Además, la figura 4 muestra la comparación de formabilidad entre aluminio y acero usando FLD

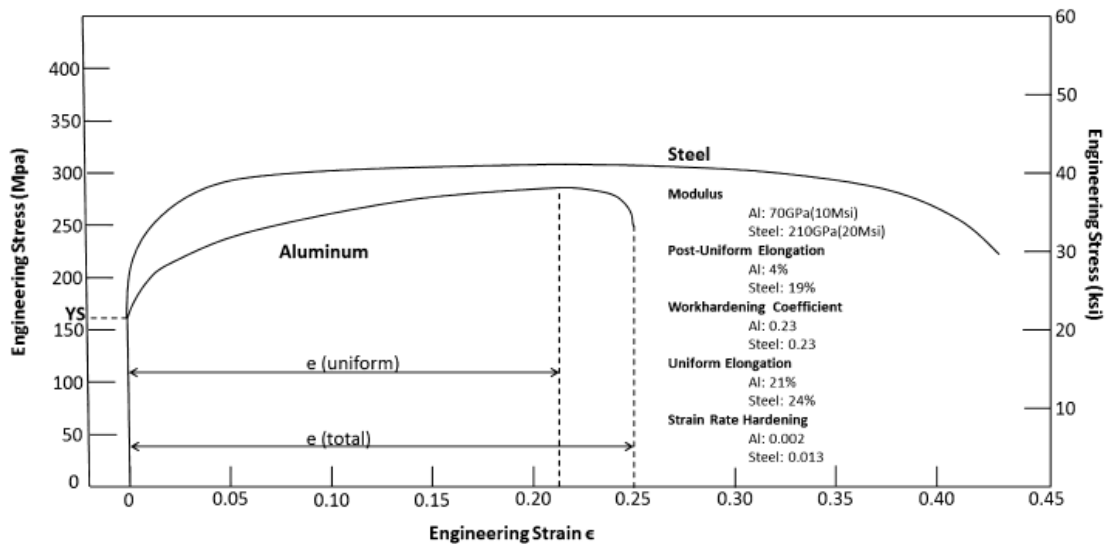


Figura 3. Comparación detallada de la prueba de tensión estándar entre acero y aluminio.

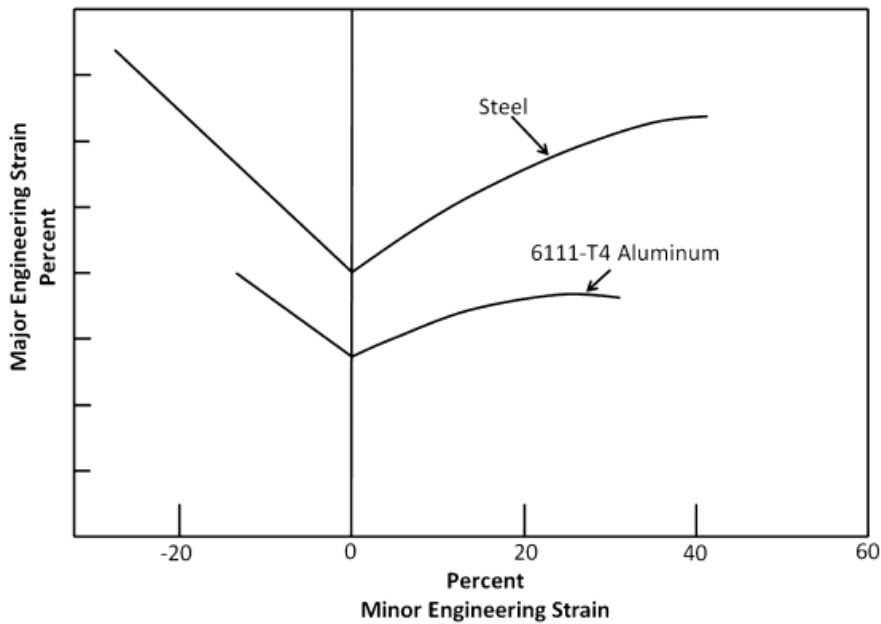


Figura 4. La comparación de formabilidad entre aluminio y acero usando FLD.

Otras recomendaciones con respecto al diseño de la pieza son: evitar cambios abruptos en la sección transversal de los paneles; se deben usar cuentas de dibujo poco profundas para aplicaciones de tapas y tapas de cubierta, mientras que se deben aplicar cuentas completas para dibujos más profundos como el caso en el interior de las puertas; y las perlas de bloqueo deben usarse para paneles planos o semiplanos como el techo.

2.3 Soldadura

Como se menciona en el capítulo 2.1 uno de los procesos de transformación de autopartes es la soldadura. Los procesos de soldadura son sencillamente esenciales para la industria automotriz, ya que tienen injerencia en gran parte de los procedimientos, desde la fundición, ensamblado, blindaje, y estampado; brindándonos a la vez diversos retos, ya que cada parte y proceso utiliza diferentes componentes, materiales de aporte, velocidades, fuerzas, y en general, tipos y características distintas de soldadura.

Por lo tanto, la calidad de la soldadura será vital para sus procesos, mejorando no solo la productividad y rapidez de estos, sino también el rendimiento y la vida útil de los vehículos terminados.

Por otro lado, no sólo en la manufactura y ensamblado del automóvil, es donde la Soldadura tiene una gran importancia, sino también en todos los niveles de producción de la industria automotriz, es decir en la manufactura de componentes menores y mayores, así como para las distribuidoras del llamado “segmento de repuesto o aftermarket”, es decir talleres, refaccionarias, y demás servicios mecánicos.

Entre otras, usted podrá encontrar una presencia esencial de la Soldadura, en la manufactura de autopartes y refacciones para:

- Sistemas de suspensión.
- Frenos y sistemas de frenado.
- Carrocería.
- Componentes electrónicos.
- Componentes eléctricos.
- Sistemas de tracción.
- Alimentadores.
- Sistemas de escape.

La soldadura para procesos de ensamble de chasis, regularmente se utilizan los siguientes tipos de soldadura:

- MIG: La soldadura con gas protector de metal es un procedimiento de soldadura con arco eléctrico en el que un electrodo de hilo sin fin se funde bajo una cubierta de gas protector.
- TIG: Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, que se establece entre un electrodo de tungsteno y la pieza a soldar, bajo la protección de un gas inerte que evita el contacto del aire con el baño de fusión y con el electrodo, que se encuentran a alta temperatura.
- SPOT: En la soldadura por puntos los dos electrodos de soldadura ejercen presión sobre los componentes. A continuación, se conecta la corriente de soldadura. La resistencia de contacto crea un calentamiento termoeléctrico. Este calentamiento produce una fundición.
- Laser: Es un proceso de soldadura por fusión que utiliza la energía aportada por un haz láser para fundir y recristalizar el material o los materiales a unir, obteniéndose la correspondiente unión entre los elementos involucrados. En la soldadura láser comúnmente no existe aportación de ningún material externo. La soldadura se realiza por el calentamiento de la zona a soldar, y la posterior aplicación de presión entre estos puntos.

2.3.1 Soldadura MIG (Metal Inert Gas)

La soldadura MIG se puede aplicar a diferentes partes de las piezas a soldar, principalmente este tipo de soldadura nos sirve para los aceros, pero se pueden utilizar para otro tipo de materiales. La soldadura MIG el electrodo debe coincidir con el material de sustrato y el gas de protección debe de seleccionarse en función a las características del metal base, generalmente el material de sustrato reacciona con el oxígeno. La soldadura MIG Puede utilizarse para unir paneles con espesor mínimo de 0.04mm. Y este tipo de soldadura puede controlarse en tres diferentes niveles de variable de soldadura.

Variable predefinida: Esta variable no puede ser cambiada durante el proceso de soldadura como el tamaño y tipo de electrodo, el tipo de soldadura y la composición del gas de protección. Estas variables son seleccionados en base a la geometría del tipo de unión y a la composición de los metales utilizados.

Variable primaria ajustable: Es utilizada para cambiar las características de la soldadura en términos de profundidad de penetración y el ancho del cordón de la soldadura. Estas variables incluyen la variación de la velocidad de la soldadura, el voltaje del arco y el amperaje de soldadura.

Variable secundaria: Está relacionada al proceso de aplicación, tomando en cuenta la manipulación de la antorcha de soldadura en términos de la distancia de la punta

con el material a soldar y el ángulo de la tobera. En la figura 5 se muestra el efecto de la distancia de la punta con el ancho del Cordón de soldadura.

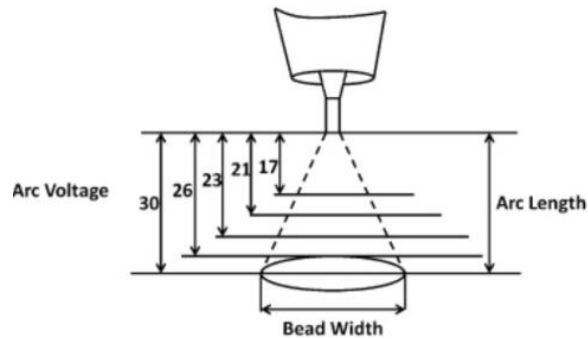


Figura 5. Efecto de la distancia de la punta con el ancho del cordón de soldadura.

En la soldadura MIG, el ajuste y configuración correcto de las variables en un proceso de soldadura controlado, es esencial para depositar un buen cordón de soldadura aplicando el ancho y perfil correcto, y con una buena penetración de soldadura. La interacción de estas variables se muestra en las figuras 6, 7 y 8. Muestran el impacto en termino de penetración de soldadura, ancho y perfil(altura) del cordón respectivamente.

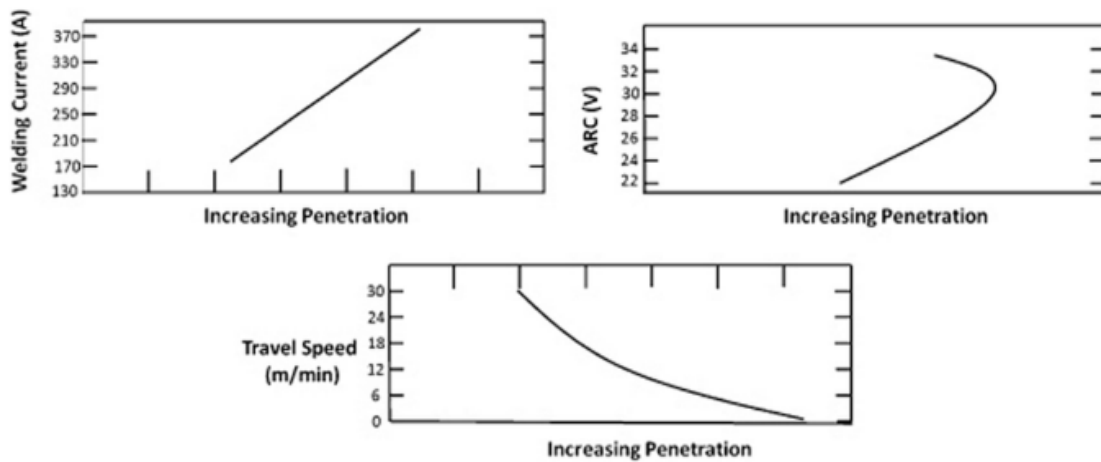


Figura 6. Variables de control de soldadura y su efecto en la penetración. Taylor Francis 1995.

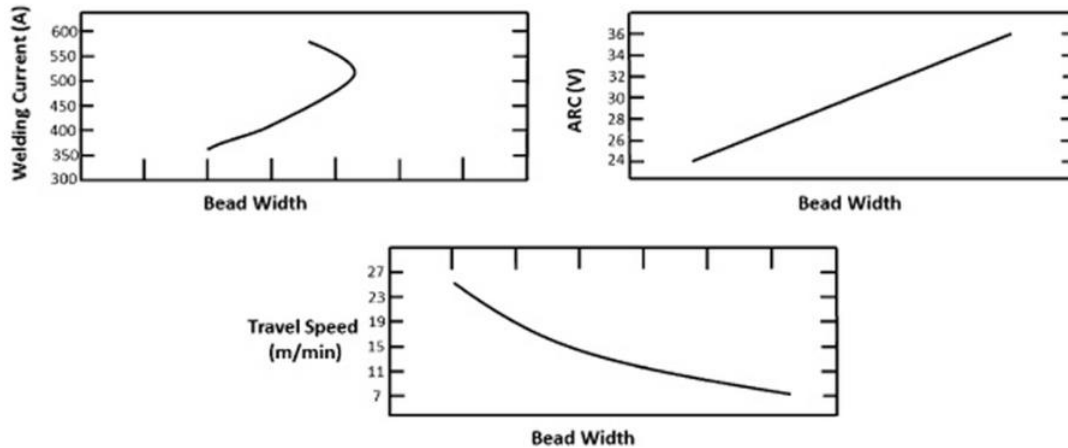


Figura 7. Variables de control de soldadura y su efecto en el ancho de cordón. Taylor Francis 1995.

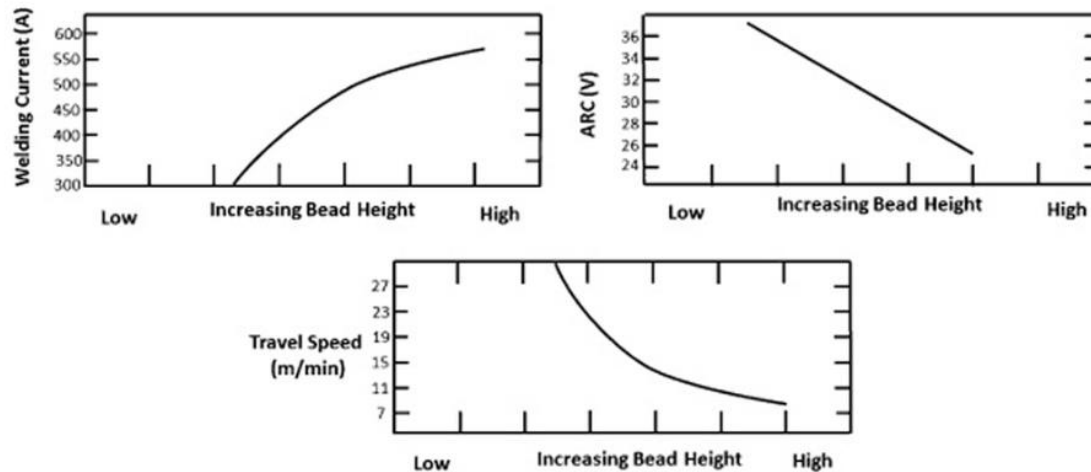


Figura 8. Variables de control de soldadura y su efecto en el perfil del cordón. Taylor Francis 1995.

El mecanismo de transferencia del material del electrodo sobre el arco en el charco de soldadura es muy importante para el proceso de soldadura MIG. Hay cuatro modos de transferencia.

1. El modo transferencia en spray que se distingue en función: por el tamaño de la gota del metal, la frecuencia y características sobre el arco. La transferencia en spray tiene lugar en las altas densidades de corrientes, usa un diámetro pequeño de electrodo, obteniendo como resultado un goteo de menor tamaño que el diámetro del electrodo, para que este tamaño de gota

conduzca una baja eficiencia de disposición, con poca salpicadura. Este modo de transferencia es común con gases de protección de argón.

