

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

Reingeniería de la línea de montaje de una automotriz con aplicación de los principios de la Automatización, Industria 4.0 y Lean Manufacturing

Reina, Nayla – 1061689

Doble titulación: Ingeniería Industrial e Ingeniería Electromecánica

Tutor:
Ing. Carrazan, Luis

Firma del tutor:



Ing. Luis Carrazan

Fecha de entrega: 29/10

Avance del 100% del PFI

2022

UADE

UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Resumen

Este Proyecto Final de Ingeniería tiene como objetivo realizar la re-ingeniería de una línea de montaje de vehículos de la planta de Wolfsburg, en Alemania, perteneciente a la empresa Volkswagen. Esta re-ingeniería se centrará en la implementación de los diferentes elementos que definen la Industria 4.0, automatización avanzada y, a su vez, se evidenciará cuales son los conceptos de Manufactura Lean aplicada a la producción en masa prevalecerán incluso con un alto nivel de digitalización.

Como resultado, se podrá apreciar con alto nivel de detalle el futuro de la manufactura y como este se caracteriza en la captura, almacenamiento y análisis exhaustivo de los datos masivos en orden de crear información en tiempo real. Esto último conformará una de las próximas revoluciones digitales, permitiendo agilizar la toma de decisiones y en consecuencia la eficiencia de todo proceso productivo que la atraviese.

Abstract

This Final Engineering Project aims to carry out the re-engineering of a vehicle assembly line at the Wolfsburg plant, in Germany, belonging to the Volkswagen company. This re-engineering will focus on the implementation of the different elements that define Industry 4.0, advanced automation and, also, it will show which of the multiple Lean Manufacturing's concepts applied to mass production will prevail even with a high level of digitization.

As a result, it will be possible to appreciate in great detail the future of manufacturing and how it is characterized by the capture, storage and exhaustive analysis of massive data in order to create information in real time. The latter will form one of the next digital revolutions, allowing faster decision-making and consequently increase efficiency of any production process that goes through it.

Índice

Resumen	2
Abstract	3
1. Introducción	8
1.1. Evolución histórica y estrategias industriales de la industria automotriz	8
1.2. Etapas industriales	27
1.3. Manufactura digital avanzada e integrada	34
2. Manufactura digital	41
2.1 Tendencias tecnológicas que lideran el futuro de la fabricación	43
2.1.1 Diseño generativo	43
2.1.2 Soluciones avanzadas de manufactura	43
2.1.3 Manufactura aditiva o impresión 3D	44
2.1.4 Hiper-conectividad y colaboración en la nube	45
2.1.5 Transición de la Industria 3.0 a la Industria 4.0	46
2.1.6 Cambio impulsado por el consumidor en la fabricación	53
2.2. Industrial Internet de las Cosas (IIoTs)	55
2.2.1. IIoT (Industrial Internet of Things): sensores y sus aplicaciones industriales	59
2.3 Hilo digital (Digital Thread)	64
2.3.1. Componentes de la fabricación digital	64
2.3.2. Implementación del hilo digital	65
2.3.3. Fabricación aditiva y sustractiva	71
2.3.4. Instrucciones de trabajo digitales	75
2.4. Big Data	83
2.4.1. Sistemas de información	83
2.4.2. Análisis de datos	86
2.4.3. Big Data: datos tradicionales versus masivos	91
2.4.4. Almacenamiento y pre-procesamiento de datos	93

2.4.5. Análisis de sensibilidad, detección de anomalías y plataformas computacionales	95
2.4.6. HPC (High Performance Computing) y CC (Cloud Computing)	97
2.4.6. Data sharing, interoperabilidad y datos semánticos	98
2.5 Intelligent Machining (IM)	102
2.6 Ciberseguridad en la manufactura	110
2.7 MBSE: Model - Based Systems Engineering	114
2.8 Gemelos Digitales	117
2.9 Manufactura aditiva	119
3. Lean Manufacturing	121
3.1 Operation management: tipos de sistemas de producción	121
3.2 Distribución en planta	122
3.3 Capacidad	124
3.4 Fabrica visual y 5's	125
3.5 Trabajo estandarizado	128
3.6 Jidoka	128
3.7 Justo a tiempo	129
4. Robótica industrial moderna	131
4.1. Robótica industrial	131
4.2. Descripciones espaciales y transformaciones	134
5. CAD (Computer-Aided Design) & Manufactura digital	136
5.1. Digital manufacturing con Autodesk Fusion 360	136
5.1.1 Diseño sustentable	150
5.1.2 Fusion 360/CAD/CAM Autodesk versus Tinkercard/SolidWorks	154
5.1.3 Factory Design Utilities y análisis de proceso	158
6. Maquinaria de CNC en Autodesk	160
6.1. Introducción a CAD/CAM/CNC	160
6.2. Mecanizado de tres ejes	165

6.4. Trayectorias CNC multieje	166
7. Diseño generativo para la manufactura digital	166
8. Re-ingeniería	168
8.1. Descripción general del proceso productivo	168
8.2. Tecnologías y materiales aplicados a la construcción de vehículos	185
8.3. Etapa 1: proceso de estampado en frío y soldadura	191
8.3.1. Acero bajo en carbono	191
8.3.2. Materiales metálicos alternativos para la carrocería	197
8.3.3. Conformación metálica	202
8.3.4. Requerimientos estructurales del chasis y la rigidez torsional	206
8.3.5. Seguridad ante impacto y cálculo de la desaceleración promedio del vehículo hacia la parte trasera de la zona de aplastamiento	210
8.3.6. Evaluación de durabilidad y el campo de pruebas virtual (VPG)	216
8.2.7. Carrocería en blanco	220
8.2.8. Componentes de la carrocería en blanco	223
8.2.9. Esquema de montaje y soldadura	226
8.2.10. Selección de prensas	235
8.2.11. Procesos de soldadura	240
8.2.13. Flujo del proceso y mapeo de pérdidas	263
8.4. Etapa 2: pintura	280
8.4.1. Descripción del proceso	280
8.4. Etapa 3: ensamblaje	292
8.5. Etapa 4: Testeos	296
8.6. Ingeniería de manufactura y evaluación de eficiencia	297
8.6.1. Diagramas de operación y cálculo del Tiempo del Ciclo del Trabajo (WCT)	297
8.6.2. Esfuerzo de tracción (TE) y el gradiente de resistencia/asistencia	301
8.6.3. Resistencia aerodinámica o fuerza de arrastre (D)	303
8.6.4. Resistencia de rodadura (RR)	306
9. Conclusión	312

Bibliografía	313
---------------------	------------

Referencias Web	317
------------------------	------------

1. Introducción

1.1. Evolución histórica y estrategias industriales de la industria automotriz

Los cambios más importantes en las estrategias industriales utilizadas son, por un lado, la evolución del mercado y las condiciones de uso de los vehículos como también la disponibilidad de nuevas tecnologías delimitadas por restricciones ambientales, de acceso a recursos, nuevas tendencias (un claro ejemplo de esto es la creciente demanda de autos eléctricos) y de seguridad. Es claro que la competencia entre los fabricantes conduce a diferentes velocidades de desarrollo tanto de cambios tecnológicos y en gestión de fuerza laboral.

Teniendo en cuenta los desarrollos sociales, tecnológicos, económicos y de gestión se pueden diferenciar diversos períodos históricos:

A. 1885/1905 – Pioneros y el nacimiento de grandes marcas

Históricamente, el nacimiento del automóvil se inició en Europa y caracterizaría todo el siglo XIX desde el punto de vista de la innovación. Los primeros autos se producían con métodos artesanales, las instrucciones operativas para montar el vehículo transformaban directamente a los ingenieros en artesanos. Estos estaban plagados de defectos funcionales que solo se podían resolver después de largas sesiones de prueba y error en la ruta que eran realizadas por expertos de la mecánica. Esta fase pionera de la historia Europea permitió el desarrollo de varias técnicas y escuelas especializadas. Las mejores diseños a nivel ingenieril vinieron de Austria y Alemania, mientras que las mejores soluciones de estructuras y carrocerías provinieron de Francia e Italia. Con la introducción de las primeras máquinas y herramienta automáticas se habían logrado evidente mejoras en los métodos de producción. Es en este período cuando comienza a funcionar el primer centro de investigación en colaboración con Universidades Técnicas y Científicas con el objetivo de producir con un alto nivel de consistencia. Así es que ocurrió la transformación de la producción automotriz el cual partió de ser un proceso artesanal para convertirse en un uno industrial.

En Europa durante el período conocido como “Época de la campana” muchos de los fabricantes de automóviles pequeños y medianos comenzaron a trabajar, muchos de sus productos fueron seleccionados por clientes de mucha exigencia prácticamente solo se trataba de la nobleza y la clase alta, quienes seguían interesados en la innovación técnica y las soluciones

originales. Por el contrario, en Estados Unidos de América debido a la necesidad de viajar largas distancias en territorios desafiantes, se buscaba lograr un diseño de los automóviles más prácticos y funcionales. A su vez, si bien en EE.UU habían menos fabricantes de automóviles que en Europa habían más oportunidades de encontrar capital para la inversión.

B. 1905/1925 – Producción en masa: Modelo estratégico de Ford

Henry Ford comprendió que el automóvil podía convertirse en un producto de masas con la adquisición de ciertas características fundamentales, como la funcionalidad confiable y una gran versatilidad. La verdadera clave del éxito residía en crear una capacidad de producción rápida para satisfacer la creciente demanda y también granar la competencia en el mercado. Para hacer esto, Henry Ford combinó su ideal con el modelo de Frederick Winslow Taylor para la organización científica del trabajo:

- Elementos o partes intercambiables del producto
- Producción organizada por método y tiempos de trabajo predefinidos
- Simplificación de tareas laborales por especialización
- Motivación para acelerar la producción en un corto período de tiempo

Frederick Winslow Taylor fue un ingeniero mecánico y economista estadounidense, promotor de la organización científica del trabajo. En 1878 efectuó sus primeras observaciones sobre la industria del trabajo en la industria del acero. A ellas les siguieron una serie de estudios analíticos sobre tiempos de ejecución y remuneración del trabajo. Sus principales ideas se basaban en:

- Determinar científicamente el trabajo estándar
- Crear una revolución mental
- Crear un trabajador funcional (se instituyen en su trabajo publicado en 1903 llamado Shop Management)

Otros de sus múltiples trabajos reconocidos fueron los siguientes libros: Piece Rating System en 1895 y The Principles of Scientific Management en 1911.

La verdadera ventaja de este modelo era la facilidad con la que podía introducirse en el proceso de producción, reduciendo el costo de la mano de obra y resultando fácil de instalar en cualquier lugar. Si bien procesos como la impresión de acero y la forja de metales requerían soluciones intensivas en capital y recursos en el área de ensamblaje final, el producto podía transportarse mediante una línea de flujo continuo, agregando materiales y componentes progresivamente en diferentes estaciones en las que los trabajadores seguían. Estándar de Procedimientos Operativos, era el comienzo de la cadena de montaje.

El corte y mecanizado de metales se organizaron en una unidad especial, utilizando equipos de alta cadencia y la producción organizada en lotes. Como consecuencia de estas soluciones, se hicieron necesarias grandes áreas de almacenamiento, cuya gestión exigía la creación de un departamento de gestión de materiales. La gestión logística fue asistida por los sistemas de procesamiento de datos disponibles en ese momento. Para superar las dificultades logísticas y el cambio de gestión con los proveedores, Ford concentró principalmente el proceso de producción en su planta propia de Detroit-Rive Rouge, alcanzando la tasa de producción de 1 millón de vehículos al año.



Interior de la fábrica Detroit-Rive Rouge en 1944



Línea de ensamblaje de Ford Motor Company

El éxito del Modelo "T", producido en varios estilos diferentes en el mismo bastidor y con el mismo motor, permitió a Ford alcanzar el 60 % del mercado estadounidense y mantener el 50% del mismo hasta 1920. Estos resultados sería el impulso para que otros fabricantes de automóviles, incluidos los de Europa, adoptaran estrategias similares para los sistemas de producción, incluso si el volumen de producción no fuera comparable.

La Primera Guerra Mundial frenó el desarrollo de la industria del automóvil y dio un gran impulso a la industria del vehículo industrial tanto agrícola como de transporte, mientras que la capacidad de producción destinada a vehículos militares pronto se reconvertiría a la fabricación de vehículos cívicos, aunque a menor escala productiva. Es innegable que, al final de este período, ciertas tecnologías especiales (neumáticos, aceros especiales, entre otros) desarrolladas para aplicación militar y bajos costos de combustible contribuyeron a la evolución de la funcionalidad del coche.



Model T en el museo Dearborn, Michigan

C. 1925/1965 – El segundo cambio en la gestión: orientación hacia la diversificación del producto y especialización de plantas

A principios de la década de 1920, las estrategias de Ford comenzaron a mostrar algunas limitaciones tan pronto como los clientes comenzaron a buscar ofertas más creativas y productos más personalizados, comenzaban a solicitar la inclusión de características que no se encuentran en los automóviles Ford. En 1921, General Motors, propietaria de Chevrolet, Cadillac, Oldsmobile, Buick y las marcas Pontiac, bajo el liderazgo de su tercer presidente A.P.

Sloan, desarrollaron una nueva estrategia: fabricar autos en serie con una gama de productos más amplia según las necesidades económicas del cliente.

General Motors desarrolló el tema de la diversificación de productos sin utilizar los criterios organizacionales de F. W. Taylor de la década anterior. Se establecieron plantas por marca y clase de auto y, al mismo tiempo, se establecieron sinergias de escala para producciones intensivas en capital: fundición y forja, estampación de acero, fabricación de sistemas de propulsión, sistemas eléctricos, etc. Todas estas actividades eran controlados por la Holding Company mientras que la producción se asignaba a plantas específicas conectadas por ferrocarril a las plantas de ensamblaje final. Prácticamente, A.P. Sloan comenzó a reubicar los procesos administrativos y de fabricación, asegurando el control financiero y económico central. Las plantas ahora no solo eran centros de costos sino también centros de ganancias que estaban llamados a proporcionar sus propias inversiones.

Con esta nueva estrategia industrial, General Motors superó a Ford en participación de mercado, aumentando el flujo de efectivo para utilizarlo en el aumento de la capacidad de producción y la expansión de la red de concesionarios, así como también mejoró la asistencia técnica posventa. Solo algunos años más tarde, después de la "gran depresión" de la década de 1920, Ford recuperó su posición en el mercado automovilístico al replantearse su estrategia, poniendo fin a las actividades de producción en Rive Rouge, una planta que tenía una densidad de equipos demasiado alta y un tamaño demasiado grande lo que dificultaba su administración e incrementaba sus costos.

En Europa, especialmente en Italia, Alemania y Francia, la producción en masa de un automóvil de muy bajo costo fue el concepto principal, aunque no se concretó por completo hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

De hecho, durante la década de 1950, en pleno renacimiento económico, las automotrices europeas comenzaron a seguir el modelo estratégico de Ford para acelerar la producción en masa lo más rápido posible, tanto que ciertos equipos específicos se importaban directamente de Michigan e Illinois o construido en Europa con licencia americana.

Los autos europeos tenían grandes diferencias en comparación con los autos estadounidenses: los autos producidos en masa son de tamaño pequeño y más ágiles, mientras que los autos de primera clase son más rápidos y refinados. El bastidor está unido a las ruedas delanteras y la carrocería es autoportante (concepto Lancia). Emplean una solución de tracción

delantera, propuesta primero por Citroen y luego refinada por FIAT en producción en masa con el sistema de tren motriz ensamblado en cruz. Los motores exhiben un mayor rendimiento gracias a sistemas de carburación con válvula muy sofisticados. Estas soluciones serían adoptadas posteriormente por los principales fabricantes de automóviles europeos y japoneses una vez que sus soluciones de fabricación se adaptaran a la producción en serie.

D. 1965/1980 – Difusión internacional de la producción en masa, crisis del petróleo y políticas de protección al cliente

Ford y General Motors exportaron su modelo de gestión industrial a todo el mundo, haciendo que su negocio creciera considerablemente. Además, desarrollaron importantes capacidades de producción tanto en Europa Occidental como luego en América del Sur y el Lejano Oriente. Incluso los fabricantes de automóviles europeos siguieron las estrategias de desarrollo del mercado internacional: intentaron exportar una gran cantidad de automóviles a América del Norte y construyeron nuevas plantas en países emergentes mediante sistemas CKD (Completely Knocked Down). Fiat y Renault estuvieron particularmente involucrados en los países URSS y COMECON en el suministro de conocimientos y equipos específicos para la producción en serie en masa.

Mientras tanto, los fabricantes de automóviles japoneses habían comenzado a utilizar soluciones para sistemas de producción similares a los que han tenido éxito en los países occidentales, aumentando sus capacidades de producción año tras año, comenzando con los mercados internos y del Pacífico Sudeste. A lo largo de la década de 1970, pudieron mejorar su estándar de tal manera que la exportación a Europa y América del Norte mejoró correspondientemente.

Para lograr estos objetivos, instituyeron un sistema de trabajo extenuante mucho más allá de lo que se encuentra en América del Norte y Europa, los permitían que sus trabajadores creyeran que tenían derecho a una vida fuera del trabajo. En el mismo período, se establecieron en Italia algunos centros importantes de ingeniería y diseño de modelos de estilo, muchos dedicados a diseños especiales para automóviles deportivos y de lujo (Pininfarina, Bertone, Ghia... y más tarde Italdesign). El diseño de estilo y las características funcionales, como la aerodinámica del vehículo, se desarrollaron con metodología científica y técnicas

experimentales que permitieron obtener resultados significativos tanto en el aspecto técnico como en el de la estética.

Estas soluciones serían utilizadas posteriormente para la producción en masa incluso por los fabricantes de automóviles más grandes del mundo.

A principios de la década de 1970, después de una década de crecimiento, los fabricantes de automóviles más grandes alcanzaron el nivel máximo de empleo histórico en sus plantas y su influencia en el desarrollo socioeconómico de los países industrializados fue muy alta. En Europa a finales de los años 60, los sindicatos y la agitación social general limitaron el aumento de los volúmenes de producción (especialmente en Inglaterra, Francia e Italia). Para superar el problema de la “desafección laboral”, era necesario revisar el modelo taylorista, mientras que en Alemania y Japón el modelo de relación industrial se mantuvo constante de acuerdo con la productividad y el crecimiento industrial. Durante 1973-1974, después de un largo período de mejora continua, la industria automotriz, particularmente en Europa, sintió el impacto de la gran crisis del petróleo. Además, las políticas de "protección al cliente" y "ahorro de emisiones y energía" aprobadas en los EE. UU. se convirtieron en una gran limitación para la capacidad de revisar los criterios y soluciones de desarrollo de productos, especialmente para el sistema de propulsión y los sistemas de escape, por lo que se buscaron diferentes soluciones. Especialmente para el tren motriz y los sistemas de escape, por lo que se necesitaban soluciones diferentes para el mercado de automóviles de América del Norte que las que se estaban desarrollando en Europa.

Después de la segunda crisis del petróleo en 1979, algunos de los principales nombres de la industria automotriz (Daimler-Benz, Fiat, Saab-Scania) comenzaron a diferenciar sus actividades industriales para minimizar los efectos del mercado de automóviles en los resultados económicos. En cuanto a la evolución de los sistemas de fabricación, hasta mediados de la década de los 70, los equipos se basaban mayoritariamente en la automatización dura y el trabajo en ciclos fijos. Para cada cambio de modelo, se necesitaban grandes inversiones y largos períodos de parada de la producción, lo que provocaba un retraso en el lanzamiento de nuevos productos. El ciclo de vida del producto era de hasta 12/15 años para los fabricantes de automóviles estadounidenses.

En los años siguientes, fue clave la introducción de "sistemas de producción programables" (Máquinas de Control Numérico, Centros de Máquinas Multioperacionales,

Equipos Robotizados) junto con sistemas informáticos basados en tecnologías digitales desarrollados en EE.UU. con capacidad para mejorar la gestión de los sistemas logísticos.

Durante el mismo período, la industria europea de máquinas y herramientas no solo mejoró, sino que lo hizo lo suficiente como para superar a su contraparte estadounidense, como lo hizo nuevamente unos años más tarde con los japoneses. La primera generación de sistemas de producción flexibles, los llamados CIM (sistema de fabricación integrado por computadora), nació en este período, pero, debido al nivel complejo de tecnología, estos sistemas resultaron difíciles de administrar.

En Japón, Toyota siguió una estrategia industrial completamente nueva, cuyo objetivo principal era la calidad del producto, los procesos de producción ajustados y la participación personal. Kiichiro Toyoda (fundador de Toyota) le dio a Taiichi Ohno la tarea de desarrollar metodologías efectivas para prevenir errores de diseño y fabricación. Las habilidades profesionales se desarrollaron a través de una rigurosa "escuela de empresa". Todos los empleados operativos se involucraron en la mejora continua (kaizen) a través del trabajo en equipo.

Este modelo organizativo tuvo éxito y se extendió rápidamente por toda la industria japonesa. En poco tiempo, los fabricantes de automóviles japoneses se habían vuelto muy competitivos, obteniendo más y más cuotas del mercado estadounidense de automóviles cada día y desafiando a las tres "grandes empresas" (GM, FORD y CHRYSLER) durante la parte final de este período histórico.

E. 1980/1995—Nuevas estrategias de cooperación entre Productores Finales y Medios. Difusión del modelo organizacional japonés: "calidad total" y "producción esbelta"

En los años 80 comenzó una nueva era de progreso en la industria automotriz. El producto final se volvió más complejo desde el punto de vista tecnológico, gracias, en parte, a las restricciones ecológicas y de seguridad y también a las solicitudes de los clientes en cuanto a funcionalidad y comodidad. La capacidad de integrar los sistemas electrónicos de control de motores, seguridad y aire acondicionado representó un factor clave para el éxito.

Para el transporte de mercancías se desarrolló una nueva generación de vehículos de alta capacidad con mayores restricciones de seguridad y disponibilidad.

Para este propósito, las industrias de componentes asumieron un papel cada vez más importante que en el pasado, transformándose de productores de piezas simples en desarrolladores de subsistemas de productos funcionales, basados en las pautas de los fabricantes de automóviles.

El modelo de cooperación entre los productores finales e intermedios se estructuró en diferentes perfiles estratégicos, basados en una macroindustria de necesidad:

I. **El modelo alemán:** promovió a los proveedores locales como líderes de las actividades de investigación y desarrollo, reservando la aplicación prioritaria de las innovaciones para los fabricantes de automóviles alemanes. Por ejemplo, la alianza estratégica de innovación entre Bosch y Mercedes.

II. **El modelo japonés:** llevó a los fabricantes de automóviles a apoyar la cadena de suministro como primer nivel de capacidad de investigación y desarrollo, vinculándolos a través de la participación de inversiones de capital de la empresa (por ejemplo, Toyota controlando a Denso) en lugar de promover fondos sin ninguna tasa de interés.

III. **El modelo estadounidense:** comercialmente más abierto y orientado a obtener los máximos resultados económicos en un corto plazo, llevó a las automotrices a seleccionar una cadena de suministro concentrada en proveedores independientes con liderazgo en el mercado; estos se dedicaron luego a desarrollar un sistema de producción mundial, descentralizando los procesos intensivos en mano de obra hacia países con bajos costos de fabricación.

Para otros departamentos industriales, las relaciones entre los fabricantes de automóviles y sus proveedores tendieron mayoritariamente hacia el modelo americano. Debido a una mayor complejidad del producto, la mayoría de los fabricantes de automóviles utilizaron proveedores específicos para la fabricación de piezas específicas y la ingeniería e instalación de equipos. Esta estrategia se llama "tercerización" y ayudó a las plantas a reducir la complejidad de la gestión en los procesos internos. La producción de componentes de alta tecnología se concentraba en unos pocos proveedores líderes del mercado.

Durante la década de 1980, los principales fabricantes de automóviles, en particular, Volkswagen, Fiat y Volvo, utilizarían la automatización dura, con importantes inversiones en el aumento de la productividad y la mejora del entorno laboral. Los sistemas de

fabricación flexibles y polivalentes se utilizaron con moderación para efectuar un cambio rápido de la gama de productos con inversiones menos específicas. Incluso se utilizaron sistemas TIC (Tecnologías de la información y la comunicación).

Las máquinas herramienta de control numérico, equipadas con sistemas de autocompensación, ayudaron a lograr una precisión muy alta: 5000 mm para unir piezas cinemáticas y 1/500 mm para unir piezas estructurales de vehículos. Además, el acero de alta resistencia cincado y el revestimiento anticorrosivo permiten a los motores y vehículos prolongar considerablemente su vida técnica.

Nuevos modelos de automóviles más interesantes y seguros generaron nuevas necesidades en el mercado automovilístico. Así nació un nuevo mercado: el mercado de coches de segunda mano. La facilitación gubernamental en Europa occidental, orientada a reducir la contaminación ambiental, ayudó a los clientes a comprar un automóvil nuevo. Como consecuencia, el mercado de segunda mano cobró mayor importancia.

A principios de la década de 1990, el evento industrial más relevante sería la llamada "estrategia de trasplante", en la que los fabricantes de automóviles japoneses establecieron plantas de ensamblaje final en América del Norte y Europa Occidental, aumentando las cuotas de mercado.

Durante este período histórico, incluso en las empresas occidentales, el modelo de fabricación japonés comenzó a extenderse. Las principales características de la denominada Gestión de Calidad Total y Producción Esbelta son:

1. Orientación a la calidad total, obtenida centrándose en el cliente final y aplicando actividades de mejora continua.
2. Involucramiento de las personas en el departamento de desarrollo de productos mediante el uso de un enfoque de trabajo en equipo.
3. Reducción del "time to market" al liderar actividades paralelas de diseño de productos, creación de prototipos e ingeniería de fabricación (ingeniería simultánea).
4. Simplificación de los procesos logísticos en planta (justo a tiempo, kan-ban, entre otros);
5. Aplicación de sistemas de fabricación modular (sistemas ágiles).
6. Máxima utilización del equipo y mínimo costo unitario de producción, asumiendo la suavidad de la producción.

Este modelo, originario de Toyota, fue abordado progresivamente por varios fabricantes de automóviles y productores de componentes, aunque fueron necesarios algunos cambios y personalizaciones, debido a los diferentes contextos sociales y culturales. La máxima limitación de este modelo era principalmente la suavización de la producción que, en un mercado de automóviles muy variable, suele ser difícil de aplicar. Incluso en Japón al final de este período, la crisis económica afectaría el compartimento industrial, haciendo que reaccionara brillantemente en la próxima década.

F. 1995/2005 - Globalización del mercado e integración de los procesos productivos a escala mundial

Algunos hechos importantes como la creación de las Zonas de Libre Cambio (Comunidad Europea, NAFTA, ASEAN, entre otros), la reunificación de Alemania tras el derribo del Muro de Berlín, la reapertura de los mercados de Europa del Este, llevaron a los fabricantes de automóviles y sus proveedores a construir nuevas plantas importantes en Europa del Este (Alemania, Polonia), Turquía, Brasil y el Lejano Oriente de Asia. Los mercados globalizados, en consecuencia de las políticas de libre comercio, llevaron a las grandes empresas a revisar seriamente sus estrategias industriales. Se introdujo el concepto de “automóvil mundial” y la estrategia de producción y gestión del suministro de componentes a escala a nivel mundial (abastecimiento global). Se firmaron varias integraciones industriales y empresas conjuntas para el desarrollo de nuevos productos.

Para las políticas de desarrollo de productos, las marcas tendieron a aumentar el número de productos especializados mediante la introducción de nuevos vehículos polivalentes utilizando soluciones estandarizadas para motores y bastidores espaciales. Otro fenómeno distintivo fue el auge de los motores diésel de inyección directa, los denominados "common rail-multi jet" (solución diseñada por FIAT, desarrollada industrialmente por Bosch, y pronto aplicada por la mayor parte de las automotrices europeas y japonesas, a menudo con algunas mejoras técnicas).

La introducción de nueva tecnología para el ensamblaje de material permitió estructuras de vehículos más ligeras y mejoró el rendimiento, el consumo de combustible y la seguridad. En esta área, los mejores desempeños fueron Audi y Ferrari para soluciones de

estructuras espaciales de aluminio y Volkswagen para aceros de alta resistencia y la aplicación de técnicas de soldadura por láser.

Las innovaciones en la estructura de los vehículos y el desarrollo de motores diésel de nueva generación, junto con la investigación de soluciones alternativas de suministro energético, han supuesto un aumento significativo de los gastos económicos en Investigación y Desarrollo respecto a la década anterior.

Mientras tanto, las capacidades de producción en las principales áreas industriales (América del Norte y Japón, Europa Occidental y Corea del Sur) eran tan grandes que el mercado estaba inundado. Como consecuencia, en la segunda mitad de la década de 1990, el escenario competitivo se volvió crítico y la mayoría de los fabricantes de automóviles sin una presencia fuertemente establecida en todos los mercados se encontraron en una crisis financiera y se vieron obligados a agregarse a grupos industriales más grandes.

Varias concentraciones y alianzas entre empresas formadas en este período durarían hasta la próxima generación de importantes activos industriales. Los principales fueron Renault-Nissan, la adquisición de Daewoo por parte de General Motors, la adquisición de Seat y Skoda por parte de Volkswagen, la alianza de cofabricación entre Fiat y PSA para vehículos comerciales ligeros y la de PSA y Ford para una nueva generación de motores diésel.