2. Transferencia globular, con goteo de tamaño similar con el electrodo utilizado, produce salpicadura mientras suelda. Este modo de transferencia es común con gases de protección de CO₂.
3. Cortocircuito, el corto circuito sucede por la alta velocidad de alimentación del alambre de soldadura que hace que se contraiga con el charco de soldadura. así, la tensión superficial del charco de soldadura dibuja el material de alambre fundido, Este modo de transferencia es limitado a los aceros por el uso de CO₂ como gas de protección.
4. Espray por pulsos, requiere un suministro especial de energía para suministrar el metal por pulsos en el charco de soldadura. Esta transferencia es similar la transferencia por espray, pero con un mejor control de disposición, adicionalmente el goteo de material se realiza de una manera más uniforme reduciendo la salpicadura. El tamaño de goteo es similar al de la transferencia globular, pero en forma de espray, por lo que la transferencia de espray por pulsos tiene la ventaja de la transferencia globular en términos de disposición y en espray en términos de salpicaduras.

Los tipos de transferencia de electrodo están mostrados la figura 9.



Figura 9. Tipos de transferencia de electrodo.

El diseño de un proceso de soldadura MIG se deben de tomar en cuenta el gas de protección en el ambiente (tipo y la tasa de flujo), el suministro de energía (corriente directa, corriente alterna o corriente por pulsos), el alambre de soldadura (flujo de alimentador y material), la velocidad de soldadura y la configuración. Estos elementos se deben de usar en consideración a las características del metal base y su afinidad con el oxígeno y sus propiedades térmicas.

Algunos defectos en la soldadura MIG son los siguientes: solidificación no uniforme del cordón, inclusión, fusión incompleta del cordón, excesiva salpicadura de soldadura.

- Solidificación no uniforme, esto se presenta cuando el Cordón de soldadura se solidifica por partes, haciendo varias camas de cordón. Este problema se presenta regularmente por un mal ajuste en el voltaje o corriente de la planta de soldar, la alta velocidad de la antorcha que hace que el goteo se solidifique más rápido, también por gases que se escapan de la unión y así también por contaminantes en el metal base o en el alambre de soldadura.
- Inclusión, por lo regular cuando se adhiere escoria u óxido en el cordón. Estos contaminantes hacen menos resistente la soldadura, por que producen grietas en la estructura de la soldadura. La adherencia de oxido es más severa cuando se suelda aluminio o acero inoxidable debido a la gruesa capa que queda en la superficie del material.
- Fusión de soldadura incompleta, este defecto aparece cuando se usa la transferencia en corto circuito debido a la baja penetración de la soldadura, así también por la velocidad de soldadura, una baja corriente en la planta de soldar, por lo tanto, causa una fusión incompleta.
- Salpicadura excesiva de soldadura, la cantidad de salpicadura en un proceso de soldadura MIG depende del modo de transferencia del metal. El exceso de salpicadura es una salpicadura que dificulta el flujo del gas protector a través del arco, en adición también afecta la apariencia visual de la unión de la soldadura. La salpicadura es controlada por la corriente de la planta de soldar, también la salpicadura es relacionada por fuego en la soldadura. Para prevenir las salpicaduras cada estación de soldadura debe tener un sistema de escape de gases con filtros.

Otros defectos de soldadura son: perforación del metal, perforación por fuego, estos casos son por que la soldadura se derrite o se quema en la superficie de la unión del material. Adicionalmente las grietas en la soldadura MIG son causadas por la limitante de la unión o por una rápida tasa de enfriamiento. Las grietas en la soldadura se clasifican en grietas frías o calientes. Las grietas calientes se forman por las altas temperaturas de la soldadura que son relacionadas con los altos contenidos de sulfuros y fósforos en la base del metal. Mientras que las grietas duras se forman cuando la unión ya está completamente solidificada y se relaciona principalmente con la fragilidad de hidrógeno.

2.3.2 Tipos de uniones de soldadura

Los cinco tipos básicos de uniones, de acuerdo con el posicionamiento y las aplicaciones en necesidades de ensamblaje (ver figura 10):

- Unión a tope: En partes que se encuentran en el mismo plano y la unión se da en sus bordes.
- Unión en ángulo exterior: En partes que forman un ángulo recto y la unión se da en la esquina del ángulo.
- Unión a solape: En partes que se superponen y ahí se da la unión.
- Unión de bordes o sobre cantos: En partes paralelas y la unión se hace en su borde común.
- Unión en T o unión de ángulo interior: En partes perpendiculares, y cuya unión se da en el punto donde se tocan.

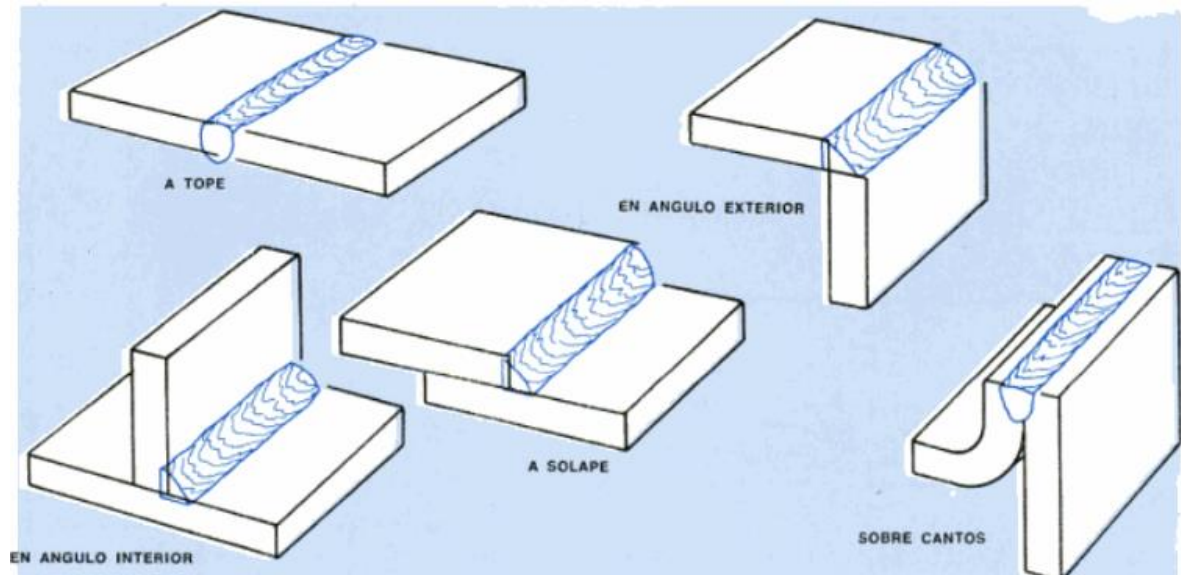


Figura 10. Tipos básicos de uniones de soldadura (Técnica y práctica de la soldadura Cap.4).

2.3.3 Unión del aluminio

Todos los procedimientos de unión para los metales son aplicables también al aluminio, según la norma DIN 8593-6, da una visión sobre la amplitud del dominio correspondiente a los procesos de unión (ver figura 11). El aluminio y las aleaciones a base de aluminio pueden unirse, como otros metales mediante el proceso de soldadura por fusión. Las diferencias en la capacidad de soldadura dependen de las composiciones de la aleación, lo que limitan a la aplicación práctica igual como suceden con los aceros. En la figura 8 se muestra una visión en conjunto sobre los procedimientos utilizables para la soldadura de aluminio.

Las limitaciones en la soldadura se producen por determinados componentes de la aleación o fases de esta, las cuales, debido al calor de la fusión, sufren modificaciones indeseables y provocan un descenso en la resistencia mecánica o grietas en la soldadura.

Debido a que el aluminio tiene una gran afinidad con el oxígeno, en todas las superficies que se ponen en contacto con el aire se forma inmediatamente una capa de óxido, cuyo punto de fusión es de más de 2000°C, que no se alcanza durante la soldadura por fusión por lo que si un cordón de soldadura toca la parte de óxido, este tendría restos de óxido y poseería una resistencia mecánica indefinida y muy escasa, por lo que tendríamos una soldadura no aceptable. Por lo que antes de realizar un proceso de soldadura el aluminio debe llevar un proceso de limpieza.

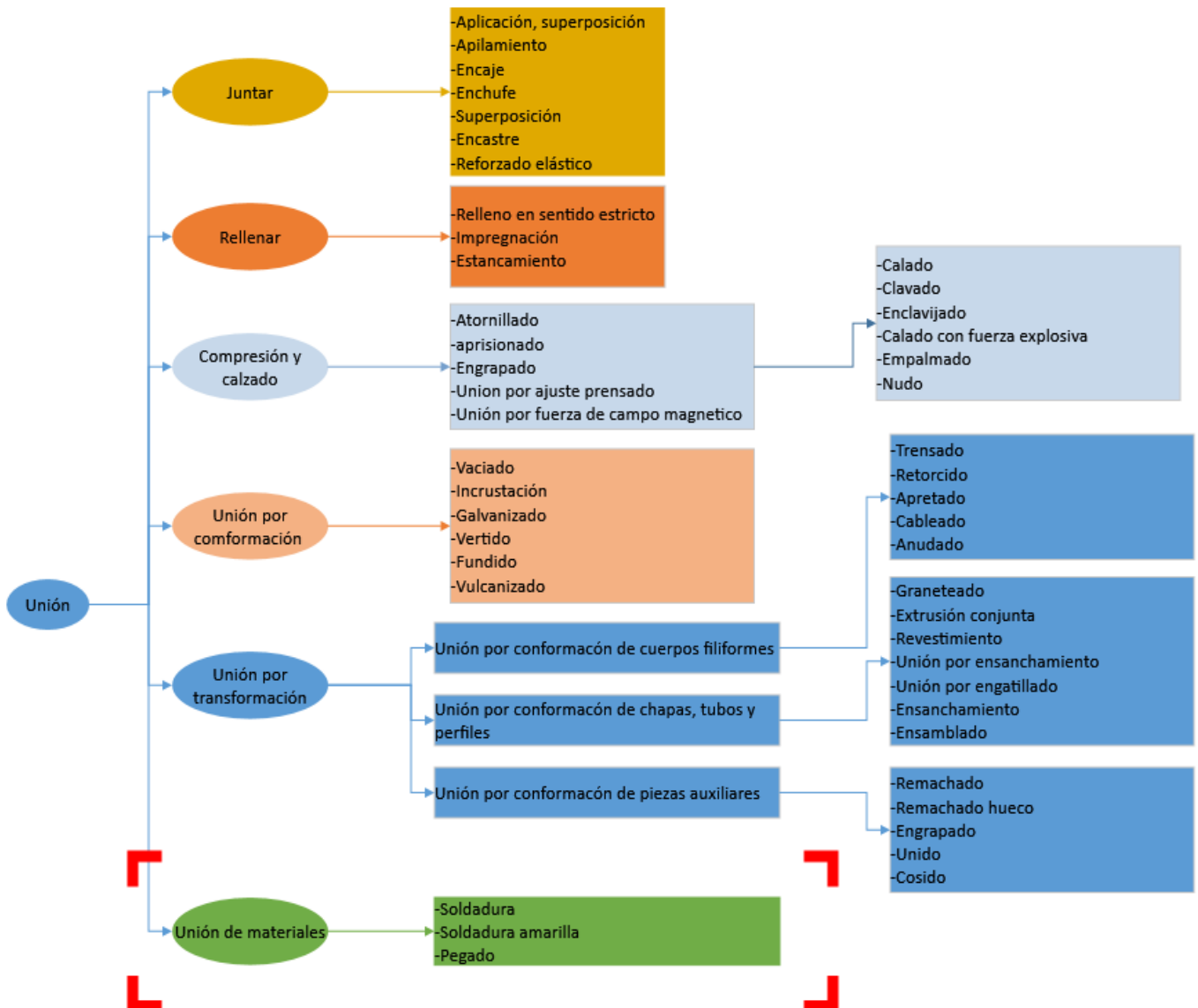


Figura 11. Sistemas de los procesos de unión según DIN 8593.

El aluminio gracias a la formación de la capa de óxido, presenta una extraordinaria autoprotección en un dominio químicamente neutro, lo cual es suficiente para un gran número de aplicaciones. Sin embargo, como se menciona en un punto del capítulo 2.2.1 son necesarias medidas adicionales para cumplir las múltiples exigencias que se imponen en la práctica a las superficies de aluminio. Entre ellas cabe destacar: aspectos decorativos, estabilidad ante la corrosión y resistencia al desgaste. Las superficies que cumplen estas propiedades, incluso en distintas combinaciones, se pueden conseguir mediante una serie de procedimientos de tratamiento superficial mecánico y químico.

Los procedimientos para tratamiento químico superficial se diferencian de acuerdo con el fin que se persigue:

- Desengrasado.
- Tratamiento de ataque superficial (decapado, erosionado, abrillantado, etc.)
- Protección contra la corrosión y obtención de una base apta para adherencia (cromado, fosfatado).

Se requiere un desengrasado previo de las superficies antes de efectuar los tratamientos superficiales específicos, como por ejemplo decapado, cromado, anodizado, galvanizado, lacado, esmaltado y soldadura. El desengrasado de la superficie debe ser muy intenso. En la tabla 3 se muestra los sistemas de limpieza y desengrasante para uso separado y combinado.

El desengrasado con disoluciones orgánicas como percloroetileno, tricloroetileno estabilizado, dilución nítrica y otros tipos análogos para el lavado, permiten tener una superficie suficientemente limpia solo después de lavar con disolvente fresco. En el desengrase de grandes lotes de piezas es ventajosa una instalación de desengrasante por vapor en la que se utilice percloroetileno, tricloroetileno estabilizado y tricloroetano. Si sobre la superficie desengrasada queda aún polvo de esmerilar o de pulir, a pesar de la limpieza previa, es recomendable un rociado a presión de la superficie con disolventes frescos.

Los medios de limpieza alcalinos contienen silicatos que no atacan al aluminio, a pesar del elevado $\text{pH} > 12$, por que se forma una capa de recubrimiento de silicato aluminico. Por esta razón los medios de limpieza a base de silicato son especialmente apropiados para el tratamiento de las aleaciones sensibles por moldeo, en las cuales un tratamiento químico provoca decoloración. Los limpiadores libres de silicatos, con adición de borato/fosfato y un valor de pH entre 9.2 y 9.5 provocan una débil eliminación del metal de aproximadamente 3 a 10 $\text{g/m}^2\text{h}$. Se requiere un lavado profundo con agua, para después lavarse con agua caliente desionizada y luego se seca con aire caliente.

Tabla 3. Sistemas de limpieza y desengrasante para uso separado y combinado.

Medio y tratamiento	Efecto
1. Lejía de sosa fuerte (10 a 20% NaOH), eventualmente con aditivos. 50 a 70°C, es necesario un tratamiento posterior con ácido nítrico frío.	Decapado de la superficie metálica y eliminación de las capas de óxido y productos de corrosión, originados por elevadas temperaturas. El ataque es, a veces, irregular.
2. Ácido nítrico frío/ácido fluorhídrico (15 a 35% HNO ₃ , 1 a 5% HF) Solución de HNO ₃ al 10% para el tratamiento posterior de costuras de soldadura, lavado con agua completamente desalinizada.	Como en 1. El ataque es menor, pero más uniforme.
3. Ácido fosfórico conteniendo plastificante (con aditivos especiales, aplicación en frío y caliente).	Eliminación de productos de corrosión, limpieza y desengrase especialmente activos aplicados en caliente.
4. Lejía de sosa débil conteniendo plastificante (2 a 5%. 70 hasta 90°C, 5 a 10 min).	Limpieza y desengrase por plastificantes y emulgentes, asimismo eliminación de aceites y grasas, así como de partículas sólidas inorgánicas y pequeñas manchas de corrosión.
5. Desengrase hirviendo con limpiadores débilmente alcalinos, libre de silicatos.	Desengrase y ligero decapado, pequeña eliminación de material.
6. Emisiones acuosas de disolventes.	Eliminación de residuos de aceites minerales y pequeñas partículas de polvo.
7. Disolventes orgánicos: percloroetileno, bencina especial, homólogos del benceno, disoluciones de laca y limpiadores.	Eliminación de aceites y grasas minerales, vegetales y animales. Actividad casi nula frente a partículas sólidas, inorgánicas, que se eliminan con simple limpieza, en frío, con un paño. En instalaciones de desengrase en caliente, por el disolvente condensado que se desliza por las piezas.

2.4 Estrategias de layout

Las estrategias de diseño de layout se utilizan para proporcionar una mayor utilización del piso de producción, el equipo y la fuerza de trabajo. En otras palabras, estas estrategias controlan el aspecto de costo fijo de la fabricación de automóviles, representado en el costo del seguro, el HVAC, la iluminación y el equipo. Su objetivo es proporcionar una plataforma espacial optimizada para el flujo de material, el flujo de personas o el movimiento, y la transferencia de información dentro de la planta. Esto permite tasas de producción más altas, una fuerza de trabajo flexible donde las personas pueden intercambiarse entre estaciones e intra estaciones dependiendo de la necesidad de producción o del tipo de producto. El flujo de información optimizado ayuda a ajustar la producción Máxima y mínima instantáneamente, lo cual es importante para detener o ajustar la producción si se

detecta un determinado defecto mientras su causa raíz se separa espacial y / o temporalmente del punto de inspección.

(Hitomi, 1996) resumió los beneficios adicionales de las estrategias de diseño en 1992, como:

- *Minimizar el tiempo de producción.*
- *Mantener la flexibilidad de arreglos y operaciones.*
- *Minimizar el costo de producción.*
- *Minimizar la inversión en el equipo.*
- *Minimice el manejo de materiales, en términos de tiempo, costo y tipo de equipo.*
- *Utilice el espacio existente de manera más efectiva.*

Las estrategias de diseño del espacio de fabricación generalmente se clasifican en cuatro tipos principales, de acuerdo con la naturaleza de la producción en términos de variaciones y volumen del producto, estos tipos son:

2.4.1 La estrategia de diseño de posición fija

Se aplica para optimizar la colocación de objetos voluminosos y grandes que se estacionarían durante la secuencia de producción. La estrategia de posición fija generalmente se usa cuando la variedad y el volumen del producto son bajos y generalmente se dedica a la producción con un pequeño número de máquinas.

2.4.2 La estrategia de diseño orientada al proceso

Está diseñada para entornos de producción donde se fabrican productos de gran volumen y baja variedad. El foco aquí está en el proceso. Esta estrategia se usa típicamente para entornos de taller porque su producto cambia todos los días. Una de las principales ventajas del diseño del proceso es que permite que se fabrique una gran variedad de productos con alta flexibilidad, por lo tanto, es más robusto frente a las variaciones o fluctuaciones del producto. Al mismo tiempo, el diseño del proceso tiende a aumentar los productos semiacabados en el piso del producto, es decir, aumentar los niveles de Trabajo en proceso (WIP), además, este diseño podría poner en peligro las tasas de utilización de la maquinaria y complicar los flujos de material e información. Para resolver estos problemas, se pueden adoptar algunas técnicas de optimización para tener una estrategia de diseño del proceso con un flujo de una sola pieza para reducir el WIP.

2.4.3 La estrategia de diseño orientada al producto

Se aplica a las plantas de producción, donde se fabrican variaciones de producto de gran volumen y baja variedad. El enfoque aquí está en el producto, porque el proceso es repetitivo y continuo, por lo tanto, el diseño de la maquinaria y el flujo de material deben diseñarse para optimizar la fabricación de un producto bien definido en tipo, frecuencia y demanda. Esta estrategia es apropiada para las instalaciones de fabricación de automóviles porque la producción está bien definida en términos de un número específico (típicamente limitado) de modelos de vehículos y volúmenes de producción estables. Para este diseño, la utilización de la maquinaria se especializa de acuerdo con la naturaleza del producto y la secuencia de operaciones basadas en las relaciones de precedencia del producto. Sin embargo, una vez que el diseño se establece de acuerdo con el pronóstico del mercado y el plan de producción, cualquier cambio o interrupción puede afectar la eficiencia y operación general de la planta. Los OEM automotrices han adoptado algunas técnicas complementarias junto con el diseño del producto para mejorar la flexibilidad general de la planta; la mayoría de estas técnicas se basan en crear un flujo de una sola pieza con un sistema basado en extracción.

2.4.4 Las estrategias de diseño celular

Están diseñadas para la producción de volumen medio con variedad de productos media a baja. La estrategia de celda permite un diseño intermedio entre el producto y los diseños del proceso para acomodar los cambios de producción.

2.5 Diseño basado en el producto

En un diseño basado en el producto, el producto es predecible en términos de su volumen y variaciones, por lo que el diseño está optimizado para fabricar este producto de manera consistente y repetible. Por lo tanto, este diseño está dedicado a un producto estandarizado fabricado a través de una secuencia conocida de tareas. Esta estrategia de diseño es la más adecuada para las líneas de fabricación de automóviles, ya que las variaciones del producto generalmente se limitan a pocos modelos de vehículos y el programa maestro de producción define las cantidades de cada variación semanalmente. Al mismo tiempo, esta estrategia de diseño es la más sensible a cualquier interrupción en la demanda y / o cantidad del producto. Por lo tanto, el objetivo principal de un diseño basado en el producto es maximizar la utilización de los recursos y reducir la cantidad de estaciones necesarias para fabricar el producto. Sin embargo, la consolidación de los procesos está controlada principalmente por el diseño del producto, por lo que, para reducir el procesamiento requerido, uno necesita consolidar las partes dentro del producto.

El diseño basado en el producto generalmente se realiza mediante los siguientes pasos:

1. El esfuerzo de procesamiento se determina y se divide en tareas, con su tiempo de ciclo (tiempo de procesamiento necesario) calculado.
2. Se debe consultar la relación de precedencia del producto para determinar la secuencia de operaciones o tareas.
3. Usando el tiempo de actividad (la frecuencia de la frecuencia con la que el cliente tira un producto), el número de estaciones se establece a partir de los tiempos de ciclo conocidos y el tiempo de actividad.
4. Finalmente, las tareas se asignan a las estaciones y se calcula la eficiencia del diseño. Es posible que se necesiten pasos adicionales para ayudar a garantizar que las estaciones estén equilibradas y que se minimice el tiempo de inactividad.

El tiempo de actividad se define como el tiempo de producción disponible por día dividido por la demanda real del cliente del producto por día; matemáticamente como en la ecuación 1; También la definición numérica del tiempo de ciclo puede describirse en la Ecuación 2. Con la diferencia de que el tiempo de actividad supone una perfecta sincronía entre la demanda del cliente y la producción y la tasa de producción, que generalmente se llama producción basada en el sistema de extracción. Por otro lado, el tiempo del ciclo trata con la demanda de un cliente de los datos de pronóstico que luego se traducen en un programa maestro de producción (MPS).

$$t_{\text{actividad}} = \frac{\text{tiempo disponible de produccion/dia}}{\text{demanda acutal del cliente/dia}} \quad (1)$$

$$t_{\text{ciclo}} = \frac{\text{tiempo disponible de produccion/dia}}{\text{demanda planeada pora el cliente/dia}} \quad (2)$$

Realizando los cálculos con la información del producto obtenemos los siguientes resultados

Tiempo de producción al día: 3 turnos, 2 de 7.5 horas y uno de 7 horas=79200seg/día

Demanda actual por día: aproximadamente de 360 partes por día

$$t_{\text{actividad}} = \frac{79200\text{seg/dia}}{360\text{partes/dia}} = 220 \text{ segundos} \quad (1)$$

$$t_{\text{ciclo}} = \frac{79200\text{seg/dia}}{360\text{partes/dia}} = 220 \text{ segundos} \quad (2)$$

Como en los requerimientos del cliente se solicita que las maquinas estén al 80% de su capacidad, con el fin de evitar desgastes de la maquinaria y que se cuente con un tiempo para mantenimientos preventivos sin perjudicar el requerimiento diario se obtiene el siguiente tiempo ciclo.

$$t_{ciclo} = \frac{\frac{79200seg}{dia} * 0.8}{360partes/dia} = 176 segundos (2)$$

Por lo que el diseño de cada una de las estaciones no debe sobrepasar los 176 segundos, para cumplir los requerimientos del cliente.

Capítulo 3

Desarrollo

Una de las problemáticas presentadas con el proyecto de Ford Mach E es que el parachoques delantero este compuesto en su totalidad por partes de aluminio tipo 6; y que para Autotek es primera vez que se trabaja con este material, para la realización del ensamble es necesario integrar al proceso nuevas máquinas como CNC y lavadoras industriales.

El parachoques se compone de las siguientes partes:

- 1 soporte de parachoques (beam)
- 1 plato de soporte en cada lado (derecho e izquierdo)
- 1 crash can grande en cada lado (derecho e izquierdo)
- 1 crash can chico en cada lado (derecho e izquierdo)
- 5 espaciadores en cada lado (derecho e izquierdo)
- 4 remaches

Para el ensamble del parachoques se realizará en un espacio de 25x10 m, el cual contará con los siguientes procesos:

- 2 estación de lavadora
- 2 estaciones de soldadura
- 1 estación de marcaje
- 2 estaciones de maquinado por CNC
- 1 estación de clinchado
- 1 estación de remachado con marcadora.

3.1 Requerimientos del cliente

Tabla 4. Requerimientos del cliente.

Requerimientos del cliente	
Nombre del proyecto:	Ford Mach E
Nombre del ensamble:	Parachoques delantero
Cantidad de piezas al año:	91440 partes/año
Días laborales al año:	254 días
Numero de turnos al día:	3 turnos
Requerimiento de trabajo de maquina:	80% de su capacidad
Número de piezas por hora en capacidad de maquina al 100%:	16.363 piezas/hr
Número de piezas por hora en capacidad de maquina al 80% (requerimiento cotizado por el cliente):	13.1 piezas/hr

Para el diseño de proceso del siguiente caso de estudio, corresponde a lo dicho por Mohammed A. Omar. Donde el proveedor AUTOTEK se encuentra dentro de la ubicación geográfica de la red de fabricación y suministros.

Por lo que se implementó la estrategia en el layout mencionada en el capítulo 2.5 de diseño basado en el proceso para lograr la optimización del proceso, mejorando tiempos y costos.

(Omar M. A., 2011) *El aspecto estático de cualquier planta de fabricación constituye sus asignaciones de maquinaria para el diseño del proceso, además de la ubicación geográfica del plan dentro de la red de fabricación, suministro y mercado. Entonces, el aspecto estático se enfoca en optimizar el diseño del proceso y la asignación de recursos dentro de la planta para lograr la capacidad de producción y un flujo optimizado de material y valor agregado.*

3.2 Descripción del proceso

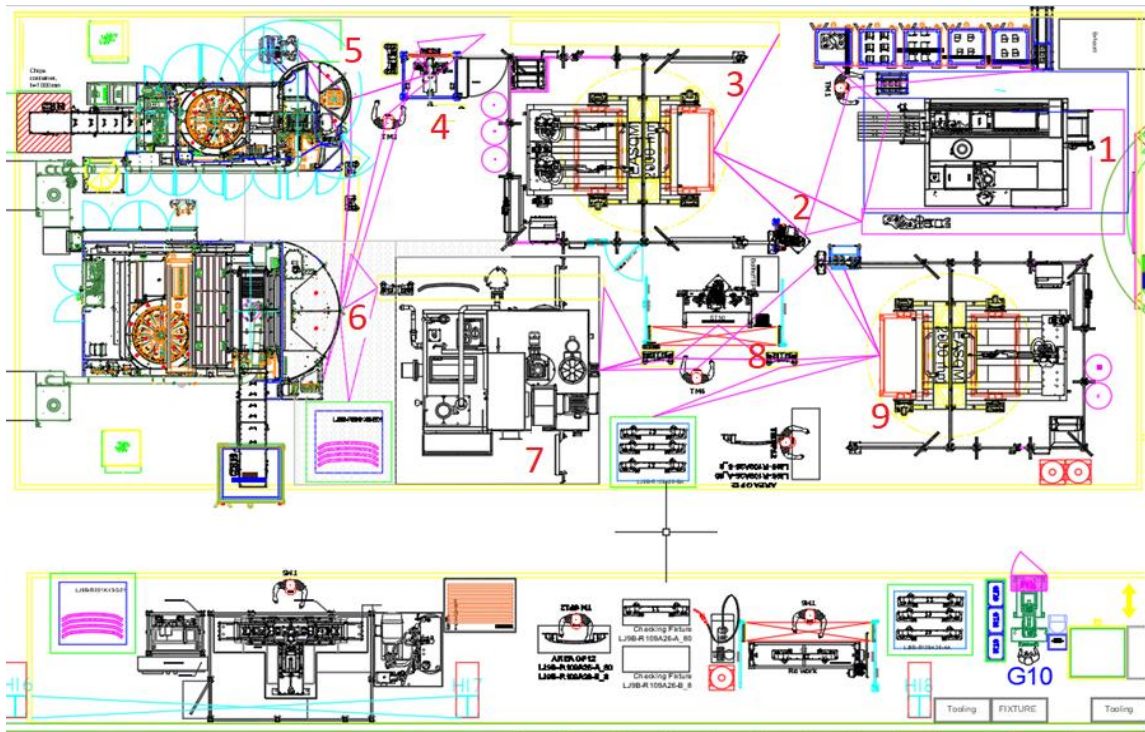


Figura 12. Plano propuesto de la línea de ensamble.

En la figura 12 podemos observar la propuesta de diseño de la línea de ensamble la cual cuenta con nueve estaciones de trabajo, en la que un operador trabaja 3

estaciones, en la cual describiremos a continuación todas las estaciones de la operación:

3.2.1 Estación 1

Al tener productos de aluminio para realizar nuestros ensambles es necesario que nuestras piezas de aluminio deben de llevar un tratamiento de lavado como se menciona en la tabla 3 apartado 7 del capítulo 2.2.1. Por lo que la estación 1 es un proceso de lavado por medio de un agente químico, el cual quita las grasas e impurezas de los componentes que se utilizaran en la estación 2. El proceso se realiza por medio de una lavadora Leanveyor marca Ransohoff (ver figura 13 y 14) la cual tiene una capacidad aproximada de taque de 400L, cual se usará un limpiador Henkel BONDERITE C-NE 3300 Aprobado por Ford. El tiempo ciclo para lavar un kit es 160 segundos. El kit incluye 2 crash can grandes, 2 crash can pequeños, 2 placas. Una vez terminado el ciclo de lavado, en la salida de la lavadora habrá un conveyor el cual estará funcionando para que se entregue el material lo más cercano al operador.

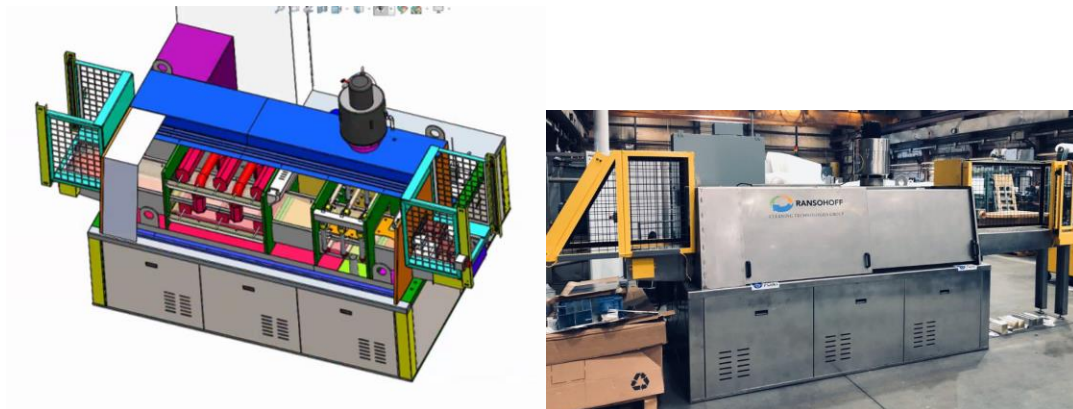


Figura 13 y 14. Lavadora Leanveyor.