Por el contrario, se reconsiderarían otros importantes enlaces entre empresas como consecuencia de resultados fallidos: la alianza GM-Fiat pasó de ser una colaboración automotriz total a la producción única de motores Diesel-Multijet, mientras que la alianza Daimler-Chrysler fue un esfuerzo conjunto que se simplificó a la venta de Chrysler en el lado de Daimler Benz.

Para otros compartimentos industriales, como vehículos comerciales pesados y medianos, o equipos agrícolas y de construcción, ya se habían producido alianzas similares en el pasado. Por ejemplo, IVECO, con la adquisición de las marcas Fiat/OM, Magirus, Unique y Pegasus, fue uno de los ejemplos más importantes. Al mismo tiempo, CNH, que se unió a Fiat New Holland y Case, también se convirtió en una empresa mundial con su propio compartimento industrial. Los objetivos estratégicos de estas integraciones industriales fueron:

- alcanzar sinergias importantes desde un punto de vista económico mediante el uso de la investigación y el desarrollo en una plataforma común y nuevas inversiones.

- aumentar el poder contractual en la adquisición de materiales, componentes y equipos.

- aumentar las cuotas de mercado en los mercados mundiales ampliando el número de modelos ofrecidos y dejando misiones exclusivas a marcas únicas.

Para alcanzar estos objetivos, los grandes fabricantes de automóviles siguieron la estrategia de potenciar las capacidades de la investigación y el desarrollo y las características distintivas de las marcas individuales, al mismo tiempo que aseguran la eficacia de la cooperación entre las empresas participantes. Las tecnologías digitales modernas para la comunicación facilitaron el intercambio de datos y los flujos logísticos a escala mundial. Incluso los proveedores de componentes y equipos siguieron las mismas estrategias, asumiendo que las políticas de producción esbelta y calidad total eran la única manera de ser competitivos en el desafío determinado por los fabricantes de automóviles.

En el último período, Toyota y BMW habían logrado un gran éxito, con cuotas de mercado en aumento y resultados económicos constantemente positivos, sin la integración de cualquier otra empresa y únicamente a través de la inversión en innovación de productos.

A pesar de una reducción en las economías, el interés en vehículos especiales para clientes de élite no disminuyó. Algunas marcas importantes utilizaron nuevas tecnologías para desarrollar estilos originales a pequeña escala de prestigio para autos especiales: Porsche y Ferrari fueron las mejores marcas para super autos, además de que BMW y Alfa Romeo lanzaron otros autos deportivos interesantes.

G. 2005/Actualidad - Crisis Internacionales y Nuevos Escenarios Mundiales en la Industria Automotriz

El escenario general de la industria automotriz en este momento estaba directamente relacionado con una gran crisis económica que involucraba a todas las automotrices a nivel mundial. La sobreproducción coincidió con la contracción del mercado de automóviles. Esta situación llevó a algunos fabricantes de automóviles al borde de la quiebra, en todo el mundo, pero especialmente en América del Norte. En 2009, el gobierno de EE. UU. tuvo que intervenir para salvar puestos de trabajo y ofreció la posibilidad de una administración controlada, proporcionando financiación temporal para fomentar nuevas inversiones. Los tres grandes fabricantes de automóviles estadounidenses, General Motors, Ford y Chrysler, fueron

sometidos a una administración controlada hasta que se pudo concebir un nuevo escenario industrial.

Ford y General Motors, pudieron contar con organizaciones industriales más robustas, por lo que, a través de una profunda revisión de sus estrategias industriales y comerciales, pudieron refrescar sus posiciones y asegurar al gobierno estadounidense una sólida recuperación. Mientras que Chrysler salía de una empresa conjunta fallida con Daimler y era incapaz de reorganizarse por sí misma. El Gobierno de los Estados Unidos, después de analizar varias posibilidades, patrocinó una alianza con FIAT que, en términos de gama de productos y tecnologías de propulsión, podría ofrecer las garantías correctas de éxito. En solo dos años, la cooperación industrial entre las empresas condujo a un pago completo de la deuda del gobierno y, a fines del verano de 2011, FIAT poseía la mayoría de las partes interesadas, lo que sacó a Chrysler de la bancarrota.

En este escenario, nuevas empresas conjuntas, como FIAT y Chrysler, dan una nueva estructura al papel del fabricante de automóviles, mientras que se requieren soluciones para un vehículo más ambientalmente sostenible para resolver definitivamente la crisis del mercado del automóvil y brindar nuevas oportunidades para renovar toda la industria. Un escenario en el que todos los grandes fabricantes de automóviles restantes intentan avanzar lo más rápido que pueden, mirando también a la evolución de las situaciones sociales y políticas en las grandes áreas industriales. En un mundo tan industrializado, la supervivencia de un fabricante de automóviles está ligada más que nunca a la posibilidad de compartir costos a través de alianzas, ganar la economía de escala adecuada y tratar de minimizar todos los factores de costo vinculados a la industrialización.

En la actualidad podemos observar cambios realmente significativos, que en gran parte fueron originados por la empresa Tesla Motors. Esta coorporación, nueva dentro del sector automotriz, no solo demostró que el futuro debe evolucionar a un mercado mayormente dominado por la presencia de autos eléctricos. Estos por supuesto tienen una huella de carbono para poderlos producir, pero es un 50% de reducción en la emisión de gases contaminantes si los comparamos con un auto diésel. Tesla fue fundada en 2003 por un grupo de ingenieros que querían demostrar que las personas no necesitaban comprometerse con ser mejores consumidores y más responsables con el medio ambiente para elegir conducir un vehículo eléctrico, que los vehículos eléctricos pueden ser mejores, más rápidos y más divertidos de

manejar que los autos convencionales. Hoy, Tesla construye no solo vehículos totalmente eléctricos, sino también productos de almacenamiento y generación de energía limpia infinitamente escalables. Tesla cree que cuanto antes el mundo deje de depender de los combustibles fósiles y avance hacia un futuro de cero emisiones, mejor.

Lanzado en 2008, el Roadster presentó la tecnología de batería de vanguardia y el tren motriz eléctrico de Tesla. A partir de ahí, Tesla diseñó el primer sedán totalmente eléctrico premium del mundo desde cero, el Model S, que se ha convertido en el mejor automóvil de su clase en todas las categorías. Al combinar seguridad, rendimiento y eficiencia, el Model S ha restablecido las expectativas del mundo para el automóvil del siglo XXI con el alcance más largo de cualquier vehículo eléctrico, actualizaciones de software inalámbricas que lo mejoran con el tiempo y un récord de tiempo de aceleración de 60 mph de 2.28 segundos medido por Motor Trend. En 2015, Tesla amplió su línea de productos con el Model X, el vehículo utilitario deportivo más seguro, rápido y capaz de la historia que cuenta con calificaciones de seguridad de 5 estrellas en todas las categorías de la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras. Completando el "Plan Maestro Secreto" del CEO Elon Musk, en 2016, Tesla presentó el Model 3, un vehículo eléctrico de bajo precio y alto volumen que comenzó a producirse en 2017. Poco después, Tesla presentó el camión Tesla Semi, que está diseñado para ahorrar a los propietarios al menos \$ 200,000 en un millón de millas solo en función de los costos de combustible. En 2019, Tesla presentó el Modelo Y, un SUV de tamaño mediano, con capacidad para siete personas, y Cybertruck, que tendrá una mejor utilidad que una camioneta tradicional y más rendimiento que un automóvil deportivo.







Tesla Semi Truck



Tesla Cybertruck

Tesla Motors es un reciente claro de ejemplo de un caso de éxito en la industria automotriz, la cual se caracteriza por tener grandes barreras de entrada basadas en tecnología y metodologías de producción como un gran prestigio logrado durante muchos años. Tesla pudo lograr hoy tener un lugar muy fuerte en el mercado y es reconocida como la empresa en el sector automotriz más valiosa. Pero tuvo en sus comienzos en principio su primer gran desafío, el sobrevivir a la crisis del 2008 en EE.UU. la cual la sobrevivió gracias al aporte de su CEO Elon Musk. Esta empresa comenzó abasteciendo un mercado de élite con autos que rondaban los 100 mil dólares, su primer modelo fue el Roadster el cual a su vez enfrentó grandes problemas de manufactura y calidad.



Tesla Roadster

Con la intención de comenzar a ofrecer un auto que fuera accesible para las masas es que nace el Model 3 con un target de producción de 5000 autos a la semana. A la brevedad de iniciar esta producción fue muy notable que no llegaban y retrocedieron a un target de 2500 autos a la semana y terminaron por confirmar que ni siquiera llegaban a producir 2100 autos por semana. Comenzaron a quedarse atrás con los pedidos, las personas que ya habían realizado el depósito para recibir el auto de 3 a 6 meses, empezaron a retirarlos lo cual fue una situación financiera muy compleja. El mismo CEO de la empresa describió la situación como “Production hell” ya que se encontrar con una dificultad que no sabían como superar. Para poder dar una respuesta a sus clientes Elon Musk realizó una entrevista en CBS This Morning a quienes les permitió filmar dentro de la fábrica, mostrando en qué sectores de la línea estaban

teniendo los mayores problemas e incluso comentó que la situación era tan mala que él mismo dormía dentro de la fábrica.

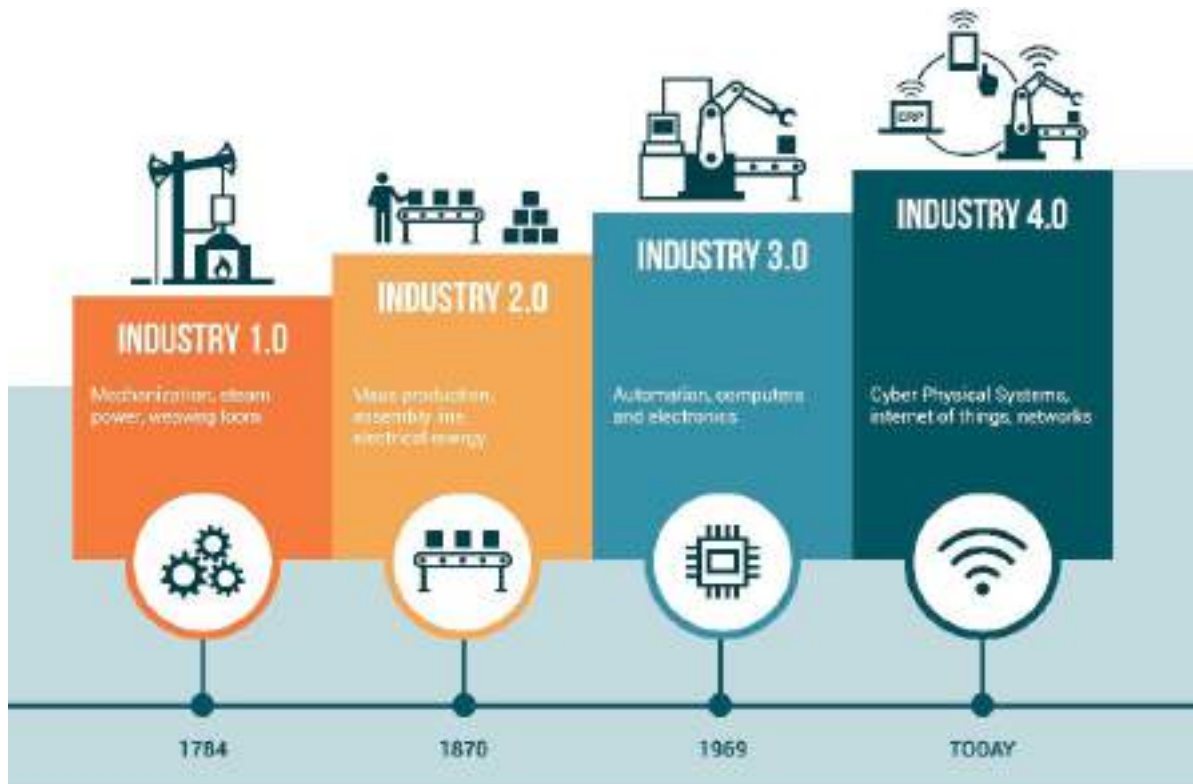


El CEO de Tesla Motors confirmó que instalaron tecnología que creían que era adecuada en la línea de producción y no resultó así, instalaron demasiada nueva tecnología en la línea de ensamblaje para la producción del modelo 3 de una sola vez. Esto último debería haber sido en etapas, es más, construyeron una de las líneas de ensamble más robotizadas del mundo, incluso reemplazaron con robots actividades que una persona podría hacer en menos tiempo.

La conclusión fue más que clara, este fue un claro ejemplo de la reingeniería incorrecta de una línea de producción, debe estudiarse en detalle desde el punto de partida en qué sectores realmente es conveniente la instalación de tecnología que permita automatizar la producción y en qué sectores se siguen consiguiendo tiempos de producción mucho menores si utilizamos la mano de obra humana. El costo que se incurre por sobre-automatizar una línea de producción o parte de la misma es muy alto, tanto por la tecnología instalada la cual es muy costosa como también la nueva reingeniería que se debe hacer para lograr un sistema de producción eficiente. Fueron tiempos difíciles para la empresa, gran parte de la inversión en la línea terminó no siendo de utilidad y removida del proceso, lo que claramente fue una pérdida y aprendizaje para la empresa.

1.2. Etapas industriales

A partir de la primera revolución industrial (1760-1840), se pueden establecer etapas sucesivas que dieron lugar a cambios en la manufactura que cambiaron el mundo para mejor.



Industria 1.0.

Fue caracterizada por:

- La realización de trabajos públicos o gubernamentales.
- Ejemplos: Pirámides de Egipto, Muralla China, acueductos de Roma, entre otros.
- La producción artesanal fue característica de la misma.

Esta etapa fue profundamente marcada por Karl Benz, fue un ingeniero alemán quien creó el primer vehículo equipado con motor de combustión interna en 1885. Fue un verdadero pionero de la automoción, fundó y dirigió su propia fábrica la cual fue clave para el crecimiento de la industria automotriz e impulsar el paso a la segunda etapa de la evolución industrial.



Karl Benz

Etapa industrial claramente marcada por la revolución industrial en 1770s en Inglaterra, reemplazó la fuerza humana por la de las máquinas. La invención de la máquina de vapor, par James Watt, definió fuertemente esta etapa. Otro caso importante fue el de Matthew Boulton nacido en Birmingham en 1728, finalmente se hizo cargo del negocio de su padre en la fabricación de pequeños productos de metal como hebillas de zapatos, de cinturón, botones, bisagras, ganchos y otras baratijas de metal. Al comienzo obtenía la mayoría de sus piezas de otros artesanos, pero en 1765, fusionó todos los pasos de producción en una nueva fábrica, llamándolo manufactura SOHO.

La fábrica de Soho se diferenció del resto al:

1. Emplear a tiempo completo trabajadores en vez de ocasionales jornaleros.
2. Se organiza en talleres individuales ubicados en secuencia de producción.
3. Algunas partes de la fábrica de Soho utilizaban una alta división del trabajo, mientras que otras todavía utilizaban al experto artesano a cargo de todos los pasos de la producción. Resultó que Soho no tenía suficiente energía acuática para alimentar toda su maquinaria. Usar caballos para conducir las máquinas resultó caro. Por lo tanto, se puso en contacto con James Watt sobre la posibilidad de tener un motor de vapor instalado para bombear agua a sus ruedas hidráulicas o para conducir la maquinaria directamente.

Industria 2.0.

En 1913 la primera línea de montaje que genera Henry Ford es la de ensamblaje del generador necesario para generar electricidad para las bujías, llamado magneto. Las mejoras de productividad logradas para la línea de magneto permitieron reducir el tiempo de trabajo total de 20 a 5 minutos. En la línea de montaje final el tiempo necesario para producir un automóvil se redujo de 12.5 a 6 horas, a 3 horas, y finalmente a 93 minutos, o un aumento en la productividad del 800%. Significaba que podía producir hasta 8 veces más productos con la misma fuerza de trabajo, o usar sólo una octava parte de la fuerza de trabajo por la misma cantidad. Reduce en gran medida el tiempo de trabajo y además el trabajador ya no necesitaba saber cómo ensamblar un automóvil completo, los conocimientos requeridos disminuyeron y, con ellos, el costo laboral por hora. La mayoría de los trabajadores en Ford eran inmigrantes no calificados, por lo general con una formación agrícola, y a menudo con poco o ningún manejo del idioma inglés, y por lo tanto la mano de obra más barata en el mercado.

Al usar una línea de ensamblaje, había menos espacio para colocar las piezas, pero también se necesitaban menos piezas. Como las partes retienen capital y sólo ocupan espacio, Ford pudo producir un automóvil con menos material a mano y, por lo tanto, con menos inversión. Por lo tanto, la línea de montaje generó enormes ganancias para Ford.

La administración científica del trabajo caracterizó esta etapa industrial y fue marcada por los siguientes pioneros:

I. Frederick Taylor

Ingeniero Mecánico y economista estadounidense y promotor de la organización científica del trabajo. En 1878 efectuó sus primeras observaciones sobre la industria del trabajo en la industria del acero. Luego hizo una serie de estudios analíticos sobre tiempos de ejecución y remuneración del trabajo.

II. Henry Gantt

Ingeniero industrial mecánico estadounidense. Fue discípulo de Frederick Winslow Taylor, siendo colaborador de éste en el estudio de una mejor organización del trabajo industrial. Sus investigaciones más importantes se centraron en el control y planificación de las operaciones productivas mediante el uso de técnicas gráficas, entre ellas el llamado diagrama de Gantt, popular en toda actividad que indique planificación en el tiempo. Su obra principal, publicada en 1913, se titula "Work, Wages and Profits" (Trabajo, salarios y beneficios).

III. Harrington Emerson

Fue un escritor empresarial norteamericano y defensor de las operaciones eficientes y del pago de premios para el incremento de la producción. Su libro, *The Twelve Principles of Efficiency* (1911), presentaba las bases para obtener operaciones eficientes:

1. Ideales definidos claramente.
2. Sentido común.
3. Asesoría competente.
4. Disciplina.
5. Trato justo.
6. Registros confiables, inmediatos y adecuados.
7. Distribución de las órdenes de trabajo.
8. Estándares y programas.
9. Condiciones .
10. Operaciones estándar.
11. Instrucción de la practica estándar por escrito.
12. Recompensa a la eficiencia

IV. Henry Ford

V. Henry Fayol

Ingeniero y teórico de la administración de empresas. Se graduó como ingeniero civil de minas en 1860 y desempeño el cargo de Ingeniero de un importante grupo minero y metalúrgico, la Sociedad Anónima Commentry Fourchambault. Es considerado el fundador de la escuela clásica de administración de empresas . Fue el primero en sistematizar el comportamiento gerencial. Definió 14 principios de la administración:

1. Subordinación de intereses particulares, a los intereses generales de la empresa: por encima de los intereses de los empleados, están los intereses de la empresa.
2. Unidad de mando: en cualquier trabajo un empleado sólo deberá recibir órdenes de un superior.
3. Unidad de Dirección: un sólo jefe y un sólo plan para todo grupo de actividades que tengan un sólo objetivo. Esta es la condición esencial para lograr la unidad de acción, coordinación de esfuerzos y enfoque.
4. Centralización: es la concentración de la autoridad en los altos rangos.

5. Jerarquía: la cadena de jefes que va desde la máxima autoridad a los niveles más inferiores.
6. División del trabajo: se debe especializar las tareas a desarrollar y al personal en su trabajo.
7. Autoridad y responsabilidad: es la capacidad de dar órdenes y esperar obediencia de los demás, esto genera más responsabilidades.
8. Disciplina: esto depende de factores como las ganas de trabajar, la obediencia y la dedicación un correcto comportamiento.
9. Remuneración personal: se debe tener una satisfacción justa y garantizada para los empleados
10. Orden: todo debe estar debidamente puesto en su lugar y en su sitio, este orden es tanto material como humano
11. Equidad: amabilidad y justicia para lograr la lealtad del personal
12. Estabilidad y duración del personal en un cargo: hay que darle una estabilidad al personal
13. Iniciativa: tiene que ver con la capacidad de visualizar un plan a seguir y poder asegurar el éxito de este
14. Espíritu de equipo: hacer que todos trabajen dentro de la empresa con gusto y como si fueran un equipo, hace la fortaleza de una organización

Industria 3.0.

La mecanización mejoró la fabricación al reemplazar la potencia muscular con potencia del agua, motores de vapor o electricidad. Sin embargo, en casi todos los casos, la fabricación todavía necesitaba un cerebro humano para controlar el proceso. Esto cambió con la invención y el posterior aumento de las computadoras electrónicas. La primera computadora eléctrica fue la Z3 construida por Konrad Zuse en Berlín, Alemania. El Z3 se basó en relés eléctricos y comenzó a calcular en 1941. El primero en usar las computadoras en la fabricación fue John Parsons, ahora considerado el padre del control numérico (NC). Después de la Segunda Guerra Mundial, Parsons estaba fabricando palas de rotor de helicóptero para el ejército de los EE. UU.

Una de estas aspas falló y el piloto murió. Para mejorar la resistencia de las cuchillas, Parsons propuso utilizar piezas de metal estampadas en lugar de piezas de madera dentro del rotor.

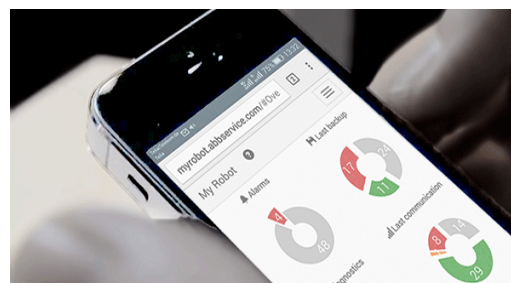
Usó una computadora IBM en 1946 para calcular la tensión en la pala del rotor, lo que resultó en una forma definida por 17 puntos. En efecto, este fue el primer prototipo de una máquina controlada por computadora, que pronto se conocería como máquinas de control numérico (NC). La computadora calculó las ubicaciones y, en este caso, dos operarios simplemente movieron la máquina a estas ubicaciones, pero esto hacía lento el proceso de maquinado, por lo cual condujo naturalmente a Parsons a la idea de automatizar el control de la herramienta también. Esta etapa se caracterizó por el movimiento de relaciones humanas el cual tenía su énfasis del factor humano en la producción, emergen teorías motivacionales por:

- I. Frederick Herzberg
- II. Douglas Mcgregor
- III. Abraham Maslow

Industria 4.0

Como el profesor Klaus Schwab, fundador de Foro Económico Mundial, ha descrito en su libro: “La cuarta revolución industrial”, estamos en medio de otra transformación.

La industria del futuro se caracterizará por la fuerte personalización de los productos, bajo las condiciones de un sistema de producción altamente flexible y extensa integración entre consumidores/productores.



“Aún tenemos que comprender plenamente la velocidad y la amplitud de esta nueva revolución. Tenga en cuenta las posibilidades ilimitadas de tener mil millones de personas conectadas por los dispositivos móviles, dando lugar a una potencia de procesamiento sin precedentes, las capacidades de almacenamiento y acceso a los conocimientos. O pensemos en la confluencia de avances tecnológicos emergentes, que abarcan campos de amplio alcance como la inteligencia artificial (IA), la robótica, el internet de los objetos (IO), los vehículos autónomos, la impresión 3D, la nanotecnología, la biotecnología, la ciencia de materiales, almacenamiento de energía y la computación cuántica, para nombrar unos pocos. Muchas de estas innovaciones están en su infancia, pero ya están llegando a un punto de inflexión en su desarrollo, ya que se mejoran y amplifican el uno al otro en una fusión de tecnologías a través de los mundos físicos y digitales.”

Según el Consejo de la Agenda Global del Foro Económico Mundial se plantean seis mega tendencias, las cuales son:

1. Las personas e internet: La información y el mundo alrededor de ellos está siendo transformado rápidamente a través de una combinación de tecnologías. Recordar que el uso de celulares en forma masiva, comienza hace 20 años. Las tecnologías portátiles mejorarán la “presencia digital” de las personas: celular implantado en el cuerpo, que permita comunicación, localización y monitoreo de la salud.

2. Informática, las comunicaciones y el almacenamiento de todo el mundo: El rápido descenso continuado en el tamaño y costo de las tecnologías informáticas y de conectividad está impulsando un crecimiento exponencial en el potencial de acceder y aprovechar internet. Un celular actual tiene la capacidad de procesamiento equivalente a 5.000 computadoras de hace 30 años. Esto conducirá a tener acceso a una supercomputadora en su bolsillo, con capacidad de almacenamiento prácticamente ilimitada, al usar nube virtual.

3. La Internet de las cosas (IoT): Se están introduciendo sensores más baratos y más inteligentes - en los hogares, la ropa y los accesorios, las ciudades, las redes de transporte y energía, así como los procesos de fabricación.

La ciudad de Santander, en el norte de España, tiene 20,000 sensores que conectan edificios, infraestructura, transporte, redes y servicios públicos. La ciudad ofrece un espacio físico para la experimentación y validación de funciones, como protocolos de

interacción y administración, tecnologías de dispositivos y servicios de soporte tales como descubrimiento, gestión de identidades y seguridad.

4. La inteligencia artificial (AI) y Big Data: El avance exponencial de la digitalización genera más datos - de todo y de todos. El Departamento de Transporte del Reino Unido ha lanzado un informe para confirmar que hará cambios en las regulaciones de la carretera para permitir los autos sin conductor en las carreteras.

5. La economía colaborativa y la confianza distribuida:

Zipcar ofrece un método para que las personas compartan el uso de un vehículo por períodos de tiempo más cortos que las compañías de alquiler de automóviles tradicionales. El uso de Blockchain para el registro de operaciones de compra-venta o cualquier otra transacción. Es la base tecnológica del bitcoin.

Al utilizar claves criptográficas y estar distribuido por muchos ordenadores (personas) presenta ventajas en la seguridad frente a manipulaciones y fraudes.

6. La digitalización de la materia: Como la impresión 3D puede realizarla cualquier persona que tenga una impresora 3D, crea oportunidades para que los productos de consumo típicos se impriman en forma hogareña, en lugar de tener que comprarlos en las tiendas. Existirá una impresora 3D eventualmente en cada casa u oficina. En 2014, médicos del hospital de la Universidad de Pekín implantaron con éxito la primera sección de vértebra impresa en 3D en un paciente joven. La vértebra se modeló a partir de la vértebra existente del niño, lo que facilitó su integración.

1.3. Manufactura digital avanzada e integrada

Los avances considerables en la fabricación y las tecnologías digitales han cambiado el alcance real y los elementos de los sistemas de fabricación actuales. La fabricación está evolucionando continuamente de un proceso de producción industrial a una empresa integrada. Una empresa conectada digitalmente enfrenta diferentes complejidades operativas de las empresas, la optimización de los procesos de negocio y el concepto de una cadena de valor de procesos de producto integrada. Introduciremos elementos tangibles como equipos y procesos. Las mejores soluciones no son simplemente tecnologías avanzadas, sino un enfoque

integrado en todos los niveles de la cadena de suministro. Pueden pasar de pequeñas entidades a grandes empresas, dispositivos técnicos a sistemas de producción, empresas a sectores económicos, ciudades enteras y sociedades se ven afectadas. En una empresa integrada la cadena de suministro los proveedores, los mercados, los capitales y las instalaciones de producción están interconectados y funcionan colectivamente para alcanzar con éxito los objetivos de la empresa.

Un proceso se puede definir como una tarea o una serie de tareas que consumen una entrada de recursos como personas, máquinas, materiales, dinero o métodos que generan una salida. La salida de un proceso se convierte en una entrada a otro proceso dentro de la organización. Hay tres tipos de procesos de negocio dentro de una organización:

- Los procesos primarios son aquellos que tocan el producto. Estos incluyen la ideación, el diseño, la fabricación, el uso del consumidor y la eliminación.
- El siguiente tipo de procesos son procesos secundarios. Estos procesos proporcionan insumos a los procesos primarios. Por ejemplo, gestión de recursos humanos, cadena de suministro y mantenimiento de equipos.
- El tercer tipo son procesos de marco. Un proceso de marco ayuda a administrar la eficacia de la integración de procesos. La planificación de estrategias, la gestión financiera y la supervisión del rendimiento empresarial son algunos ejemplos comunes.

Una empresa integrada es una organización que considera todos los aspectos de su negocio juntos, como entidades conectadas. Los diferentes aspectos de una empresa pueden incluir la estrategia, las operaciones y la gestión. La estrategia se refiere a la planificación para alcanzar los objetivos de la organización. Las operaciones son una colección de procesos y actividades para alcanzar los objetivos. Por ejemplo, la compra de nuevos materiales, la distribución y el embalaje. Por último, la dirección se refiere a la evaluación de las actividades y operaciones de supervisión, así como a otros aspectos conexos de una empresa. Puede evaluarse el desempeño de la empresa y proporcionar soluciones para mejorar. Una empresa integrada es una red de la empresa y sus diferentes capas de proveedores. Para crear un producto, se deben utilizar muchos recursos y se requieren muchas funciones. Diferentes

entidades están conectadas para formar una empresa integrada. Esas entidades incluyen proveedores, minoristas, fabricantes, almacenes y mercados.