3.2.2 Estación 2

En la estación 2 hay una marcadora, el cual agregara al plato la siguiente información, Numero de parte, Fecha juliana, numero consecutivo y data matrix (que tendrá la información anterior cuando se tome lectura por scanner).

3.2.3 Estación 3

En la estación 3(ver figura 15,16 y17) se cuenta con una celda de soldadura marca KUKA la cual cuenta con dos robots para soldar por tipo MIG (ver capítulo 2.3.1) y

una mesa giratoria que a su vez cuenta con un trunnion a cada lado con la finalidad de que se pueda descargar y cargar material del lado del operador, mientras del otro lado el robot aplica la soldadura. El tiempo ciclo de la operación es de 160 segundos. Para esta operación se cargan un crash can largo, un crash can corto y el plato, se posiciona en uno de los extremos del trunnion y del otro lado se colocan las mismas piezas, pero del sentido opuesto. Para evitar que existan problemas de carga durante la operación el dispositivo de ensamble cuenta con sensores de parte presente y poka yokes mecánicos para delimitar bien las posiciones de carga.

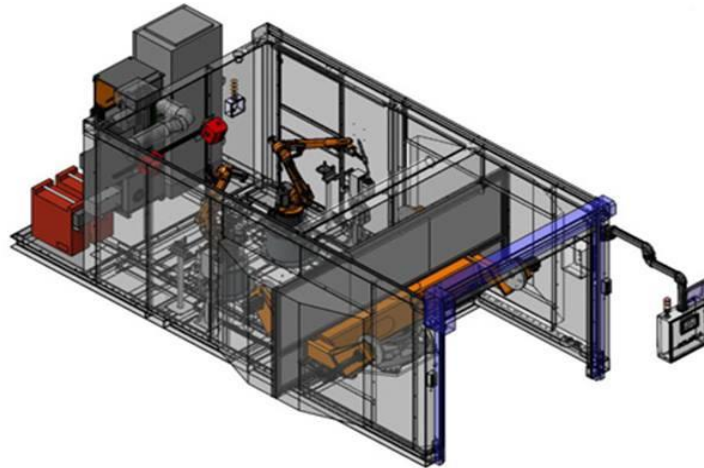


Figura 15. Estación de soldadura 1.



Figura 16. Estación de soldadura lado 1.



Figura 17. Estación de soldadura lado 2.

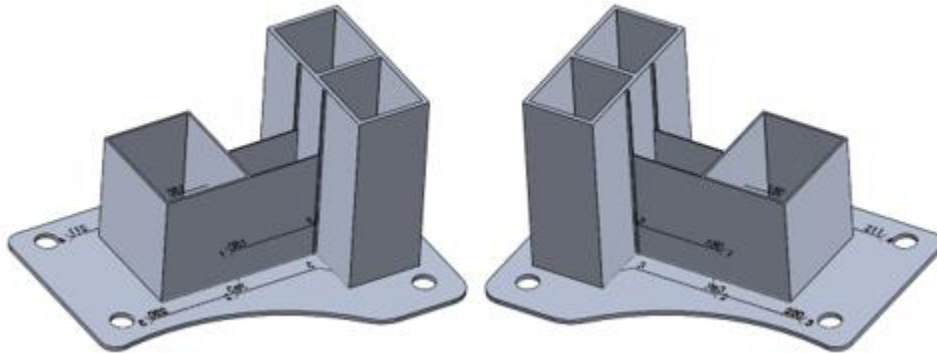


Figura 18. Ensamble de la estación de soldadura 1.

Para la realización de los primeros sub ensambles (ver figura 18) se realizarán 6 cordones de soldadura en la mayoría se ocupan uniones en “T” que son mencionadas en el capítulo 2.3.2 los cuales van de la siguiente manera. (Aplica de la misma forma en los 2 crash can)

Cordón #1: Se realizará en la parte donde se unen los crash can grande y chico, la longitud del Cordón es de 150mm con radio de espesor de 3 mm, en unión topo solape.

Cordón #2: Se realizará en uno de los bordes del crash can grande con el plato, la longitud del cordón es de 78mm con radio de espesor de 5 mm, en unión tipo “T”.

Cordón #3: Se realizará en uno de los bordes del crash can chico con el plato, la longitud del cordón es de 220mm con radio de espesor de 5 mm, en unión tipo “T”.

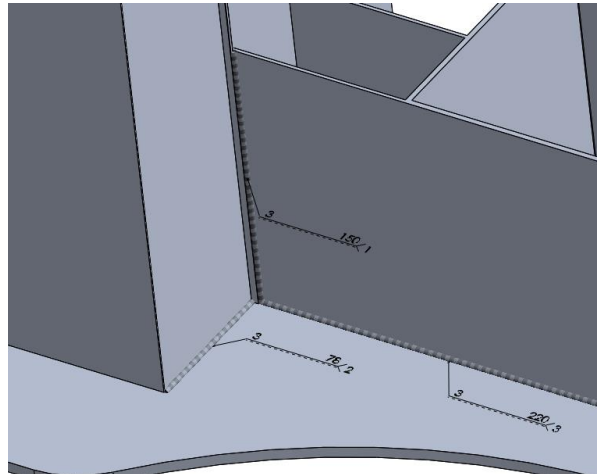


Figura 19. Cordones de soldadura 1, 2 y 3.

Cordón #4: Se realizará en uno de los bordes del crash can chico con el plato, la longitud del cordón es de 211mm con radio de espesor de 5 mm, en unión tipo “T”.

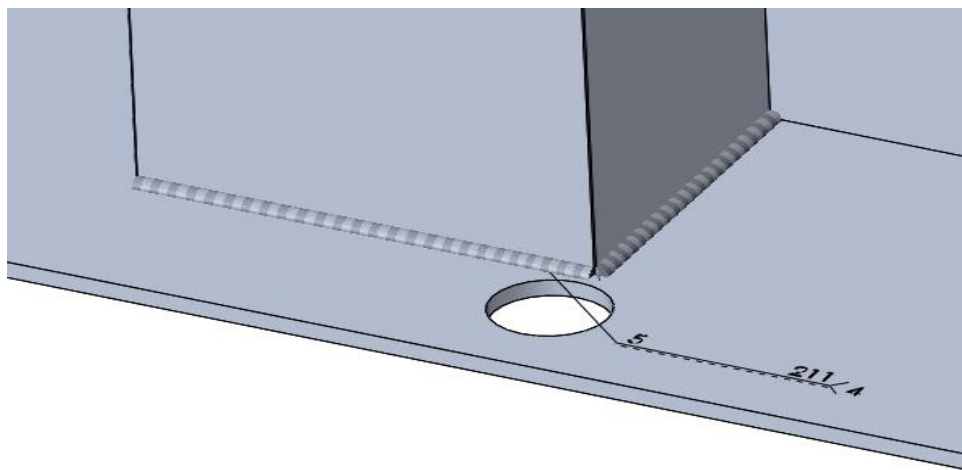


Figura 20. Cordón de soldadura #4.

Cordón #5: Se realizará en uno de los bordes del crash can grande con el plato, la longitud del cordón es de 320mm con radio de espesor de 5 mm, en unión tipo “T”.

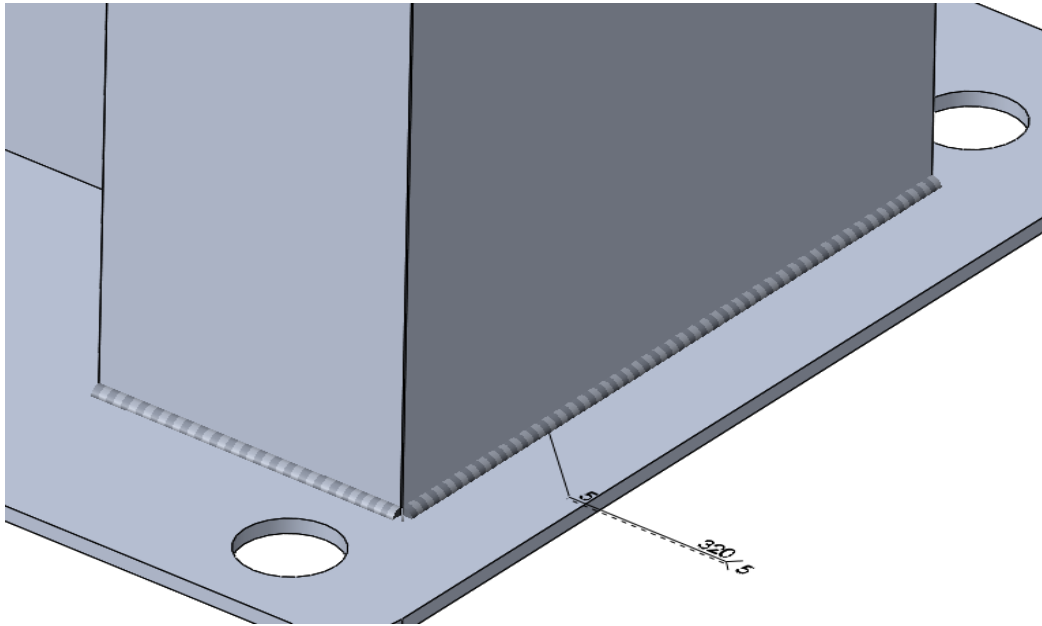


Figura 21. Cordón de soldadura #5.

Cordón #6: Se realizará en la parte donde se unen los crash can grande y chico, la longitud del Cordón es de 150mm con radio de espesor de 3 mm, en unión tipo solape.

3.2.4 Estación 4

En la operación 4, se insertarán 5 espaciadores a cada uno de los crash can por medio de una clinchadora, es un proceso semi automático ya que el operador tiene que colocar en varias posiciones la pieza para que la clinchadora suministre el espaciador y realice el trabajo de presionado para que quede fija la pieza. La inserción de los espaciadores es para evitar el contacto directo de los platos del parachoques con el larguero delantero (ver figura 23).

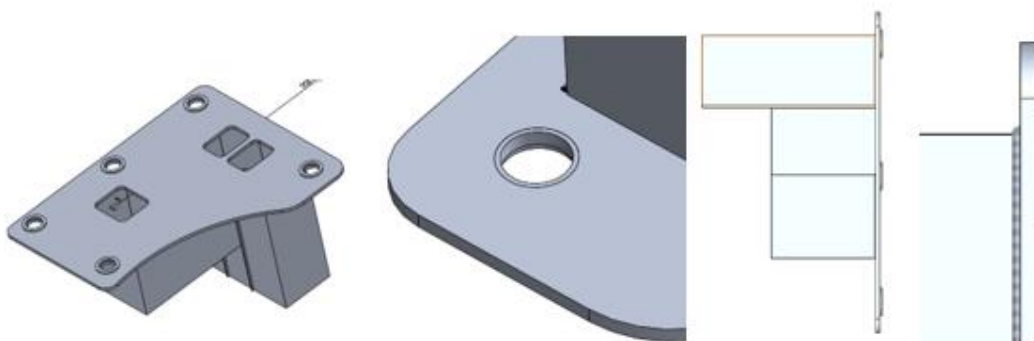


Figura 22. Ayudas visuales de los espaciadores.

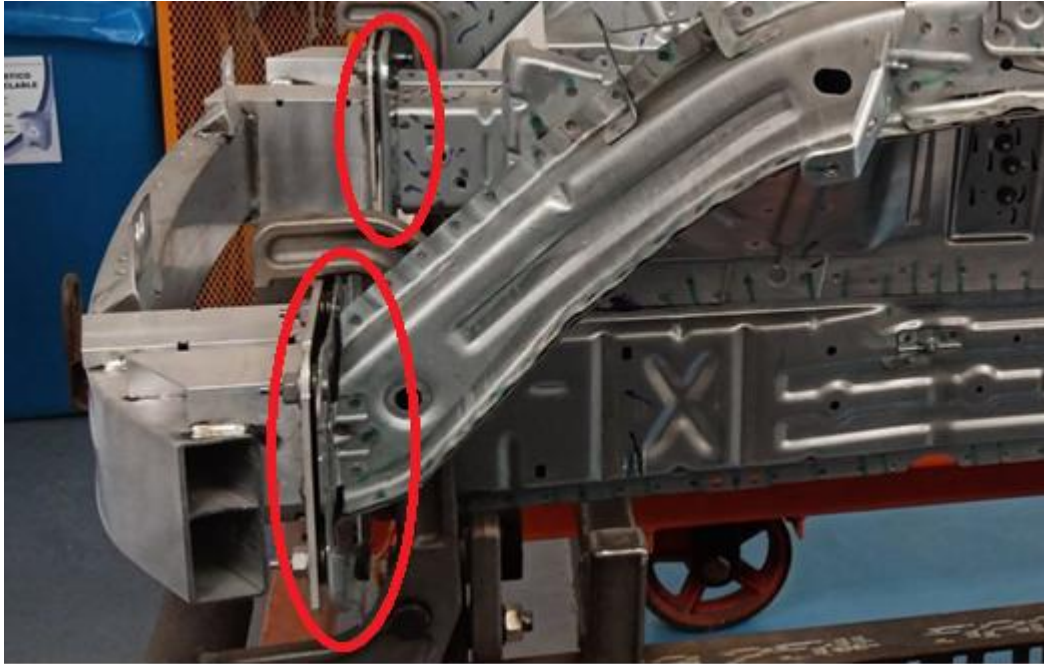


Figura 23. Función de los espaciadores en el ensamble de la carrocería.

3.2.5 Estación 5

En la Estación 5 se realizará desbaste grueso del crash can, para que en la parte devastada pueda entrar el beam dentro del crash can, este proceso se realizara sobre una CNC industrial GROB G350(ver figura 24), la cual tiene una configuración de mesa giratoria para que se pueda trabajar para lado izquierdo y derecho. El tiempo ciclo de la CNC es de 180 segundos para obtener un kit RH y LH (ver figura 25).



Figura 24. Estación 5 CNC 1.

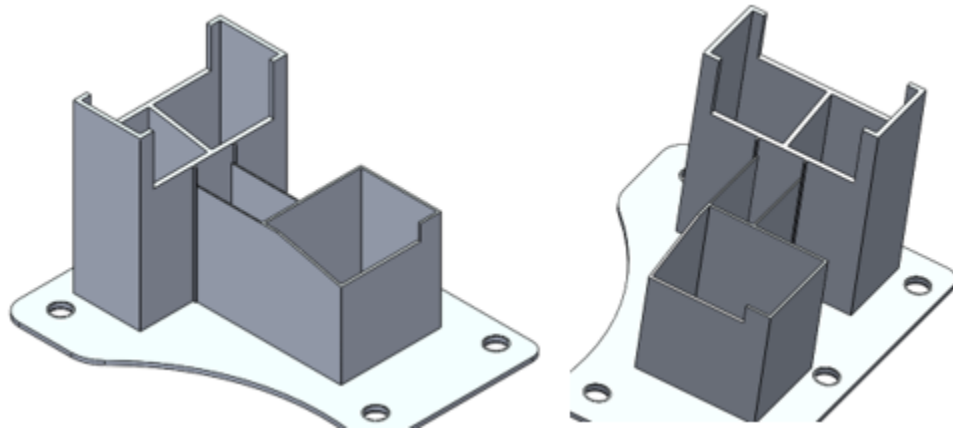


Figura 25. Desbaste realizado en la CNC 1.



Figura 26. Función del desbaste en el ensamble final.

3.2.6 Estación 6

En la operación 5 se realizará desbaste fino de ambos crash can, para que en la parte devastada pueda entrar el beam dentro del crash can, también se le realizara 4 notchs (agujeros) a ambos crash can para el montaje de las molduras. También se realizará varios agujeros al beam, unos son necesarios para colocarle remaches en el siguiente proceso, y otros para el montaje de las molduras.

Este proceso se realizará sobre una CNC industrial GROB G550(ver figura 27), la cual tiene una configuración de mesa giratoria para que se pueda trabajar para ambos crash can y el beam. El tiempo ciclo de la CNC es de 180 segundos para obtener un kit Crash can RH y LH, beam.



Figura 27. Estación 6; CNC 2.

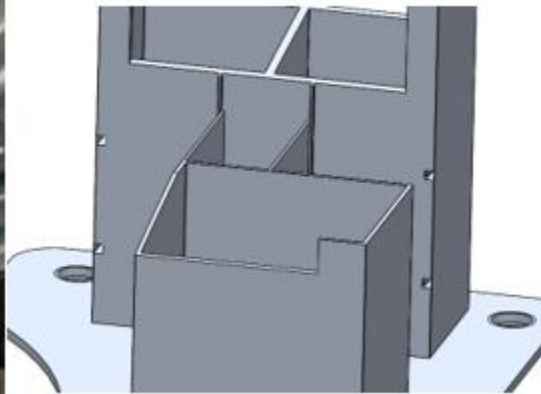


Figura 28. Desbaste realizado en la operación A de la estación 6.

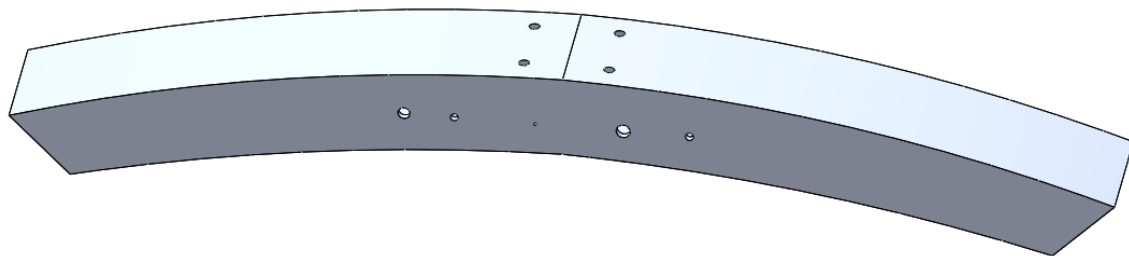


Figura 29. Desbaste realizado en la operación B de la estación 6.



Figura 30. Desbaste realizado en la operación B de la estación 6.



Figura 31. Desbaste realizado en la operación B de la estación 6.

3.2.7 Estación 7

Al igual que la estación del capítulo 3.2.1 también esta es una estación de lavado por lo que igual como se menciona en la tabla 3 se realiza un proceso de lavado con un agente limpiador. La estación 7 es un proceso de lavado por medio de un agente químico, el cual quita las grasas e impurezas de los componentes que se utilizaran en la estación 9. El proceso se realiza por medio de una lavadora Cell U Clean marca Ransohoff(ver figura 32) la cual tiene una capacidad aproximada de taque de 270L, cual se usará un limpiador Henkel BONDERITE C-NE 3300 Aprobado por Ford. El tiempo ciclo para lavar un kit es 160 segundos. El kit incluye los crash can y el beam ya maquinado.

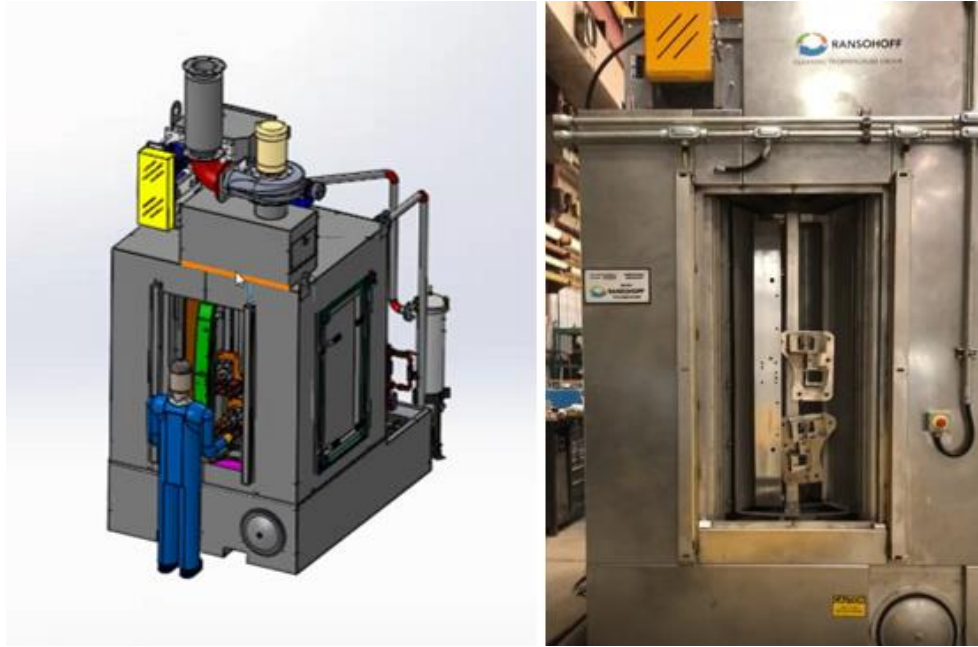


Figura 32. Estación 7, lavadora Cell U-clean.

3.2.8 Estación 8

En la estación 8 se insertarán 4 remaches en uno de los agujeros del beam, el cual es por una remachadora semiautomática, donde el dispositivo tendrá un alimentador automático para el suministro de los remaches. El operador colocara el beam en el dispositivo y bajara la pistola remachadora en la posición de los agujeros para poder realizar el remachado (ver figura 33). En esta estación hay una marcadora, el cual agregara al beam la siguiente información, Numero de parte, Fecha juliana, numero consecutivo y data matrix (que tendrá la información anterior cuando se tome lectura por scanner).

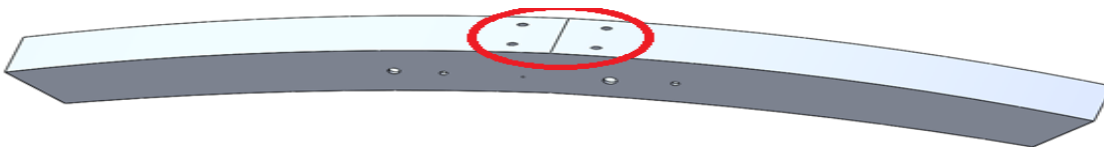


Figura 33. Posición donde se colocarán los remaches.

3.2.9 Estación 9

Al igual que la estación del capítulo 3.2.3; en la estación 9 se cuenta con una celda de soldadura marca KUKA la cual cuenta con dos robots para soldar por tipo MIG

(ver capítulo 2.3.1) y una mesa giratoria que a su vez cuenta con un trunnion a cada lado con la finalidad de que se pueda descargar y cargar material del lado del operador, mientras del otro lado el robot aplica la soldadura. El tiempo ciclo de la operación es de 160 segundos. Para esta operación se cargan los crash can y el beam, para la realización del ensamble final (ver figura 34). Para evitar que existan problemas de carga durante la operación el dispositivo de ensamble cuenta con sensores de parte presente y poka yokes mecánicos para delimitar bien las posiciones de carga.

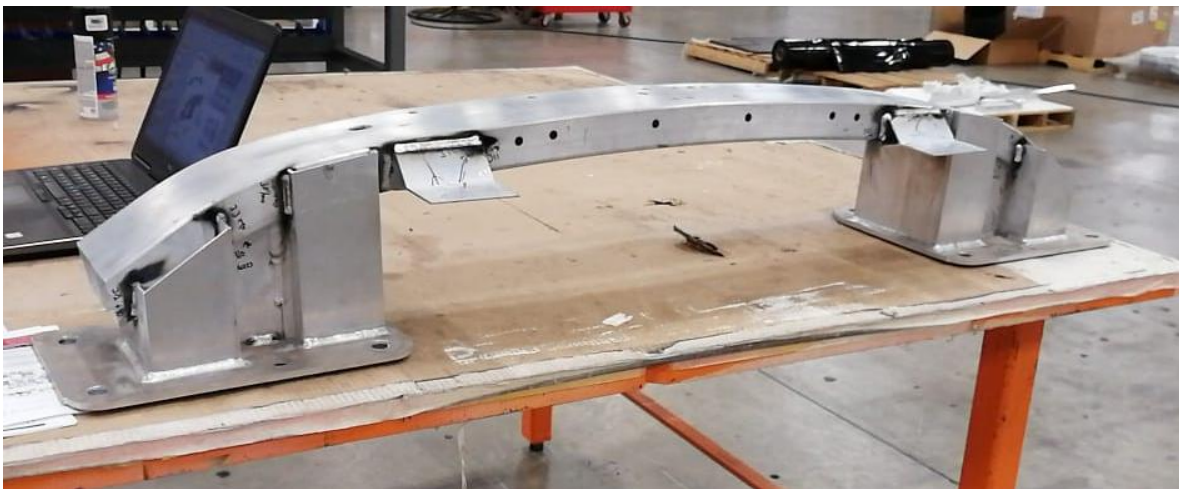


Figura 34. Ensamble final del parachoques delantero.

3.3 Celdas de operación

Como se mencionó al principio del caso en la propuesta de diseño, la línea se diseñó a partir de un modelo celular basado en el producto (ver capítulo 2.5), la distribución de la línea se realizó para que los 3 operadores puedan realizar 3 operaciones por ciclo de operación (ver figura 35) siempre tomando en cuenta las normativas de ergonomía y seguridad en el trabajo.

Según la NOM-036-1-STPS-2018: "Proporcionar la ropa y el equipo de protección personal, conforme a lo previsto por la NOM-017-STPS-2008, o las que la sustituyan, tal como respiradores y guantes, a los trabajadores que realicen actividades de carga de:

- I. *Materiales o contenedores con aristas cortantes, rebabas, astillas, puntas agudas, clavos u otros salientes peligrosos;*

- II. Materiales con temperaturas extremas, y/o
- III. Contenedores con sustancias irritantes, corrosivas o tóxicas.”

“Hay que asegurar que en ningún caso se exceda de 10,000 kg/jornada de 8 horas de masa acumulada total de transporte manual de cargas para distancias menores a 10 m, o de 6,000 kg/jornada de 8 horas de masa acumulada total de transporte manual de cargas en una distancia no mayor a 20 m”

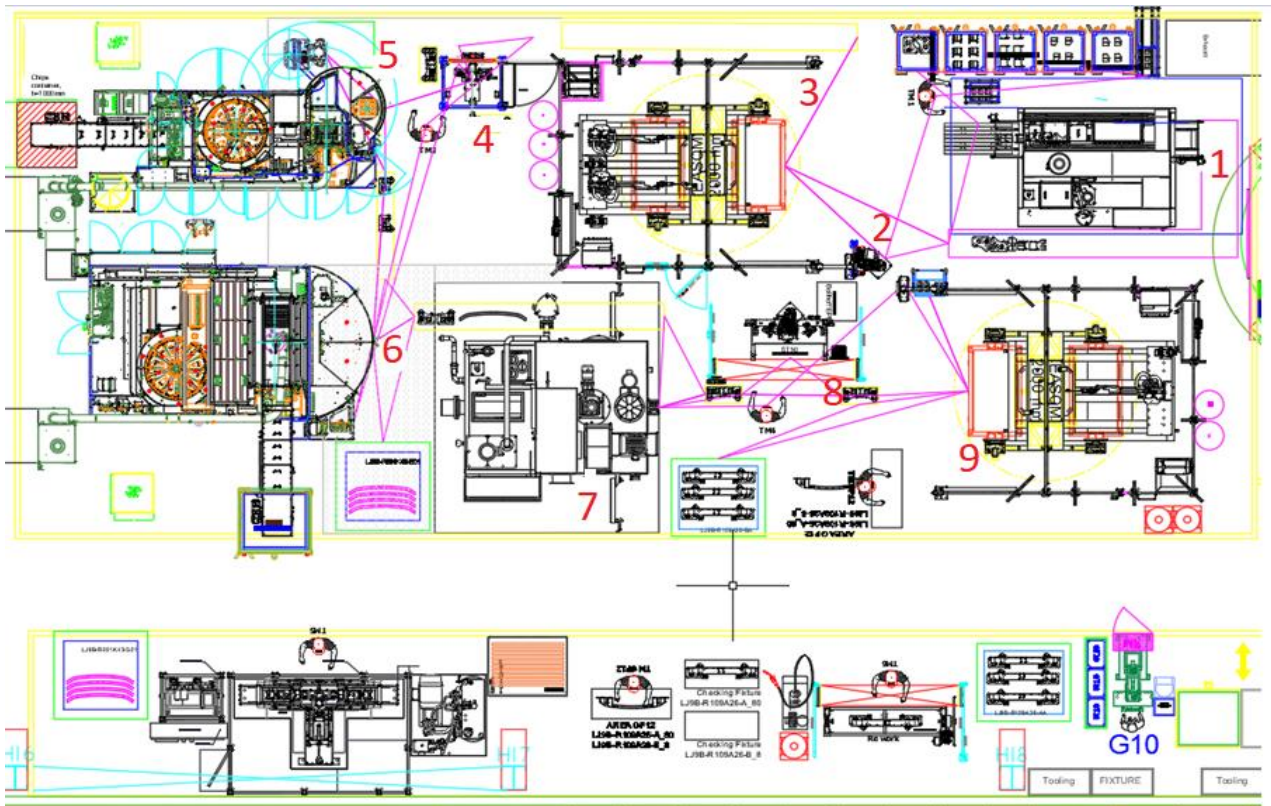


Figura 35. Celda de ensamble final.

3.3.1 Operador 1

El operador 1 trabaja la estación 1, 2 y 3 (ver figura 36); donde en la primera estación es una estación de lavado de 160 segundos por ciclo; el cual carga los crash can tanto lado derecho e izquierdo de los dos diferentes tamaños, junto con 2 placas de soporte y 2 brakets. (Tomar en cuenta la carga para el inicio de turno). Teniendo las piezas ya lavadas, llevar las placas a la marcadora (estación 2) la cual su operación de marcaje es de 25 segundos. Teniendo ya las placas marcadas se realiza el primer sub ensamble de los crash cans en la estación 3 de 160 segundos por ciclo se inicia el ciclo para que gire la mesa, en o que gira la mesa se repite la operación. Para continuar con el proceso el operador al descargar los sub ensambles de la estación 3 debe depositarlos en un chute que manda las piezas al operador 2.