El concepto de empresa integrada es muy similar al concepto de cadena de suministro integrada. La cadena de suministro es un conjunto de actividades que abarca las funciones de la empresa. Es una cadena de diferentes empresas y entidades con el objetivo de fabricar productos para ofrecer a los mercados. Las actividades de la cadena de suministro incluyen el pedido de materias primas, fabricación de productos, distribución y envío de productos al mercado. Para funcionar de manera eficiente, estas actividades deben llevarse a cabo de manera integrada, en particular proporcionando respuestas rápidas y de alta calidad a los eventos de la cadena de suministro, requiere la coordinación de estas funciones multifuncionales en toda la empresa. Los procesos de la cadena de suministro operan en tres niveles principales: estratégico, táctico y operacional. El nivel estratégico aborda la decisión estratégica. El nivel táctico aborda decisiones tales como pronosticar un plan general de programación. El nivel de operación aborda cuestiones operacionales como la implementación de inventario y la programación de detalles.

En el mercado competitivo actual, las cadenas de suministro deben tener al menos tres características principales, integradas, receptivas y adaptables. Los medios integrados, se refiere a que cada entidad en la cadena de suministro es consciente de las capacidades funcionales de otras entidades y puede acceder a ellas. Con alto nivel de respuesta significa que cada entidad en la cadena de suministro es capaz de pedir a otras entidades información o una decisión. Por último, en una cadena de suministro adaptable, las entidades deben adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes de las demás entidades. El tema de esta lección es la comprensión de la necesidad de cambio.

A nivel mundial existe una necesidad de mayor transparencia y el deseo de recopilar y utilizar datos del ciclo de vida del producto. El ciclo de vida del producto se refiere a todas las etapas de un producto, desde la etapa más temprana del diseño del concepto hasta la eliminación y recuperación. El ciclo de vida del producto se puede ver desde diferentes perspectivas, en general abarca tres fases principales: el comienzo de la vida útil, incluido el diseño y la fabricación; la mitad de la vida útil, incluido el uso, el servicio y el mantenimiento; y, finalmente, el final de la vida útil, los productos se recogen, clasifican, desmontan, refabrican, reciclan, reutilizan o dispuesto. Las organizaciones necesitan recopilar datos del

ciclo de vida de los productos, puede haber diferentes motivaciones para hacerlo. Algunos de ellos son la transparencia, la evaluación empresarial, la mejora y la previsión. La plena transparencia permite tanto a los consumidores como a los fabricantes tomar decisiones mejor informadas. Algunos ejemplos de transparencia son la publicación de la información nutricional sobre los productos alimenticios y la divulgación de información sobre los efectos ambientales sobre los productos a los consumidores. Para tener transparencia, necesitamos recopilar y compartir datos de diferentes aspectos de un producto o empresa. Otra motivación para recopilar datos del ciclo de vida de los productos es usar los datos para la evaluación y mejora del negocio. La mejora continua requiere una evaluación continua del proceso de negocio desde diferentes aspectos. Las evaluaciones continuas requieren una recopilación continua de datos para evaluar. Por ejemplo, recopilar y analizar las opiniones en línea de los clientes sobre los productos ayudará a los fabricantes y diseñadores de productos a mejorar la próxima generación de diseño de productos. Por último, mediante la recopilación de datos, la dirección de la empresa es capaz de pronosticar información valiosa. Un ejemplo de ello es cuando una empresa recoge las tendencias del mercado para predecir las futuras demandas del mercado. Otra es cuando una empresa recoge el uso de energía de una máquina industrial para predecir su fracaso. Como acabamos de aprender, el ciclo de vida del producto abarca tres fases principales: el comienzo de la vida, la mitad de la vida y el final de la vida. El flujo de información durante el comienzo de la vida útil es bastante completo y se recopila utilizando diferentes sistemas de gestión de la información, tales como el diseño asistido por ordenador, o modelos CAD, fabricación asistida por ordenador, o sistemas CAM, y gestión de datos de productos o sistemas PDM. El flujo de información se vuelve menos completo después del comienzo del ciclo de vida. De hecho, el flujo de información se detiene después de que el producto se entrega a un consumidor para la mayoría de los productos de consumo actuales, como electrodomésticos y vehículos. Esto se debe a que después de que los productos se entregan a los consumidores, la propiedad del producto ya no está en manos de las empresas y se transfiere a los clientes. Por lo tanto, no es fácil para las empresas rastrear los datos de uso de productos generados por los consumidores. Como resultado, los encargados de tomar decisiones que participan en cada fase del ciclo de vida del producto toman la decisión en base a datos incompletos e inexactos del ciclo de vida del producto procedentes de otras fases, lo

que en muchos casos resulta en decisiones ineficientes. Los datos del ciclo de vida del producto se pueden clasificar en datos estáticos y dinámicos.



Ciclo de vida de un producto.

Los datos estáticos se generan principalmente al comienzo de la fase de vida y rara vez cambian durante la vida útil del producto. Ejemplos de datos estáticos son la lista de materiales, el contenido de materiales, la información de recuperación, las instrucciones de desmontaje, las políticas de devolución y la información de reciclaje. Los datos estáticos son bastante completos y se pueden recopilar a través de los sistemas de gestión de datos existentes. Los datos dinámicos incluyen principalmente los datos generados durante la fase de uso. Ejemplos de datos dinámicos son los patrones de uso, las condiciones ambientales y las acciones de mantenimiento. Los datos dinámicos a menudo se pierden y son difíciles de obtener durante el ciclo de vida del producto. Los datos del ciclo de vida del producto son valiosos y se pueden utilizar para facilitar la prestación de servicios como mantenimiento, reparación y servicios postventa. Es especialmente importante en la industria de la aviación. En la industria de la aviación, los equipos de capital y los productos tienen una larga vida útil y configuraciones complejas. La rentabilidad de la industria no es sólo de las ventas de equipos de capital y aviones, sino también de mantenerlos durante una vida útil prevista de 30 años más. Por lo tanto, las empresas de mantenimiento y reparación tienen como objetivo minimizar los costes de mantenimiento y el tiempo de entrega para maximizar los ingresos. Debido a la complejidad del sistema, la recuperación automatizada de información y la información sobre la estructura

del producto pueden ayudar a las empresas a detectar fácilmente sus posibles fallos y obtener la información necesariamente para la reparación de componentes y el diseño de herramientas. La recopilación de datos del ciclo de vida de los productos es una columna vertebral para una empresa integrada.

Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, la fabricación avanzada es una entidad que hace un uso extenso de la informática, la alta precisión y la tecnología de la información integrada con una fuerza de trabajo de alto rendimiento en un sistema de producción capaz de mezcla heterogénea de productos en volúmenes pequeños o grandes, tanto con la eficiencia de la producción en masa como con la flexibilidad de la fabricación personalizada para responder rápidamente a las demandas de los clientes.

Anderson Economy Group ha definido la fabricación avanzada como operaciones que crean productos avanzados, utilizan técnicas innovadoras en su fabricación y están inventando nuevos procesos y tecnologías para la fabricación futura. La fabricación avanzada no es solo el empleo de robots y procesos de alta tecnología, sino que también incluye la fabricación de productos innovadores y el uso de principios creativos. Los elementos de fabricación avanzada se clasifican en dos categorías principales: elementos tangibles e intangibles. Los elementos tangibles de los sistemas de fabricación incluyen procesos de fabricación, sistemas de control industrial, robótica industrial, sistemas de montaje, sistemas de transporte de materiales y sistemas de almacenamiento. Los elementos intangibles de los sistemas de fabricación incluyen todos los aspectos de planificación y gestión de la empresa de fabricación. Como planificación empresarial, planificación de capacidad, programación, planificación de inventario, planificación de compras, control de calidad, análisis de medición de rendimiento, modelado de demanda y planificación de ventas. Algunos ejemplos de tecnologías avanzadas son la nano-fabricación, semiconductores, la fabricación aditiva y la biofabricación. Las nuevas tecnologías de fabricación y las actividades avanzadas de planificación están relacionadas. A medida que surgen nuevas tecnologías, es necesario adaptar las actividades de planificación avanzadas. Entonces aseguramos que aprovechamos al máximo las crecientes capacidades de estas nuevas tecnologías. Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, la fabricación avanzada es una entidad que hace un uso extenso de la informática, la alta precisión y la tecnología de la información integrada con una fuerza de trabajo de alto rendimiento en un sistema de producción capaz de mezcla heterogénea de

productos en volúmenes pequeños o grandes, tanto con la eficiencia de la producción en masa como con la flexibilidad de la fabricación personalizada para responder rápidamente a las demandas de los clientes.

La fabricación se puede dividir en cuatro niveles de un estudio. Dispositivo, línea de producción, instalación y nivel de empresa. El nivel de dispositivo se refiere a dispositivos individuales en el sistema de fabricación, los equipos y los sistemas de medición son dos ejemplos. Desde esta perspectiva, la fabricación describe los detalles de los dispositivos y equipos utilizados para la fabricación de bienes. La fabricación incluye la utilización de tecnología y recursos de vanguardia para fabricar dispositivos de próxima generación. En Ross Robots Impresoras 3D y equipos utilizados en otros procesos de fabricación o tales dispositivos. El segundo nivel de un estudio es el nivel de la línea de producción. Línea de producción o conjunto se refiere a una gran organización igual de dispositivos en el sistema de una serie de para ejecutar una actividad específica. Por ejemplo, línea de producción para el ensamblaje de piezas. La fabricación puede mejorar significativamente la eficiencia de la línea de producción en la fabricación. Utilizan algunas tecnologías de la información y la comunicación que permiten el control en tiempo real de la línea de producción. Con respecto a la productividad y los costes energéticos. Las tecnologías de fabricación se pueden utilizar para optimizar las líneas de montaje, los programas de producción y el acceso a los recursos para reducir el tiempo de entrega y el costo. El tercer enfoque de nivel de estudios, nivel de instalación. Instalación se refiere a entidades físicas distintas que albergan varios dispositivos. Generadores de energía , sistemas HVAC y dispositivos de fabricación crean estas instalaciones. La utilización de la fabricación avanzada mejorará la gestión y supervisión del flujo de trabajo dentro de una instalación. Con el centro de los tecnólogos de fabricación de gafas, el seguimiento de todo el material en el piso de formación durante todo el proceso es más posible. El cuarto nivel de un enfoque más robusto es el enfoque empresarial. Empresa se refiere a toda la empresa de fabricación, que consta de todas las instalaciones individuales. La recopilación abierta de datos sobre el ciclo de vida de los productos y el uso de una mentalidad avanzada de fabricación y la gestión integrada de los activos y recursos de una empresa se pueden lograr a lo largo de toda la cadena de suministro. La Empresa de Fabricación Avanzada consiste en analizar el impacto de las tecnologías avanzadas en toda la cadena de suministro, en lugar de una sola planta de fabricación.

2. Manufactura digital

La industria manufacturera está actualmente atravesando una transformación digital, permitiendo a las empresas personalizar la producción a través de avances en el aprendizaje automático, diseño generativo, diseño integrado y nuevos procesos de fabricación.

Para el desarrollo de este Proyecto Final de Ingeniería se utilizarán diferentes herramientas de Software para cada instancia de desarrollo del mismo, los mismos son los siguientes:

1) AutoCAD (Autodesk): este programa ampliamente utilizado durante la carrera se utilizará para el diseño del layout de planta con los detalles necesarios del proceso productivo inicial y final.



2) CoppeliaSim: este simulador de brazos robóticos se usará para demostrar algunas secuencias centrales o demostraciones necesarias para aclarar partes del proceso productivo.



3) Fusion 360 CAD/CAM (Autodesk): se utilizará para demostrar algunas secuencias de máquinas CNC para demostrar la ventaja de la integración de herramientas automatizadas dentro del proceso productivo.

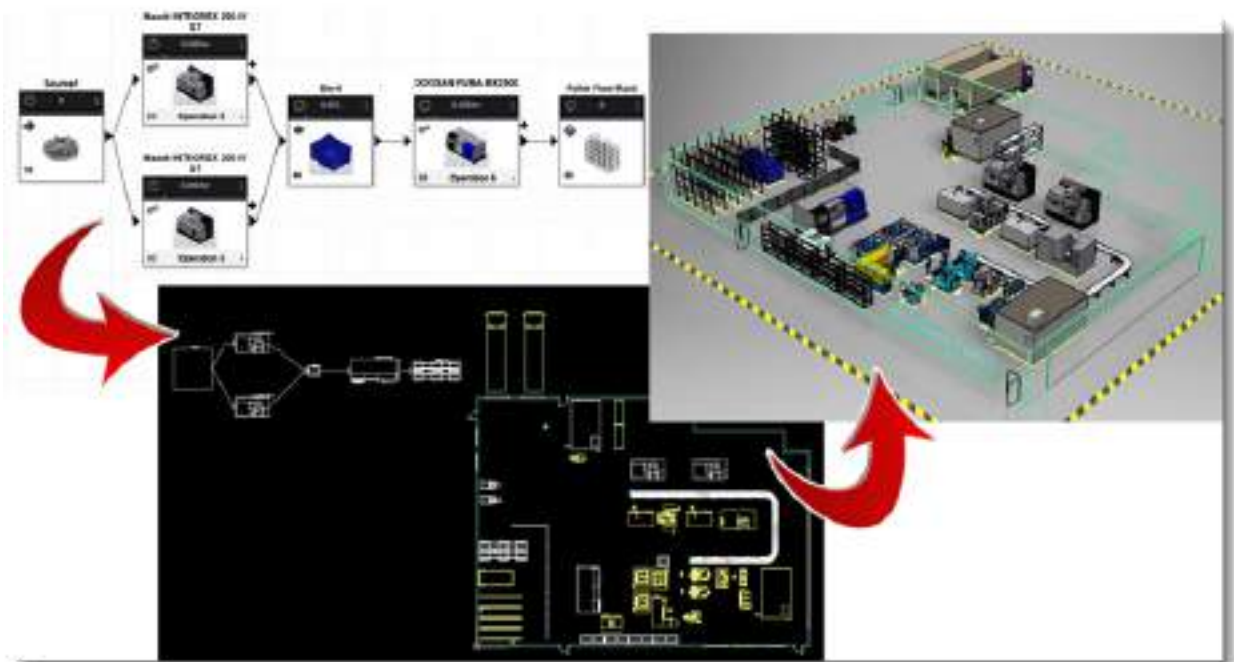


- 4) Factory Design Utilities (Autodesk): se utilizará este programa en la última parte de este proyecto para mostrar en 3D el diseño del proceso productivo.



- 5) Process Analysis (Autodesk): este programa permite simular procesos productivos encontrando cuellos de botellas, limitaciones, oportunidades de mejora, entre otros.