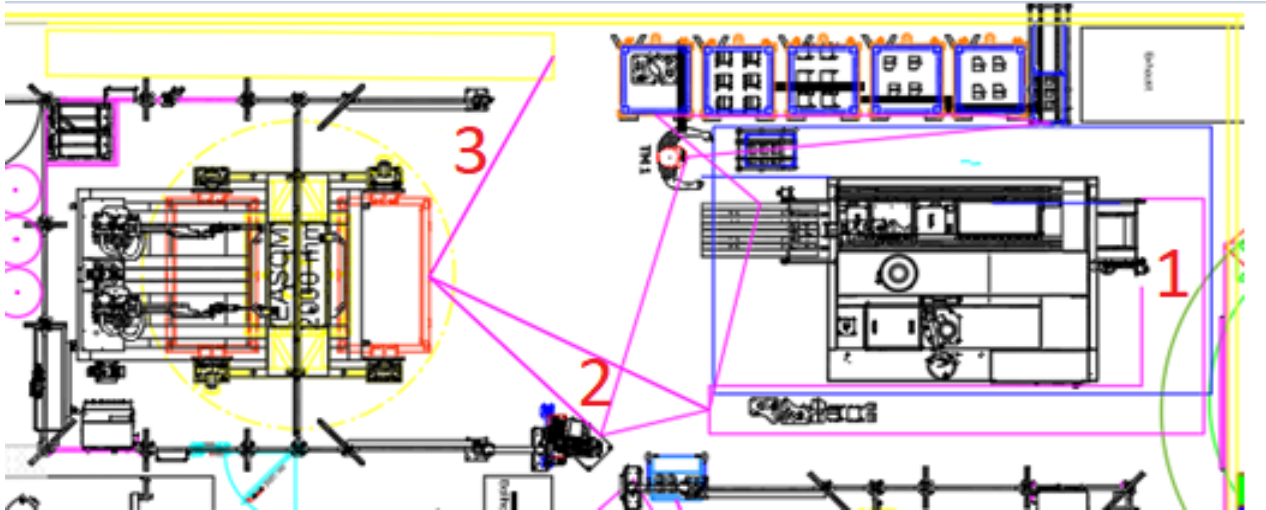


Figura 36. Operaciones del operador 1.

3.3.2 Operador 2

El operador 2 trabaja en las estaciones 4, 5 y 6 (ver figura 37), primero en la estación 4; el operador coloca 5 clinch spacer en el plato de los crash can con lado derecho (tiempo ciclo aproximado 20 segundos), después llevar el crash can a la estación 5 donde se realizara un proceso de desbaste al crash can (tiempo ciclo de 90 segundos), después de que el operador inicia el ciclo de la estación 5, camina a la estación 6 donde cargara un bumper beam para que se le realicen los notches para los remaches (tiempo aproximado 90 segundos) el operador inicia el ciclo. La mesa giratoria se activará y nos devolverá los crash can. El operador descargara los crash can izquierdo y derecho maquinados y los enviara por la resbaladilla que va a la estación 7; después el operador camina hasta la estación 5.

En la estación 5 el operador colocara los 5 clinch spacer en el plato del crash can lado izquierdo, después llevar el crash can izquierdo a la estación 5 y colocar la pieza e iniciar ciclo (tiempo ciclo de 90 segundos), la mesa giratoria se activara y nos devolverá la pieza del crash can derecho ya maquinada, el operador toma la pieza y la colocara en una resbaladilla, para que se transporte a la estación 6, el chute ya con una carga previa de un crash can izquierdo del ciclo anterior, el operador cargara crash can izquierdo y derecho a la estación 6 para realizar unos notch en ambos crash cans, e inicia el ciclo. La mesa giratoria se activará y nos devolverá el beam ya maquinado, el cual el operador lo tomará y lo colocará a una resbaladilla con dirección a la estación 7. Y se repite el ciclo.

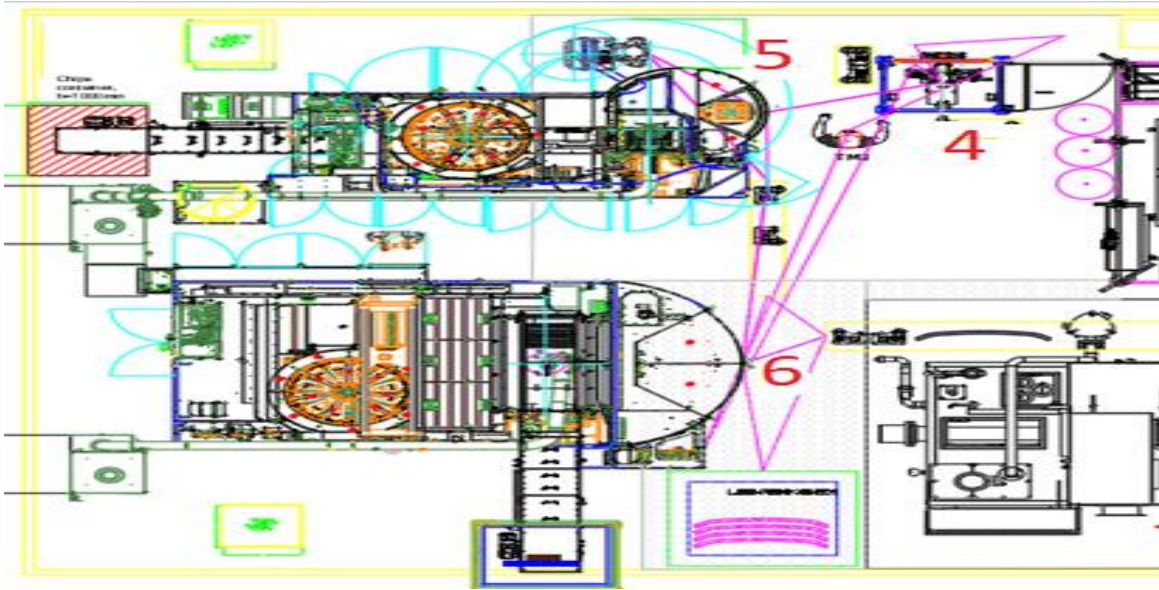


Figura 37. Operaciones del operador 2.

3.3.3 Operador 3

El operador 3 trabaja en la estación 7, 8 y 9 (ver figura 38); primero en la estación 7 el operador camina a la salida de la resbaladilla de suministro, toma un beam y lo carga en la lavadora de la estación número 7, vuelve a caminar a la resbaladilla y toma los crash can para colocarlos en la lavadora e inicia el ciclo (aproximado de 180 segundos), en lo que salen las piezas, el operador descarga un beam (previamente realizado del ciclo anterior) de la estación 8 y lo lleva a la estación 9, en la estación coloca el beam y retira el parachoques completo el cual colocara en el rack de producto terminado.

El operador vuelve a la estación 7 y sacara un beam que llevara a la estación 8 e iniciara el marcaje (25 segundos de marcaje y colocación de los remaches) y volverá a la estación 7 por los crash can y los colocara en la estación 9 e iniciara el ciclo (tiempo ciclo estación 9: 160 segundos); después de iniciar el ciclo el operador camina a la estación 8 y colocara 4 remaches en los notch que se realizaron en la estación 6 (tiempo de colocación de remaches 20 segundos). Caminar a resbaladilla de la estación 7 y repetir el ciclo.

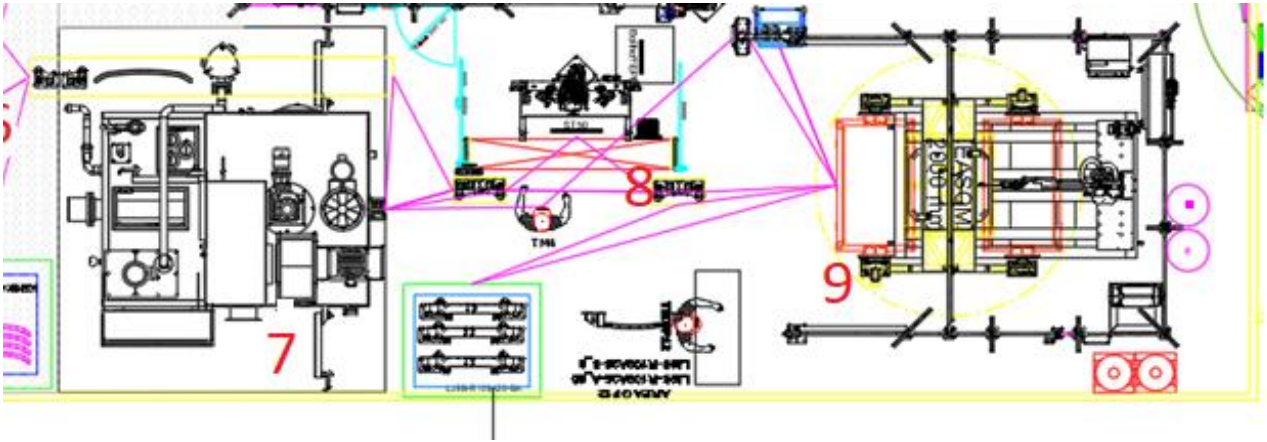


Figura 38. Operaciones del operador 3.

3.4 Cardboard City

En este ejercicio se trata de evaluar la propuesta del proceso mostrado en el capítulo 3.2 y las operaciones descritas en el capítulo 3.4. El cardboard city es un ejercicio que involucra estrategias de lean manufacturing y que se realiza para evaluar la propuesta de layout en donde los departamentos de ingeniería, producción, logística y calidad estén de acuerdo para que se trabaje en base a ese layout. Los objetivos de la realización del ejercicio son:

- Revisar las dimensiones de la isla de ensamble.
- Simular las dimensiones de las maquinas en el piso de producción.
- Simular la ergonomía para carga y descarga de material.
- Simular los tiempos del operador y las maquinas.

El ejercicio se realiza en un área que tenga las dimensiones de la isla de ensamble, se arman con cajas de cartón de forma aproximada a las medidas reales los dispositivos de carga y descarga de material de cada estación, tomando en cuenta la altura, la posición de carga y los dispositivos de fijación; para poder observar los movimientos del operador lo más aproximado a la operación real. El tiempo aproximado para el armado es de 2 a 3 días dependiendo de las dimensiones de la isla de ensamble. De la figura 39 a la 44 se muestran la simulación de espacio de la zona de carga y descarga de material de cada estación, las líneas blancas delimitan las máquinas y algunos pasillos de la celda de operación.



Figura 39. Construcción cardboard city.



Figura 40. Vista de la simulación de las estaciones, conforme al plano de la línea.



Figura 41. Estación 2, primera estación de soldadura.



Figura 42. Estación 3; clinchadora.



Figura 43. Estación 4; CNC 1.



Figura 44. Estación 9; segunda estación de soldadura.

Para el día posterior a terminar el armado, se realiza entrenamiento a los operadores en base a las HOE (Hoja de Operación Estandarizada), donde el operador realizara las operaciones asignadas en sus estaciones correspondientes, para que se aproxime a las dimensiones de la carga y descarga de material se ocuparan piezas prototipo (en caso de tener) o piezas que se aproximen a las dimensiones reales de las partes del proyecto.

El ultimo día, donde los operadores entienden las operaciones que se realizaran, se realiza el ejercicio donde se realizaran 2 pruebas. La primera con puros movimientos de operador, para comprobar los tiempos que se lleva el operador para realizar cada actividad. Y la segunda es con tiempos de operador más máquina, para comprobar las cargas y descarga de material, las esperas que tiene el operador por cada máquina y así también las interacciones de suministro de material por cada operador.

Para la realización de la prueba de la isla de ensamble del parachoques de aluminio, se requirió de 3 operadores, 6 observadores, 2 para cada operador uno que tomara el tiempo de los 10 ciclos y otro que grabara en video los movimientos del operador, 6 tomadores de tiempo de máquina, para indicarle al operador cuando debe entrar a recoger el material y uno que grabe todos los movimientos de la isla. En la figura 45 se puede observar la puesta en marcha con los operadores y el personal encargado para la toma de tiempos de la simulación con las piezas prototipo para los ensambles.



Figura 45. Simulación con piezas prototipo.

Una vez terminado los 10 ciclos de los 2 ejercicios, se anotan en un pizarrón para comprobar con los tiempos reales del diseño de la operación. Se realizan puntos

que se observaron durante el ejercicio; por ejemplo, demasiados tiempos de espera, buffer de material, problemas de ergonomía. También se le pide retroalimentación de los operadores para ver en que se puede mejorar la HOE si necesitan el uso de algún material auxiliar para mejorar sus operaciones. Por ultimo las distintas áreas se realiza la retro alimentación para mejorar el flujo de materiales, los controles de calidad, que mecanismos de seguridad se pueden implementar, las entradas del material, así también las salidas del producto terminado.

3.5 Spill Detection

El ejercicio de Spill Detection nos es de gran utilidad para comprobar que las piezas que conforman el ensamble se ajusten bien en el dispositivo de ensamble, esto para evitar que las partes hagan juego o estén sueltas durante el proceso de ensamble. Se realiza en base a un manual suministrado por el área de calidad donde se evaluarán las partes por separado, sub ensambles y ensambles. Revisando que los agujeros, cejas o pestañas de las piezas entren bien en los dispositivos de ensamble. También se toma en cuenta si existen poka yokes mecánicos o eléctricos para evitar la mezcla de componentes en subensambles que tienen partes muy similares.

Este ejercicio en el ensamble del parachoques delantero se iba comprobando conforme se realizaban las pruebas de ensamble debido a que se tenían diferentes estaciones con diferentes proveedores.

En las figuras 46 a la 48 se puede observar cómo se realiza el ejercicio de spill detection del parachoques trasero que sigue el mismo principio del ejercicio que es comprobar las piezas en el dispositivo de ensamble,

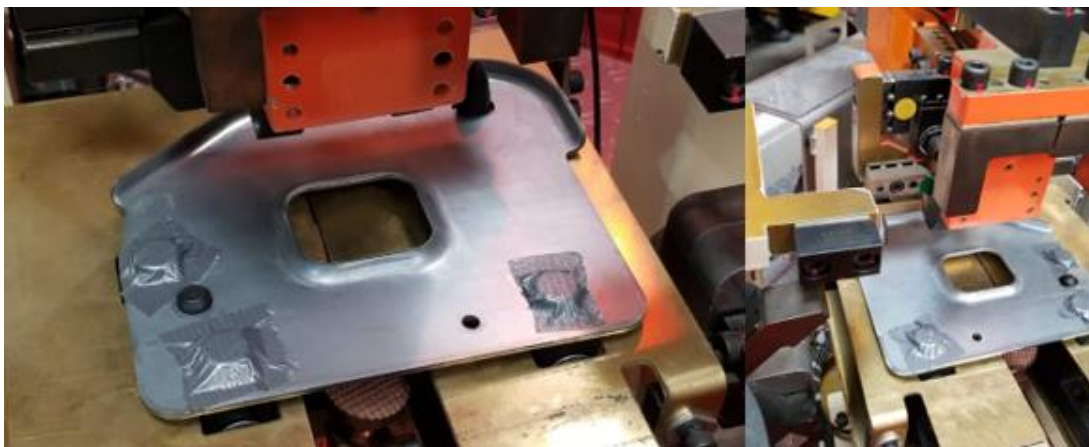


Figura 46. Detección de puntos de sujeción en plato para parachoques trasero.



Figura 47. Detección de puntos de sujeción en cash can y frente del parachoques trasero.

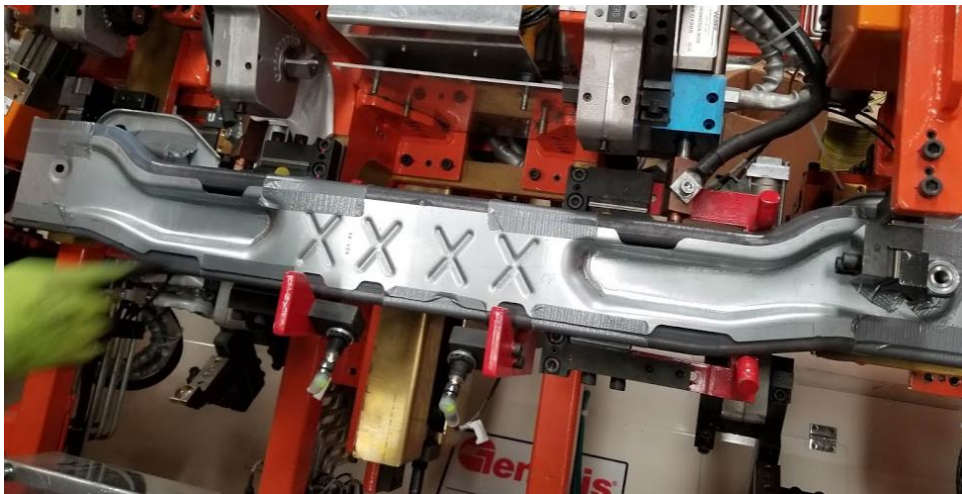


Figura 48. Detección de puntos en ensamble final del parachoques trasero.

3.6 Ciclos en vacío

Se realizan ciclos en vacío por 24 horas continuas, para comprobar que la línea de ensamble funcione de la manera correcta y de forma continua (ver figura 49); se evalúa conforme a la secuencia de operación ya programada. En esta evaluación se revisan los diagramas escalera de los PLC's, los PDP estén en correcto funcionamiento, que las puertas corredizas y lo elementos de seguridad funcionen de manera correcta. También se prueban las HMI que sean de fácil control para el operador, se prueban los sistemas de iluminación y se realizan paros y fallos mediante una computadora, para verificar que los sensores, sistemas de seguridad e indicadores de advertencia funcionen de manera correcta cuando ocurra un paro por falla.

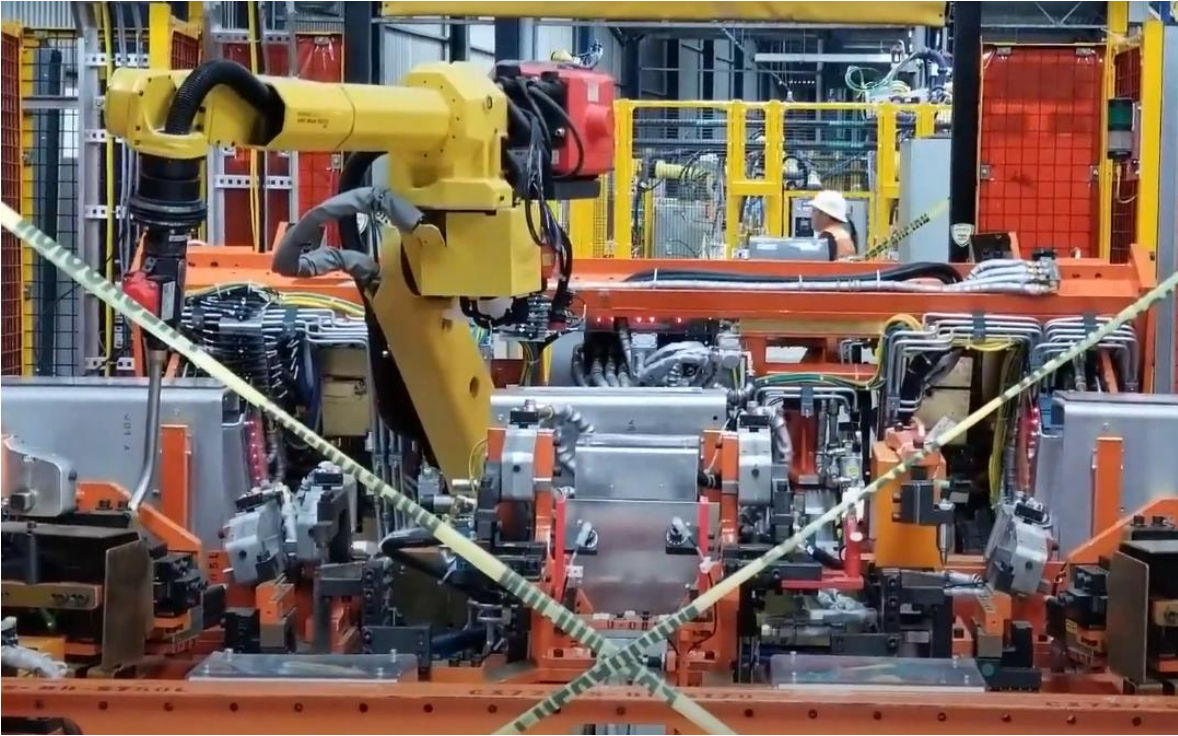


Figura 49. Prueba ciclo en vacío.

3.7 Evaluadores del área de calidad

Aparte del spill detection el área de calidad comprueba la pieza mediante un checking fixture para el ensamble final que se localiza en el área de revisión antes del rack del producto terminado, así también la línea de producción tiene un AMEF de procesos en los cuales se evalúa todos los posibles fallos de calidad en cada operación del ensamble; estos pueden ser desde el comportamiento de la línea, las dimensiones de los cordones de soldaduras, posibles fallos del operador. De igual forma el AMEF nos es de gran utilidad debido a que nos indica la severidad del problema y un valor que indica la frecuencia en la que pueda suceder, también gracias al AMEF tenemos indicadas las acciones rápidas que podemos aplicar durante un fallo para así evitar un paro de línea por demasiado tiempo.

Capítulo 4

Resultados

Se realizan las primeras pruebas para verificar que las operaciones de cada máquina cumplan con el tiempo ciclo requerido al 80% donde las maquinas obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 5).

Tabla 5. Tiempo ciclo de cada operación.

Maquina	Tiempo ciclo (seg)
Lavadora #1	160 seg.
Marcadora	25 seg.
Estación de soldadura #1	160 seg.
Clinchadora	20 seg.
CNC 1	90 seg. Por operación
CNC 2	90 seg. Por operación
Lavadora #2	180 seg.
Remachadora y marcadora	25 seg.
Estación de soldadura #2	160 seg.

Tomando en cuenta los tiempos de operación cumple con el tiempo ciclo requerido por el cliente a excepción de la lavadora #2, la cual se sobresaleara por 4 segundos el cual no tenemos afectaciones para los requerimientos de la cantidad de piezas diarias requeridas por el cliente. Pero si habrá afectaciones de reducción de tiempo para los mantenimientos preventivos de la máquina.

4.1 Prueba en piso de proveedor

Ya finalizada la instalación de las maquinas se empiezan las primeras pruebas en el piso de producción, en las cuales se obtuvieron los siguientes resultados del proceso.

Tabla 6. Indicador de rendimiento de las primeras pruebas de la línea de ensamble.

Buid	Event Day	Length h of Run	Design JPH(100% OA)	Target Part Produce	Actual Parts	Actual JPH	Actual OA	Target OA
Build 1		3	16	24	30	10	61%	50%
Build 2		1	16	8	14	14	86%	50%

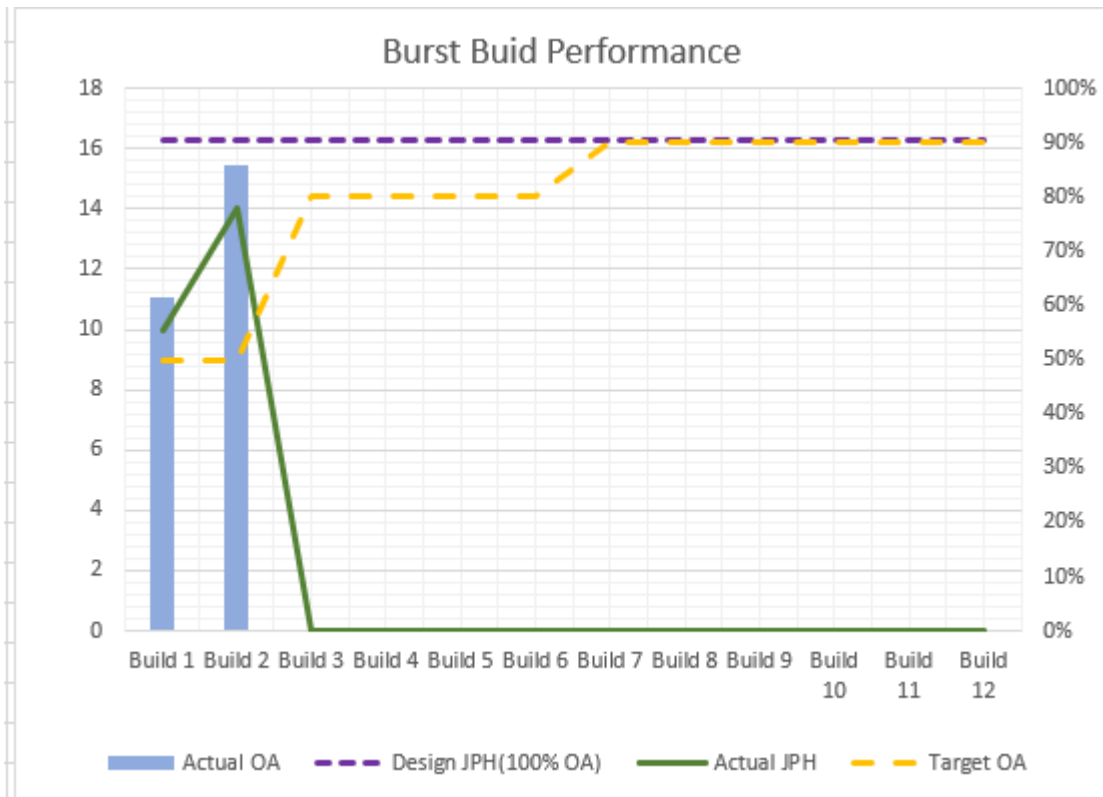


Figura 50. Gráfico de rendimiento de las primeras 2 pruebas.

Para la primera prueba se corrió durante 3 horas con un objetivo de capacidad al 50% (8 partes por hora), la cual tuvimos como resultado un 61% de eficiencia (10 partes hora) por lo cual se cumplió con los requisitos mínimos de la prueba (ver resultados en la tabla 6 y figura 50).

Para la segunda prueba se evaluó una hora de proceso con un objetivo de capacidad al 50%, la cual tuvimos como resultado un 86% de eficiencia (14 partes hora) por lo cual se cumplió con los requisitos mínimos de la prueba (ver resultados en figura 50). A diferencia de la primera prueba en esta se obtuvo un mejor resultado debido a algunos ajustes de la línea que provocaban paros en la primera prueba, así también por que el operador ya tiene más practica con las operaciones marcadas en la HOE.

4.2 Pruebas en piso de producción

Para las siguientes pruebas, la maquinaria ya se encuentra instalada el AUTOTEK planta Puebla, conforme al plano de proceso diseñado. Por lo cual para las siguientes pruebas ya se está trabajando con todas las maquinarias en conjunto dentro de la isla de ensamble. Para la prueba 3, 4 y 5 se evaluará por los procesos que lleva cada operador; y la prueba 6 en conjunto de toda la línea (ver resultados en la tabla 7 y figura 51).

Tabla 7. Indicador de rendimiento de las primeras pruebas ya en la planta AUTOTEK Puebla.

Buid	Event Day	Length h of Run	Design JPH(100% OA)	Target Part Produce	Actual Parts	Actual JPH	Actual OA	Target OA
Build 1		3	16	24	30	10	61%	50%
Build 2		1	16	8	14	14	86%	50%
Build 3		2	16	25.6	20	10	61%	80%
Build 4		3	16	38.4	42	14	86%	80%
Build 5		2	16	25.6	24	12	74%	80%

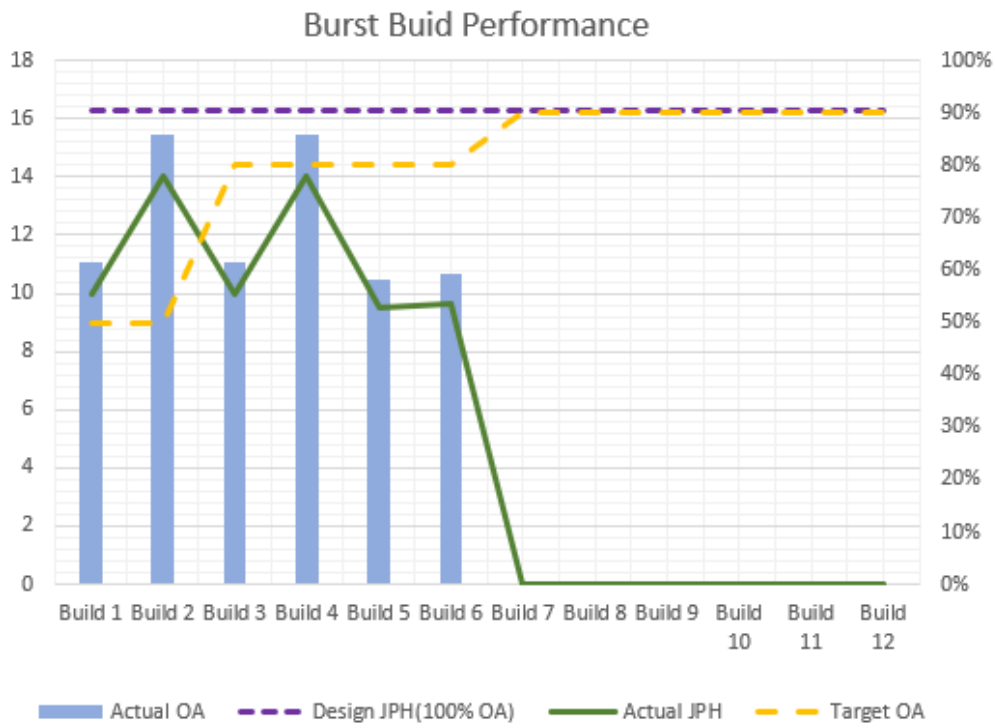


Figura 51. Gráfico de rendimiento de las primeras pruebas ya en la planta AUTOTEK Puebla.

Como resultado de las pruebas 3, se observa que la línea de soldadura requiere ajustes en el tooling, los cuales generan una confusión a la carga del material por lo cual genero retrasos, otro punto es que la lavadora si necesita un buffer de 1 a dos ciclos previos para que no afecte a la primera operación de soldadura.

En la prueba 4 que fue la segunda isla si se opera conforme lo requerido, un problema que se observa es los largos tiempos de espera que tendrá el operador, así también las caminatas que realizara a lo largo de su turno que en promedio son de 5 a 6 km por turno.

En la prueba 5 se observa que requiere algunos ajustes, así también que el peso y las dimensiones del producto terminado hace que el operador tarde de 4 a 5

segundos más por operación, lo cual a la repetición de una hora con el requerimiento del 80 por ciento nos hace perder un aproximado de 74 segundos por hora. Con lo cual como medida para evitar esas pérdidas se optará por acercar el rack de producto terminado.

En la prueba 6 se observó que las resbaladillas no bajaban bien el material y se quedaban atorados por lo que a veces se empujaba el material con el siguiente material que se colocara, por lo que genero retrasos para que los 3 operadores pudieran trabajar en conjunto. Por lo cual como medida se optó que las 2 resbaladillas que están en la línea de soldadura #1 y la lavadora #2 se usara conveyors, lo cual es más útil tanto para que el material llegara al otro operador, como por ergonomía ya que el operador no cargara tan alto el material como cuando lo subía a la resbaladilla (ver resultados en la tabla 8 y figura 52).

Tabla 8. Resultado de pruebas 6 y 7 con implementación de estrategias de mejora.