AUTODESK[®] PROCESS ANALYSIS



2.1 Tendencias tecnológicas que lideran el futuro de la fabricación

2.1.1 Diseño generativo

El diseño generativo es un proceso de exploración del diseño. Los diseñadores o ingenieros detallan mediante parámetros los objetivos de diseño en el software de diseño generativo, junto con parámetros como el rendimiento o los requisitos espaciales, los materiales, los métodos de fabricación y las restricciones de costos. El software explora todas las permutaciones posibles de una solución, generando rápidamente alternativas de diseño. Prueba y aprende de cada iteración qué funciona y qué no. Por lo tanto, genera rápidamente alternativas de diseño de alto rendimiento, muchas de las cuales nunca se le ocurrirían al diseñador o ingeniero por su cuenta, a partir de una sola idea. Con el diseño generativo, no existe una solución única, en cambio, hay múltiples soluciones altamente eficientes y eficaces. El resultado final o output del software es que el usuario elige que diseño se adapta a sus necesidades de mejor forma.



2.1.2 Soluciones avanzadas de manufactura

2.1.2.1 Precise tooling: fabricación de moldes de precisión

Precise Tooling tiene un legado en el mecanizado de precisión avanzado y es ampliamente reconocido por desarrollar herramientas altamente complejas. Utilizando una combinación de productos de fabricación avanzada de Autodesk, Precise Tooling logró ofrecer una artesanía de clase mundial al mismo tiempo que reduce los costos y el tiempo de producción.



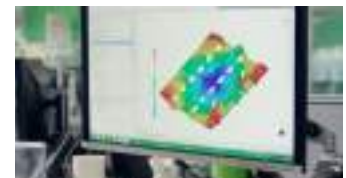
2.1.2.2 Airbus: diseñar aviones más ligeros

Airbus se ha comprometido hace algunos años a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 50 % para 2050. Los aviones más ligeros consumen menos combustible. Por lo tanto, utilizando las soluciones de diseño generativo y fabricación aditiva de Autodesk, Airbus creó el componente de cabina de avión impreso en 3D más grande del mundo.



2.1.2.3 Schneider Electric: hacer los productos energéticos más seguros

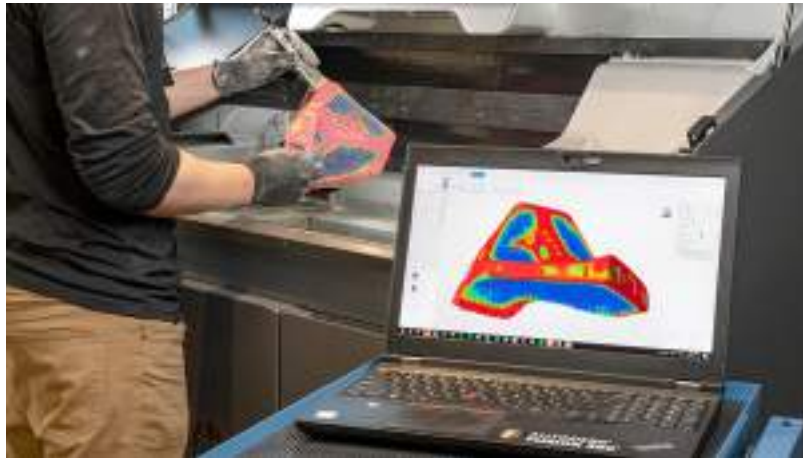
Schneider Electric desarrolla productos para gestionar la energía y procesarla de forma segura, fiable, eficiente y sostenible. Al conectar sus procesos de diseño y fabricación avanzados con Autodesk Moldflow, Schneider Electric pudo reducir el tiempo de comercialización del producto en un 50 %.



2.1.3 Manufactura aditiva o impresión 3D

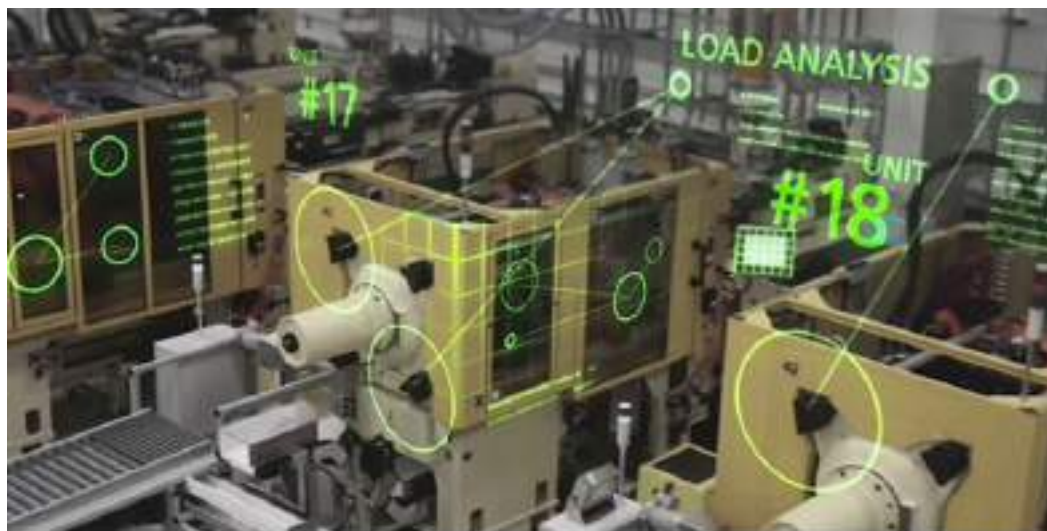
La fabricación aditiva, también conocida como impresión 3D, es un proceso utilizado para crear un objeto físico mediante la superposición de materiales uno por uno en función de un modelo digital. A diferencia de la fabricación sustractiva que crea su producto final cortando un bloque de material, la fabricación aditiva agrega partes para formar su producto final. La fabricación aditiva es utilizada principalmente en el área de ingeniería, diseño y arquitectura y ha reemplazado el diseño manual. Ayuda a los usuarios a crear diseños en tres dimensiones para visualizar la construcción y permite el desarrollo, la modificación y la

optimización del proceso de diseño. Este proceso ayuda a los ingenieros a realizar representaciones más precisas y modificarlas más fácilmente para mejorar la calidad del diseño.



2.1.4 Hiper-conectividad y colaboración en la nube

El avance de los procesos críticos de desarrollo de productos depende de la conexión de equipos y datos en toda su organización, de forma integral e inmediata. Más que nunca, el desarrollo de productos se basa en mantener conectados a los equipos y los datos en todos los departamentos y ubicaciones. El software de colaboración en la nube brinda a toda la organización acceso seguro a los datos que necesitan en cualquier momento y en cualquier lugar. Por lo tanto, pueden administrarse procesos, proyectos y personas para impulsar operaciones eficientes en toda su cadena de suministro global.



2.1.5 Transición de la Industria 3.0 a la Industria 4.0

La fabricación antes de 2015, aproximadamente en esa época, a menudo se la llama Industria 3.0 la cual se trata de automatización a nivel de unidad, mucho enfoque en la mejora continua de los procesos, técnicas de procesos Lean (basados en los conceptos del Lean Manufacturing) y gestión de procesos basados en esos mismos principios, y se centra en la productividad, la calidad y, por supuesto, hay algo de digitalización.

What will the future of manufacturing look like?



Industry 3.0
(Pre-2015)



Industry 4.0
(Post-2015)



“Digital Technology Trends in Manufacturing”, M.S. Krishnan (Professor of Technology & Operations at Michigan University)

Luego del 2015, se ve una tendencia muy fuerte que se conoce comúnmente como Industria 4.0 la cual es la transformación digital de las industrias manufactureras. Algunas de estas tecnologías están brindando nuevos niveles de transparencia, nuevos niveles de conectividad y nueva inteligencia, tanto la inteligencia artificial como la humana trabajando juntas, lo que permite a los fabricantes volver a imaginar y diseñar por completo sus procesos de principio a fin. La automatización en la fabricación no es nueva, es una herramienta que se ha utilizado en los últimos años. En algunos o varios sectores de manufactura de una

organización de fabricación relativamente moderna, sin duda se ven robots de KUKA, ABB, entre otros. Los robots y la fabricación han existido durante muchos años, no son nuevos. Ese tipo de automatización ha estado presente en la fabricación para reemplazar tareas específicas que han sido difíciles de realizar para los humanos. La digitalización también ha estado presente en el proceso y en otras formas de fabricación desde hace muchos años. Por ejemplo, los fabricantes han utilizado el diseño asistido por computadora o CAD durante más de 20 años, donde capturan la información digital de cada parte que se incluye en el producto y, de hecho, organizan y optimizan el diseño.

El software llamado software de gestión del ciclo de vida del producto, el software PLM permite a los fabricantes digitalizar todo el proceso de desarrollo de nuevos productos que ha estado en uso durante casi 15 o 20 años nuevamente. Es muy conocido el ERP o el software de planificación de recursos empresariales



que digitaliza los procesos comerciales, la fabricación, desde las operaciones, las finanzas, los recursos humanos, lo que sea. En realidad, esto reúne toda la red de procesos comerciales dentro de la organización de fabricación en el software. Además de esto, los fabricantes también usan lo que se conoce como los controladores lógicos programables y ha estado en uso durante muchos años, donde se puede programar el comportamiento de una máquina en particular dependiendo de entradas específicas y la lógica en ella. Básicamente, estos controladores lógicos programables brindan un nuevo nivel de flexibilidad para que los fabricantes utilicen una máquina en un contexto diferente. Estas tecnologías han estado presentes en la fabricación.

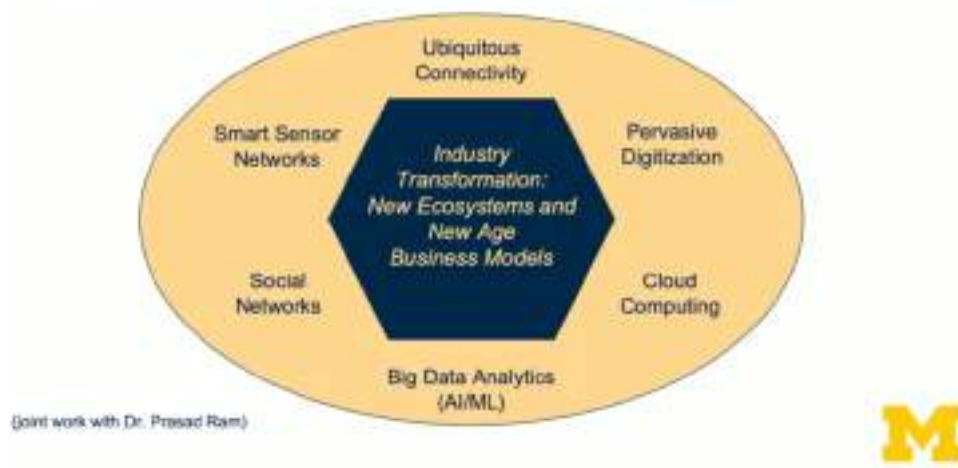
Programmable Technologies



“Digital Technology Trends in Manufacturing”, M.S. Krishnan (Professor of Technology & Operations at Michigan University)

Según M.S. Krishnan, profesor de Tecnología y Operaciones en la Universidad de Michigan, existen unas seis tendencias tecnológicas principales que se han visto en la última década más o menos. A medida que se integren, tienen el potencial de transformar fundamentalmente todos los aspectos de los negocios y también específicamente la industria manufacturera.

“HexaTech” Disruptive Trends



“Digital Technology Trends in Manufacturing”, M.S. Krishnan (Professor of Technology & Operations at Michigan University) and Dr. Prasad Ram

1) Conectividad ubicua u omnipresente: Por primera vez en el mundo humano, podemos conectar a miles de millones de personas en todo el mundo a través de conectividad de alta velocidad. Eso tiene implicaciones profundas porque cuando las personas están conectadas, están más informadas. Cuando los consumidores están más informados, comienzan a comprender sus necesidades de una manera diferente y eso comienza a tener algunas implicaciones para la fabricación.

2) Digitalización generalizada: no sólo se refiere a la automatización de procesos con tecnología digital, sino que además con la inteligencia integrada que está llegando tanto al producto como a los procesos. Esta visualización omnipresente del producto y el proceso ahora permite a los fabricantes conectarse con los consumidores de múltiples maneras a través de sus productos o procesos.

3) La aparición de la computación en la nube: El acceso a la computación de alta velocidad era un privilegio solo para los fabricantes con mucho dinero. Sin embargo, la llegada de la computación en la nube ha llevado esta capacidad informática sin tiempo a la nube central, tanto la lógica como los datos, y permite el acceso ubicuo desde cualquier lugar y tanto a grandes empresas como a pequeños fabricantes, y por lo tanto democratiza el acceso a esta capacidad.

4) Big data: estas tecnologías están trayendo datos en tiempo real, un volumen enorme. Al mismo tiempo, el advenimiento de la inteligencia artificial y la inteligencia humana se unieron para resolver problemas. Creo que eso es nuevo y trae nuevas capacidades para la fabricación.

5) Advenimiento de las redes sociales: está nuevamente, brindando por primera vez en la historia una plataforma donde los consumidores y ciudadanos pueden conectarse en una sola plataforma en todo el mundo. Esto permite a los consumidores aprender unos de otros y aprender nuevos conceptos. Además, estas plataformas están permitiendo a las empresas manufactureras aprender más sobre el consumidor, sus comportamientos, deseos, etc.

6) Redes de sensores inteligentes: ha habido avances significativos en las tecnologías de sensores en las últimas dos décadas. El costo ha bajado significativamente. Por lo tanto, estas redes de sensores inteligentes ahora ofrecen nuevas capacidades para que los fabricantes construyan nuevos niveles de visibilidad y construyan una nueva lógica para diferentes comportamientos en los procesos. Eso está permitiendo reinventar procesos que tradicionalmente se entendían bien en la fabricación. La reinención de este proceso traerá una propuesta de valor completamente nueva para todas las partes interesadas de la fabricación.

En resumen, si se juntan estas seis tendencias, se verá un gran cambio en términos de cómo entendemos la fabricación, cómo automatizamos la fabricación y cómo gestionamos la fabricación.

Digital Transformation: the scale, variety and speed of industrial data



Esto representa una nueva forma de capturar información en tiempo real de cada aspecto del proceso de fabricación de principio a fin, de modo que a través de sensores y a través de varias otras tecnologías y conectividad, puede traer la visibilidad virtual de las operaciones de fabricación en la sala de guerra central y donde los gerentes, él o ella pueden administrar este proceso, sentarse en esta sala y rastrear la operación en vivo de cada proceso, cada activo y cada momento dentro de la planta de fabricación.

La gerente o él gerente, podría estar sentada/o en su casa, pero en realidad podría tener acceso a todo el monitoreo de la fabricación, en las operaciones en vivo de lo que sucede en la planta. Puede tomar decisiones, puede obtener información de los datos y puede innovar, administrar todas estas operaciones de forma remota.