Buid	Event Day	Length h of Run	Design JPH(100% OA)	Target Part Produce	Actual Parts	Actual JPH	Actual OA	Target OA
Build 6		3	16	38.4	34	11.33333333	70%	80%
Build 7		2	16	25.6	30	15	92%	80%

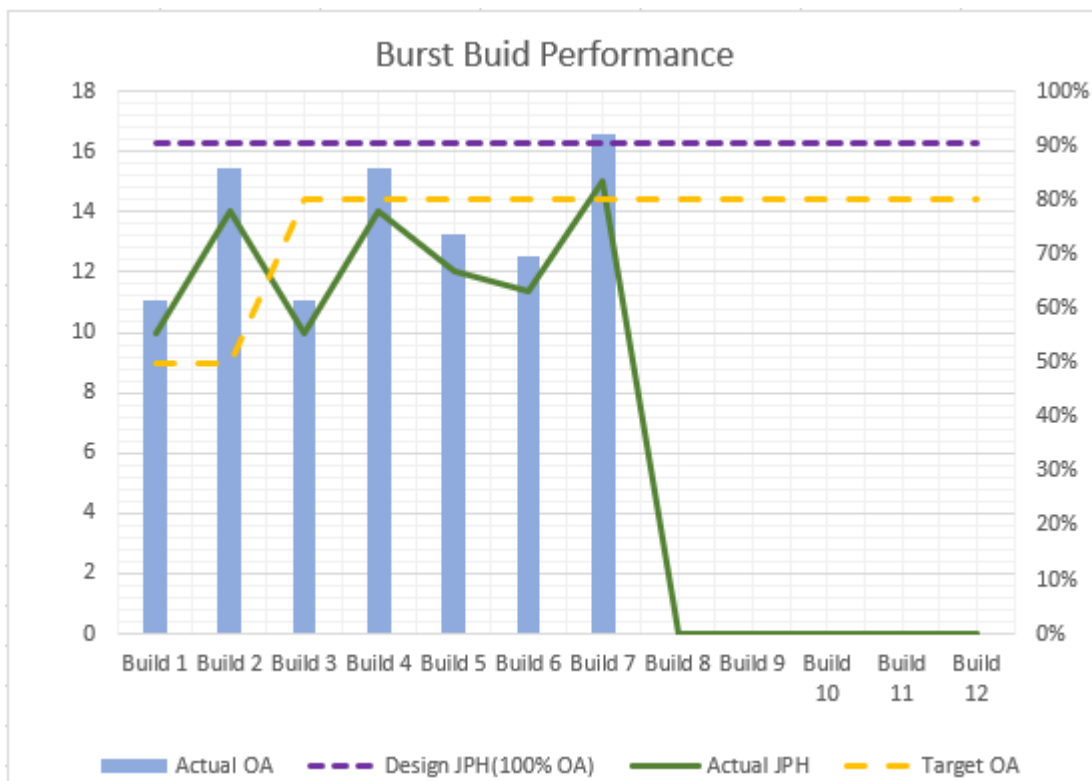


Figura 52. Gráfico de rendimiento de la prueba 7 ya con la implementación de mejoras en el área.

En la prueba 7 se incorporaron conveyors en lugar de las resbaladillas para mejorar los tiempos de traspaso de material a las diferentes estaciones, con lo cual tuvimos importantes mejoras en el flujo de las operaciones para los 3 operadores. Como resultado se obtuvo un total de 15 piezas hora que representa el 92% de eficiencia con lo cual ya se cumple con el objetivo de trabajar con el 80% de eficiencia solicitado por el cliente (ver resultados en la tabla 8 y figura 52).

Tabla 9. Resultado de prueba de media jornada de operación.

Buid	Event Day	Length h of Run	Design JPH(100% OA)	Target Part Produce	Actual Parts	Actual JPH	Actual OA	Target OA
Build 8		5	16	64	70	14	86%	80%

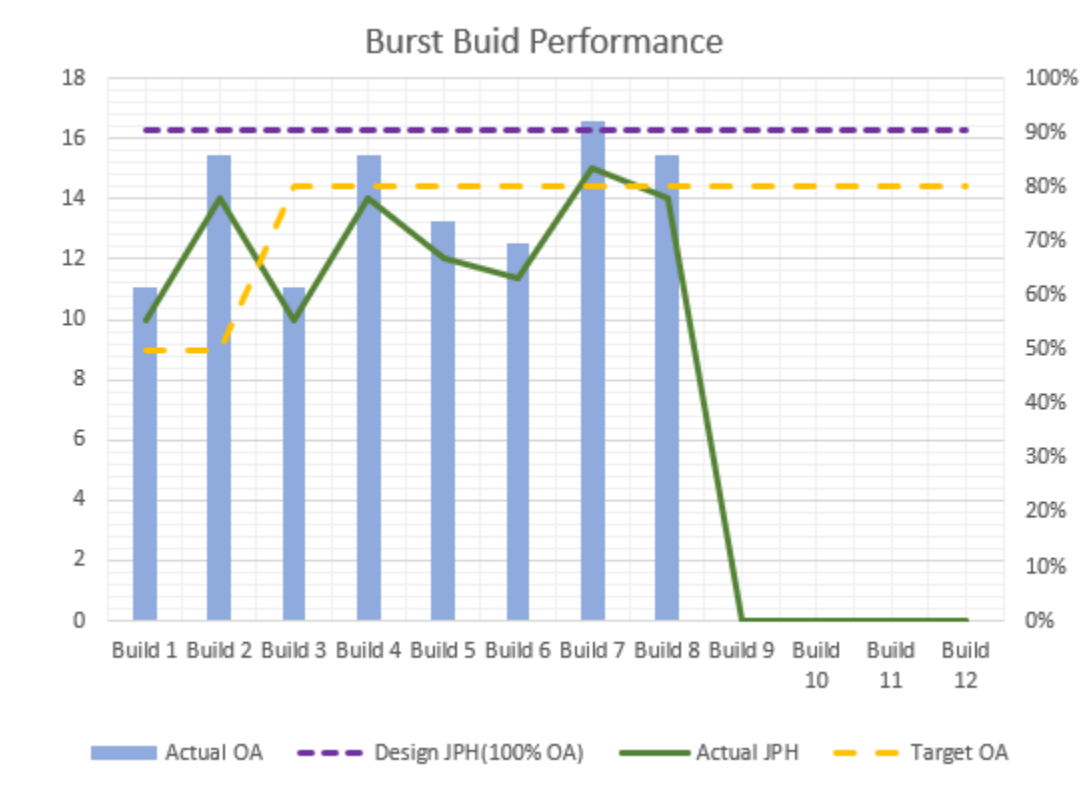


Figura 53. Gráfico de rendimiento de la prueba 8, para comprobación de rendimiento de media jornada de operación.

Para la prueba 8 se realizó durante un periodo de 5 horas lo que equivale a más de medio turno de operación, para comprobar que los operadores aguantaran el tiempo de operación sin tener ningún problema que conlleve a la carga y descarga del material por el tiempo prolongado. Esta prueba también nos sirvió como prueba final para comprobar que se está cumpliendo con los requerimientos del cliente. (ver resultados en la tabla 9 y figura 53)

El propósito del parachoques delantero del Mustang Mach E al ser un extruido de aluminio nos es de gran ayuda al colocar las molduras delanteras ya que en la pieza de aluminio se cuentan con varios notch para la fijación de las molduras.

4.3 Resultados del crash test

De igual forma con los reportes de crash test se comprueba que la pieza cumple su propósito de proteger a los pasajeros en la célula de supervivencia, donde la estructura del coche es lo suficientemente rígida tomando en cuenta que a diferencia de un coche de motor a gasolina posicionado al frente es de ayuda también para amortiguar los impactos frontales (ver imagen de la 54 a la 57).

A continuación, se muestran los resultados de los crash test realizados por el Insurance Institute for Highway Safety (IIHS):

4.3.1 Frente de superposición pequeña: lado del conductor

La clasificación se aplica a los modelos de 2021

Vehículo probado: 2021 Ford Mustang Mach-E EV 4-door 4wd

Estructura y jaula de seguridad	G
Medidas de lesiones del conductor	
Cabeza/cuello	G
pecho	G
Cadera/muslo	G
Pierna/pie inferior	G
Restricciones para conductores y cinemática del dummy	G



Figura 54. Toma de acción tomada durante la pequeña prueba de choque frontal superpuesto.



Figura 55. La posición del maniquí en relación con el marco de la puerta, el volante y el panel de instrumentos después de la prueba de choque indica que el espacio de supervivencia del conductor se mantuvo muy bien.

4.3.2 Frente de superposición moderada

La clasificación se aplica a los modelos de 2021

Vehículo probado: 2021 Ford Mustang Mach-E EV 4-door 4wd

Estructura y jaula de seguridad	
Medidas de lesiones del conductor	
Cabeza/cuello	
pecho	
Pierna/pie, izquierdo	
Pierna/pie derecho	
Restricciones para conductores y cinemática del dummy	



Figura 56. Toma de acción tomada durante la prueba de choque frontal de superposición moderada.



Figura 57. La posición del maniquí en relación con el volante y el panel de instrumentos después de la prueba de choque indica que el espacio de supervivencia del conductor se mantuvo bien.

Capítulo 5

Conclusión

El análisis y diseño de mejora de líneas de producción es muy útil tanto en la industria automotriz como en los otros sectores industriales, ya que, gracias al uso de las distintas estrategias de manufactura esbelta, se logra cumplir con los objetivos requeridos de la producción, tomando en cuenta los puntos de seguridad y ergonomía, así también para mejorar el flujo logístico.

Como una de las estrategias que las diferentes empresas deben implementar es el realizar el cardboard city, ya que es una estrategia que nos ayuda a determinar cambios en la distribución del layout final tanto por temas de seguridad, productivos y logísticos; el cual es un gran ahorro para la realización de cambios antes de las obras civiles para la instalación de la maquinaria, en la instalación y para el uso de empaques y el flujo logístico durante la operación, así también para tener una retroalimentación por parte de los operadores que son los que estarán trabajando los turnos en la línea, de los puntos clave en la retroalimentación de los operadores, se toma en cuenta si el tooling existe alguna dificultad de la carga del material o si por la simetría de la línea existen problemas y se confundan partes en la carga.

El tener los burst build antes de las fechas requeridas por el cliente es otro punto muy importante ya que durante estas pruebas se ve la interacción por completo de la isla de ensamble, en la cual todavía es buen tiempo de implementar estrategias para lograr los requerimientos de producción. Ya que si se realizan los cambios durante la producción en serie repercute en problemas de paros técnicos, el cual generan reclamaciones y sanciones por parte del cliente.

Como punto final el impacto que genera en el país el construir un auto eléctrico de una de las marcas comerciales del sector automotriz, es de gran atención ya que posiciona al país con las capacidades para que otras armadoras quieran invertir en el país para ensamblar más autos eléctricos.

Como estudiantes de la ingeniería en sistemas automotrices el aplicar nuestros conocimientos adquiridos en la carrera en este tipo de procesos nos permite el demostrar las capacidades que tenemos como profesionistas para la mejora de procesos, el conocer los flujos de cómo se prepara una línea de ensamble de la industria automotriz, así también el ver como nuestros productos cumplen con los requerimientos legales de seguridad para los mercados internacionales. De igual forma el trabajar con materiales que tienen una alta reciclabilidad es una gran ayuda al medio ambiente ya que generaremos menos residuos.

6 Referencias

- AmericanWelding Society®. (2014). *Structural Welding Code— Aluminum*. USA: AmericanWelding Society.
- Brown, K. V. (Julio 1995). The increasing use of aluminum in automotive applications. *JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, 20-23.
- Grzechca, W. (2011). *Assembly Line: Theory and Practice*. BoD – Books on Demand.
- Hitomi, K. (1996). *Manufacturing Systems Manufacturing*. London: Taylor and Francis.
- Hufnagel, W. (1992). *Manual del aluminio*. Barcelona: Reverte.
- Insurance Institute for Highway Safety . (2021, Mayo 5). *Crash test 2021 Ford Mustang Mach-E*. Retrieved from <https://www.iihs.org/ratings/vehicle/ford/mustang-mach-e-4-door-suv/2021#small-overlap-front-driver-side>
- JOSEPH W. GIACHINO, W. W. (1988). *Técnica y práctica de la soldadura*. Barcelona: Reverté.
- K Weman, G. L. (2006). *Mig Welding Guide*. Woodhead Publishing.
- Kaufman, J. ,. (2000). *Introduction to Aluminum Alloys and Tempers , The Aluminum*. OH: ASM International Materials Park.
- Menachem Kimchi, D. H. (2017). *Resistance Spot Welding: Fundamentals and Applications for the Automotive Industry*. Morgan & Claypool Publishers.
- Norma Oficial Mexicana. (2018). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-036-1-STPS-2017. *PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-036-1-STPS-2017, Factores de riesgo ergonómico en el* (p. 38). Ciudad de Mexico: Diario oficial de la federación.
- Omar, M. ,. (2009). Organizational learning in the automotive manufacturing; a strategic choice. *Journal of Intelligent Manufacturing*.
- Omar, M. A. (2011). *The Automotive Body Manufacturing Systems and Processes*. CU-ICAR, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Original, C. d. (2017, Diciembre 19). *Central de Recambio Original*. Retrieved from ¿Por qué se usa el aluminio en la carrocería de los coches?: <http://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/carroceria/por-que-se-usa-aluminio-en-carroceria-coches/>

A Anexos

A.1 Glosario

Bumper: El parachoques o paragolpes es la pieza de un vehículo que se encuentra en la parte trasera y delantera de este con el objetivo de amortiguar y proteger al vehículo en caso de colisión, absorbiendo la energía cinética y empujándola en forma de rebote hacia el centro del choque, consiguiendo así una reducción de daños, pero no de impacto.

AWS: La American Welding Society se fundó en 1919 como una organización sin fines de lucro para avanzar en la ciencia, la tecnología y la aplicación de la soldadura y los procesos de unión y corte aliados, incluida la soldadura fuerte, la soldadura y la pulverización térmica.

Start of Production (SOP): Fecha en la que se comienza la producción en serie de un vehículo, sistema o componente.

Chasis: es una estructura interna que sostiene los diferentes vehículos y se utiliza con el motor. Para el caso de un vehículo, consta de un armazón que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos, como el grupo motor y la suspensión de las ruedas, con la carrocería (que no forma parte del chasis).

OA: La oferta agregada es la cantidad total de bienes y servicios producidos y vendidos por las empresas, esto es, el PIB real.

Conveyor: Un sistema transportador es una pieza común de equipo de manejo mecánico que mueve materiales de un lugar a otro.

Crash can: es una pieza de automóvil ubicada detrás del parachoques del automóvil a cada lado. El propósito de la lata de aplastamiento es absorber la energía del impacto de manera suave.

Tooling: Es el dispositivo de ensamble que nos permitirá colocar los estampados automotrices para poder realizar los sub ensambles y ensambles finales. El tooling lleva componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos para poder mantener en la posición correcta las piezas mientras se realiza la operación.

Trunnion: Es un dispositivo que permite posesionar el tooling en ángulos y zonas para que el robot tenga un mejor alcance para realizar su operación. En ensamble de carrocerías es de utilidad para hacer varias líneas de soldadura en una sola celda de operación.

Clinchado: es un proceso simple que permite unir dos o más chapas metálicas entre sí. Es un método en donde las partes se unen por deformación plástica en frío.

Riveting machine: se utiliza una máquina remachadora para colocar (apretar) remaches automáticamente para unir materiales. La máquina remachadora ofrece mayor consistencia, productividad y menor costo en comparación con el remachado manual.








Spill detection: Proceso para comprobar que las piezas se ajusten en los clamps de las máquinas y comprobar los poka yokes mecánicos.

Burst Build: Primeras pruebas de la línea se toman los tiempos de cada ciclo, se registra la cantidad de ensambles realizados durante un tiempo determinado tomando en cuenta los requerimientos de calidad.

Insurance Institute for Highway Safety (IIHS): EL Instituto de Seguros para la Seguridad en las Carreteras es una organización científica y educacional independiente, sin fines de lucro dedicada a disminuir las pérdidas (muertes, heridas y daños materiales) en accidentes en los Estados Unidos.

Crash Test: Una prueba de choque es una forma de prueba destructiva que generalmente se realiza para garantizar estándares de diseño seguros en cuanto a resistencia a los choques y compatibilidad con choques para varios modos de transporte (ver seguridad del automóvil) o sistemas y componentes relacionados.

A.2 Rango de evaluación del Insurance Institute for Highway Safety

Key	
 Good	 Superior
 Acceptable	 Advanced
 Marginal	 Basic
 Poor	