En resumen, la transición de Industria 3.0 a la Industria 4.0 se basa en el cambio que permite alejarse de la automatización a nivel de unidad para evolucionar a un control centralizado de todas las operaciones de la fábrica. Está lejos del enfoque centrado en el proceso para resolver problemas. Es un alejamiento del enfoque en la mejora incremental y continua. Básicamente, la Industria 3.0 se centró cada vez más en los cambios incrementales, la mejora incremental de forma continua, lo cual es bueno. Debido a las nuevas capacidades que surgen de estas tecnologías emergentes en uso, podemos analizar la gestión de todo el proceso de

fabricación, utilizar datos en tiempo real en una plataforma integrada común e incorporar inteligencia integrada tanto en el producto como en el proceso, para reinventar fundamentalmente los procesos y no solo sobre la mejora continua. Esta reinención de estos procesos en realidad conduciría a la creación de nuevo valor entre las partes interesadas y la fabricación, con sus proveedores, con sus empleados o consumidores. Es por que esto que en la actualidad estamos viendo un cambio profundo en la industria manufacturera a partir de la aplicación de estas tecnologías emergentes.

What will the future of manufacturing look like?

Industry 3.0 (Pre-2015)



- Unit level automation
- Lean process management techniques
- Process automation
- Focus on incremental continuous improvement in productivity, quality and cycle time

Industry 4.0 (Post-2015)



- Embedded intelligence in products and processes
- Integrated technologies on a cloud platform
- Actionable insights using real-time data, human and machine intelligence
- Focus on reimagining processes to enhance value creation across stakeholders



“Digital Technology Trends in Manufacturing”, M.S. Krishnan (Professor of Technology & Operations at Michigan University)

Es importante también describir como se cree que esta revolución digital afectará la mano de obra, es decir, la idea es entender como la transición de la fabricación tradicional a un enfoque digital más integrado afectará a la fuerza laboral. En la manufactura, la fuerza de trabajo ha evolucionado con el tiempo siguiendo las revoluciones industriales. Primero como artesanos que hicieron a mano productos enteros uno a la vez. Eventualmente, los trabajadores son vistos como una fuerza de trabajo combinada donde el enfoque sigue siendo en las habilidades de fabricación que un empleado podría tener con algún entrenamiento post-contratación tanto en la mejora continua de la calidad como entender los principios detrás de la mejora continua o aprender a operar múltiples centros de mecanizado para aumentar la

eficiencia. Los operadores siguen siendo vistos con una perspectiva de bucle abierto, el enfoque está en la maquinaria, solo procesando materiales para generar salida sin ninguna oportunidad de retroalimentación para impactar el producto final. La fabricación digital y el diseño prevén una fuerza de trabajo altamente comprometida con la creación del producto. Desde la invención hasta la eliminación, los trabajadores tendrán que entender cómo sus acciones impactan el diseño, la fabricación y la logística. Los trabajadores también tendrán que utilizar herramientas de análisis, un mecanizado avanzado para producir productos de manera eficiente, especialmente en un entorno de personalización masiva con una alta mezcla de productos cada uno con un tamaño de lote más pequeño. Estos cambios cambian el enfoque para la fabricación digital y el diseño de sólo habilidades de herramientas y mecanizado, a trabajadores que también tienen habilidades en tecnología, excelencia operacional y habilidades de personas o la capacidad de colaborar eficazmente con otros como parte de un equipo integrado. Algunos elementos a tener en cuenta al considerar el impacto de la fabricación digital y paradigma de diseño son, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología o NIST estima que 600.000 empleos manufactureros están sin llenar en los Estados Unidos, debido a la falta de alta tecnología habilidades de fabricación entre los solicitantes de empleo. Según la Sociedad de Ingenieros Automóviles, SAE más del 98% de todos los productos serán desarrollados digitalmente para 2025, lo que hace que este déficit de habilidades sea aún mayor. Pequeñas y medianas empresas, pymes compuestas de 1 a 500 empleados representan el 95% de los fabricantes de Estados Unidos (uno de los principales productores de automóviles), pero el 94% de pymes no han adoptado prácticas de fabricación digital de alto rendimiento. Esto significa que la oportunidad de crear una nueva generación de una fuerza de trabajo que está entusiasmada y competente en los métodos de diseño de fabricación digital es muy real. Este cambio puede dar lugar a modificaciones en los títulos de trabajo, Manpower está trabajando con el DMDII (Digital Manufacturing and Design Innovation Institute) para identificar y actualizar los títulos de trabajo afectados en la industria 4.0, títulos y responsabilidades para redactores, programadores CNC, maquinistas, especialmente aquellos que usan equipos controlados manualmente. Los especialistas en control de documentos, inspectores y probadores que realizan inspecciones visuales y manuales también cambiarán. No todos los títulos de trabajo actuales se verán afectados, al menos no inmediatamente, los fabricantes de herramientas y matrices, así como los inspectores de artículos altamente críticos que

simplemente no pueden ser inspeccionados por medios digitales aún tendrán un impacto mínimo. Además, se crearán nuevas funciones de trabajo a medida que continúe la revolución de la industria 4.0, pero habrá necesidad de empleados con habilidades en fabricación avanzada, ágil, robusto, fabricación integrada, modelado y simulación, incluyendo ingeniería de sistemas basados en modelos o usando el hilo digital para minimizar varios diseños o prototipos o la iteración de pruebas por ejemplo máquinas inteligentes, hardware de fabricación autoconsciente, sensores y controles inteligentes para desarrollar instrumentación para equipos heredados además utilizan análisis de big data.

2.1.6 Cambio impulsado por el consumidor en la fabricación

La tendencia de la tecnología HexaTech, nombrada anteriormente, tiene enormes implicaciones para las empresas manufactureras tanto desde el lado de la demanda, es decir, los consumidores, como desde el lado de la oferta. Básicamente, desde los proveedores y también las operaciones internas dentro de la empresa manufacturera. Comenzando por el lado del consumidor, la tendencia de la que hablamos sobre la conectividad ubicua, eso significa que los consumidores están más conectados ahora con una red de alta velocidad. Eso significa que tienen más acceso a la información, tienen acceso a otros consumidores, tienen acceso a las redes sociales, a muchas otras plataformas, lo que significa que están más informados. Y estos consumidores informados en realidad están evolucionando para reconocer la experiencia personalizada que necesitan. Entonces, en otras palabras, la tendencia sería hacia una experiencia personalizada. De hecho, la tecnología digital (las tecnologías HexaTech), a medida que se unen, están remodelando fundamentalmente la estructura de los modelos comerciales en todas las industrias. Esto se investiga académicamente hace casi 12 años, es claro a esta altura que las plataformas digitales van a alterar fundamentalmente la estructura de los modelos de negocios. Alejándose de los fabricantes, produciendo productos a escala, básicamente la fabricación a escala se transformará en lo que llamamos experiencia personalizada, un cliente a la vez. Básicamente, no serán los fabricantes los que vendan el mismo producto a todos los clientes, sino que los fabricantes personalizarán la experiencia para un cliente a la vez.

Entonces, estas tendencias, argumentamos que en realidad están evolucionando las expectativas del cliente. En el caso particular de la fabricación de automóviles, tradicionalmente esta industria solía operar de la siguiente manera. Los fabricantes de

automóviles invertirán una gran cantidad de recursos y capital en el diseño de un nuevo producto, un nuevo automóvil, y luego lo llevarán al mercado y lo venderán al mercado. Y esperan que los consumidores compren este producto y, por supuesto, el ciclo funciona de la siguiente manera: se espera que los consumidores conserven ese producto. Mantienen el producto de 3 a 5 años y luego regresan para comprar el siguiente producto. Y mientras tanto, el fabricante invierte más recursos para diseñar la próxima versión del próximo modelo. Entonces así era como funcionaba. El compromiso se centró más en el producto, el compromiso se centró más en la venta de productos. Y la brecha de compromiso entre los dos compromisos de vender el próximo producto fue de aproximadamente 3 a 5 años o 7 años, según quién sea el consumidor. Sin embargo, más recientemente, empresas como Tesla y otros fabricantes de automóviles aúnan todas estas tecnologías digitales de las que hablábamos. Y vuelven a imaginar el proceso de fabricar automóviles y venderlos y también relacionarse con los consumidores. Ahora, se han ido, trajeron el concepto, por supuesto, una tecnología drásticamente nueva de cómo funcionan los motores, por supuesto, además de esa digitalización de todo el automóvil. Lo que significa que la digitalización del compromiso con los consumidores, hay una conexión en tiempo real con los consumidores. Y ahora, esto está conduciendo a lo que se llama así, experiencia N=1 personalizada, ya que los consumidores quieren una experiencia personalizada basada en quiénes son y qué les gusta.

HexaTech & Evolving Customer Expectation



“Digital Technology Trends in Manufacturing”, M.S. Krishnan (Professor of Technology & Operations at Michigan University)

Entonces, estas tecnologías que son automóviles conectados y casi autónomos están permitiendo a los fabricantes una gran cercanía con los consumidores de una nueva manera en tiempo real, para que puedan abordar mejor algunos de esos requisitos de personalización. Los consumidores están comenzando a esperar un compromiso en tiempo real debido a estas características, lo esperan en el caso de Tesla, por ejemplo. El fabricante y los consumidores, mientras usan el producto, están constantemente conectados en una plataforma, por lo que ayuda a que el servicio para el automóvil se pueda brindar en persona, físicamente o, a veces, el servicio también se puede brindar a través de un software totalmente digital. Los consumidores esperan soluciones proactivas. Cuando tienen un problema, en realidad quieren que el fabricante vea el problema antes de que suceda. No quieren que el fabricante espere el problema. De hecho, los consumidores quieren recordatorios de su cita de servicio o si sus descansos se están reduciendo o si hay un problema con el automóvil. Quieren que se envíen mensajes a los consumidores, para que estén informados de manera proactiva. Los consumidores están comenzando a esperar nuevas características del producto después de comprar el automóvil. Y esto no es algo a lo que los fabricantes de automóviles estuvieran acostumbrados, la configuración de fabricación tradicional. Después de comprar el automóvil, los consumidores dicen ahora automóviles más sofisticados con conexión digital, como el Tesla o el Volvo, BMW. Donde los consumidores esperan que lleguen nuevas características al producto a través de la actualización del software, y eso está sucediendo. De hecho, compañías como Tesla ofrecen nuevas funciones cada mes o dos en términos de consumidores. Entonces, por el dinero que pagaron dos años antes, aún podrían comenzar a continuar con las nuevas funciones a través del producto. Y, en resumen, hay una nueva estructura de modelo de negocio que está evolucionando en términos de las expectativas del consumidor. Y también en cuanto a los fabricantes, la disposición a cumplir esas expectativas de los consumidores.

2.2. Industrial Internet de las Cosas (IIoTs)

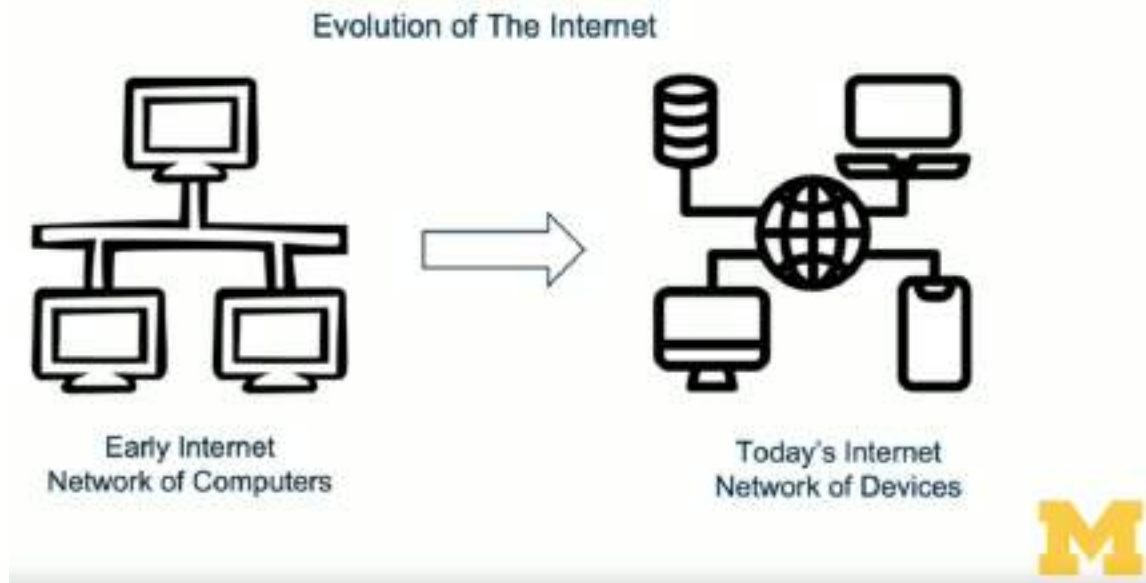
Todo lo existente, si no fue diseñado por la naturaleza, ha sido diseñado y manufacturado por los seres humanos. Cuando se diseña desde cero, la idea original es convertida en modelos CAD o modelos diseñados virtualmente. Estos modelos CAD son una buena manera de validar ideas complejas. Estos capturan la forma, el ajuste, y la función del producto y dan la confianza necesaria de que la idea va a funcionar en orden de llevarlo fabricar.

La información que es guardada en el modelo CAD es eventualmente convertida en dibujos de ingeniería, posteriormente entregadas al departamento de manufactura si se habla de un desarrollo que se da en una empresa o fábrica. Ahí la información CAD es usada para hacer un producto de forma física, los productos manufacturados en físico son entonces usados por los consumidores. Actualmente existe una desconexión entre el modelo digital y la producción en físico. La mayoría de la información creada en el modelo digital CAD se pierde durante la fase física de fabricación. Una vez que el producto en físico está en uso, raramente la información del usuario regresa para hacer cambios para mejorar la fase de diseño digital. Las cosas actualmente están cambiando hacia una forma de trabajo que evoluciona constantemente y se retroalimenta. Estamos en una fase donde la integración del mundo físico y digital ha comenzado. Su conexión está siendo posible por la colocación de sensores en productos y maquinaria conectándolos a internet y analizando el resultado de flujo de datos. Esta convergencia de maquinaria, maquinaria con sensores, internet y datos es nombrada como Internet de las Cosas o IoT. Los sensores en las plataformas IoT generan datos. Expresado de diferente manera, los sensores IoT dejan hilos digitales. También se realiza un análisis avanzado, el cual es el proceso computacional que une los hilos digitales creados por el internet de las cosas para generar información procesable. El sistema anti bloqueo de ruedas en los autos son un buen ejemplo de como los datos pueden informar a un sistema para responder de manera positiva y mejorar el desempeño del sistema. Tanto las ruedas frontales como las traseras del carro están equipadas con sensores de velocidad. Estos sensores continuamente proveen datos de la velocidad a las llantas. La analítica o análisis complejo en esta configuración esta buscando en la continua corriente de información para interferir cuando la velocidad de las llantas traseras es distinta a la velocidad de las llantas fronteras para reconocer un desliz o patinaje. El reconocimiento del desliz causará una pronta activación del sistema ABS para prevenir patinaje del auto. En la manufactura, los datos generados por las maquinas, una vez analizados, pueden mejorar la eficiencia de la producción. Cuando se manufactura un producto, tres pasos ocurren: se recolecta la materia prima, es procesada y transformada en un producto físico. La transformación se traduce en algo físico puede utilizarse. Cuando un análisis avanzado es realizado, datos sin procesar son recolectados, procesados y transformados en información. La información se traduce en una decisión informada o una acción que podemos tomar. La analítica o análisis avanzado conecta el mundo físico y digital y prueba la conexión

de la fase de diseño del producto a la manufactura del producto y fin de las fases de vida. Los emocionantes beneficios de la analítica incluyen mejores diseños, mejora maquinaria y manufactura mejorada.

En conclusión, un buen ejemplo del uso del análisis avanzado es el mantenimiento predictivo. La predicción basada en análisis puede decirnos cuando una maquina necesita mantenimiento. Esto es conocido como mantenimiento predictivo, y juega un importante rol en la mejor utilización de activos.

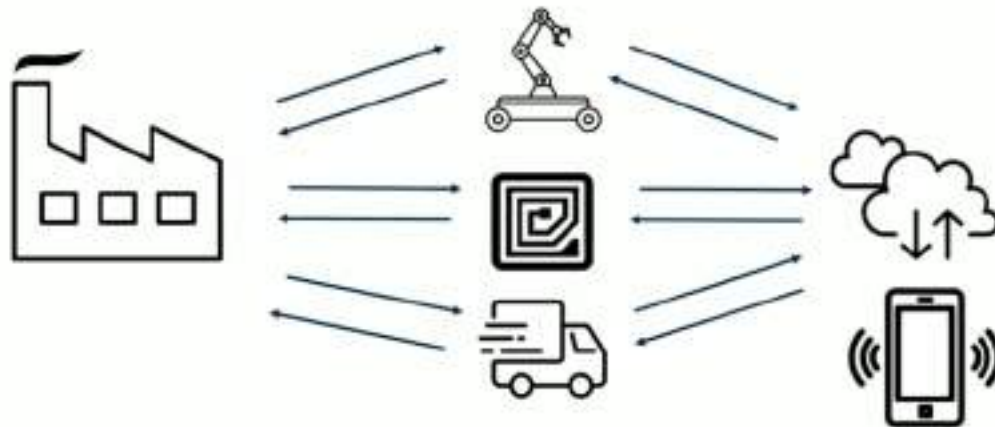
Para que entender el Internet industrial de las cosas o IoT, es importante que saber primero qué es IoT o Internet de las cosas. Teniendo en cuenta la historia de Internet, como puede verse en el lado izquierdo de este gráfico, comenzó con el concepto de una red de computadoras, la red de computadoras tradicionales, tal como se aplica y utiliza hace varias décadas.



De hecho, principalmente comenzó con las aplicaciones e investigación en las universidades, y de allí es donde impulsaron la necesidad de una red de computadoras conectadas, y eso se conoce hoy como Internet. Por supuesto, esas son máquinas industriales utilizadas para investigación y desarrollo o aplicaciones de defensa, luego se trasladaron a las computadoras personales, que se usan masivamente, que comenzaron a conectarse a la misma red llamada Internet. Con el tiempo, con los avances en las tecnologías de microprocesadores y la comunicación, de hecho, lo que ha sucedido es que tenemos más y más dispositivos que

son inteligentes, tienen microprocesadores. Estos dispositivos, también empezaron a estar conectados a la misma red. Es por eso que de Internet se pasó a la Internet de las Cosas porque no es solo Internet o la red de computadoras, sino que ahora puedes conectar un teléfono, un auto, lo que sea, una lavadora, cualquier cosa que tenga microprocesadores, obtuvo algo de inteligencia y una capacidad para el sentido de que se puede conectar a Internet para una aplicación contextual particular. Eso se convirtió en la red no solo de computadoras, sino de varios otros dispositivos, a menudo en términos generales llamados “cosas”. En conclusión, eso es lo que se conoce hoy en día como Internet de las cosas.

What is the Industrial Internet of Things?



Entonces, si se puede conectar todas estas cosas y crear aplicaciones contextuales para mejorar el proceso de fabricación, esa aplicación se llamaría Internet industrial de las cosas porque (IIoT) la aplicación está en el contexto de la industria manufacturera. La economía de la tecnología IIoT (Internet industrial de las cosas), ahora está en tal etapa que, sí realmente puede justificar fácilmente las inversiones de valor comercial. Porque, si se observa principalmente las tendencias en términos del costo de los microprocesadores, la potencia de los microprocesadores y el costo de los microprocesadores, la potencia ha aumentado y el costo ha disminuido significativamente. El costo de almacenamiento se ha reducido significativamente. Estas son algunas de las grandes tendencias que en realidad están haciendo que las aplicaciones de Internet de las cosas sean económicamente viables en el sentido de que, como empresa, puede presentar fácilmente un

caso de negocios porque la inversión no es tan alta en comparación con los rendimientos que obtiene. De hecho, una encuesta reciente de McKinsey & amp, predice que el mercado de Internet industrial de las cosas superará los 500.000 millones de dólares en solo tres o cuatro años a partir de ahora. De hecho, predicen que ya hay más de 8.400 millones de dispositivos que están realmente conectados a Internet. Se supone que esto también explotará aún más, y con los avances en conectividad de alta velocidad como el espectro 5G para conectividad de alta velocidad en redes de comunicación y, nuevamente, la reducción en los costos de la tecnología de almacenamiento en la economía de los microprocesadores, es posible creer que va a ser un gran mercado según lo predicho por McKinsey & amp.



2.2.1. IIoT (Industrial Internet of Things): sensores y sus aplicaciones industriales

La tarea más importante en relación a la implementación de IIoT es la conexión de diferentes tipos de dispositivos para incorporar inteligencia en los productos y procesos de fabricación. De hecho, estos dispositivos juegan un papel importante en la recopilación de información en estos procesos de fabricación y permiten obtener información procesable a través de esta información en tiempo real.

Estos conocimientos que se obtienen de esta información, con el previo procesamiento de datos, en tiempo real provienen de una tecnología que está integrada en estos dispositivos que se llama la tecnología del sensor. La tecnología de sensores en realidad permite que estos dispositivos recopilen la información del proceso de fabricación o del entorno, lo que sea que nos interese, y estas tecnologías juegan un papel muy importante en la habilitación de Internet industrial de las cosas como concepto.

Tomando un análisis de caja negra de los sensores, es algo que toma una entrada y luego puede crear una o más salidas. Por ejemplo, el termostato toma la entrada que es básicamente la temperatura actual en la habitación. Detecta esa información y luego podría mostrarla como una salida o podría enviar esa información de regreso a la nube, esos son conocidos como un par de salidas.



Es entonces solo una caja negra que toma alguna entrada y luego da una o más salidas. Los sensores más complejos también pueden tomar múltiples entradas. Por ejemplo, podría tenerse el mismo sensor que en realidad detecta su temperatura y también la humedad en la habitación.

En aplicaciones industriales, podría tenerse sensores que realicen detección múltiple, ya sea temperatura, humedad, o cualquier otra variable crítica para la planta. Entonces, cuando se toman múltiples entradas y luego se las convierte en múltiples salidas, por supuesto, los sensores se vuelven un poco más complejos. Esa caja negra dentro del sensor ahora, en lugar de ser solo una lógica simple, la lógica podría ser un poco más compleja. Y luego eso es lo que se captura en el chip del microprocesador que en realidad programa la lógica de cómo debe comportarse ese sensor.

Hay múltiples sensores dentro de los robots, y los robots más complejos usan una visión por computadora y llaman a los ojos del robot sus sensores. También existen sensores más complejos, las máquinas PLC, los controladores lógicos programables.

En conclusión, los sensores industriales son dispositivos electrónicos que están diseñados para detectar y responder ante cualquier tipo de entrada en un ambiente físico, las señales que manda una sonda las convierte en salidas y las redirige a una pantalla para su análisis. Estos equipos electrónicos son ideales para detectar cualquier tipo de objeto, independientemente del color, textura, brillo, velocidad, forma o tamaño, por eso sus aplicaciones son automáticas y controlables; los diversos tipos de sensores industriales que existen tienen la garantía de soportar ambientes industriales y entornos especiales. Los diferentes tipos de sensores industriales que existen se llegan a clasificar de acuerdo a sus características, ya sea que aporten energía, que generen señal eléctrica o que den un rango de valor. Una posible clasificación es la siguiente:

- Se emplean para medir la velocidad de rotación y las necesidades de mantenimiento.
- Son excelentes dispositivos para medir masa y momento de inercia de masa.
- Un sensor industrial con la suficiente cantidad de torques puede calcular desde el punto de vista del proceso cuasi-estático.
- Su uso mide la velocidad de rotación más alta.

Son aparatos útiles para llevar un control de los procesos al permitir detectar, analizar, medir y procesar una variedad de transformaciones que serían imposibles de rastrear para el ser humano; por ello, los sensores industriales son ideales para medir diferentes variables como, por ejemplo:

- Variables de proceso, como la temperatura, la presión, el nivel, el flujo, el pH, etc.
- Variables eléctricas, como el voltaje, la corriente y la frecuencia.
- Variables mecánicas, como la rotación, el número de ciclos, la posición, la dirección de desplazamiento, las presiones estáticas y dinámicas, así como la proximidad.

-
- Variables ambientales, como la humedad, la vibración, la velocidad, entre otros.

Se pueden entonces encontrar a nivel industrial los siguientes:

- Sensores fotoeléctricos: Para detectar el nivel de luz y producir al mismo tiempo una señal de salida, los sensores fotoeléctricos son la elección ideal gracias a que incluyen un traductor que permite la transformación de la luz.
- Sensores de proximidad: Tanto en la industria automotriz como en las líneas de montaje, los sensores de proximidad son el tipo de herramienta que ayuda a detectar objetos o señales que se encuentran cerca y que requieren de un control eficiente.
- Sensores finales de carrera: Las sondas finales de carrera también son conocidas como interruptores de límite, debido a que son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos que se posicionan al final del recorrido, como es el caso de una cinta transportadora cuyo objetivo es enviar señales para modificar el estado del circuito.
- Sensor de iluminación : En caso de que se requiera conocer el grado de iluminación de un espacio, los sensores que alumbran, al estar conectados a otros aparatos, mandan información a los dispositivos receptores con respecto a la luminosidad ambiental detectada.
- Sensores de movimiento: La detección del movimiento dentro de un área en concreto es posible con los sensores de movimiento, su sistema de encendido y apagado es capaz de hallar cualquier movimiento dentro de un espacio. Se utilizan con frecuencia para optimizar el consumo y la eficiencia energética de los sistemas de ventilación, la iluminación o el aire acondicionado en los hogares u oficinas, sin embargo, también funcionan para reforzar la seguridad de una zona.
- Sensores de presión: Los sistemas industriales, hidráulicos, de control del clima, de instrumentación o meteorológicos son algunos ejemplos de donde estas sondas se utilizan, detectando la presión y cambiando la cantidad de señal eléctrica en función de la tensión que se les adjudique.
- Sensores de temperatura: Los sondas industriales que se encargan de medir la temperatura son altamente resistentes a los ambientes extremos, por eso su uso es idóneo en aplicaciones bajo tierra, donde se necesita tener un control del riego y cultivo de

explotaciones agrícolas y de jardinería, este tipo de aparatos también ayudan a automatizar el riego.

2.3 Hilo digital (Digital Thread)

2.3.1. Componentes de la fabricación digital

Estos componentes permitirán crear un vínculo digital entre el diseño y la producción, aprovechando el análisis de datos para identificar oportunidades de mayor calidad y eficiencia, incluyendo máquinas, instalaciones de producción y cadenas de suministro interconectadas y transparentes. Los componentes principales son:

- a) Análisis avanzado de datos
- b) Máquinas Inteligentes
- c) Los bienes comunes de la fabricación digital
- d) Empresa de fabricación avanzada
- e) Seguridad de datos en la fabricación digital

Desde el concepto inicial, los productos evolucionan a través de una secuencia regular de plan, diseño, construcción, soporte y eliminación. Durante cada una de estas etapas, se genera una enorme cantidad de datos. Aunque tradicionalmente, gran parte de ella no ha sido capturada, se puede procesar en información muy valiosa que puede afectar el ciclo de vida del producto de muchas maneras diferentes. Esto es lo que conocemos como hilo digital, son entonces todos los datos generados en cada parte del ciclo de vida de un producto. El concepto de hilo digital integra a la perfección la información a través de la cadena de valor, desde la recopilación de requisitos a través de revisiones de viabilidad, diseño, fabricación, pruebas y hasta las fases finales de sostenibilidad y eliminación. Esto significa que los especialistas, a lo largo del proceso, pueden trabajar en el producto, y definiciones de proceso simultáneamente para informar las decisiones, a lo largo de la vida de un sistema o producto. El paradigma del hilo digital ve la infraestructura de IT como una inversión que generará un retorno en mayor productividad y capacidad de respuesta. Un segundo reto, frente al hilo digital, es el perfil de transición de los trabajos de fabricación de trabajadores calificados a inteligentes o trabajadores de la información que combinan su experiencia con sistemas físicos, y la capacidad de trabajar con los datos generados en el proceso de producción. Este cambio vinculará más estrechamente al personal de producción con el proceso de diseño. Dándoles más oportunidades de impactar en el diseño de un producto que crean. Un tercer desafío que enfrenta la implementación del hilo digital es natural. ¿Cómo se mantiene la información segura? Los procesos tradicionales utilizaban documentos físicos que podían controlarse y bloquearse. Existe una resistencia

natural a poner la valiosa propiedad intelectual en formato digital, especialmente cuando los minoristas aparentemente informan de intrusiones regularmente. La seguridad de la información es un componente clave del hilo digital, y se incorpora desde el principio. Compartir datos e información entre diferentes funciones y sistemas del ciclo de vida del producto puede agregar un valor significativo a todo el proceso de desarrollo. Se tienen beneficios como lanzamientos más rápidos de productos, comunicación más clara entre proveedores y fabricantes, lo que resulta en menos errores, reducción de la reelaboración y la chatarra, reducción del inventario en la cadena de suministro, el costo unitario se reduce del producto que aumenta el margen de beneficio, expansión a mercados adicionales, entre otros.

2.3.2. Implementación del hilo digital

Considerando las etapas del ciclo de vida de un producto, es evidente que los datos y la información se generan en cada paso del camino. La información de planificación, diseño, construcción, soporte y eliminación se acumula durante todo el ciclo de vida en una gran cantidad de datos brutos que pueden describir completamente el producto. Si se estudia la transformación multimedial digital, se puede ver fácilmente cómo usar un método digital para capturar y compartir datos de diseño y fabricación, lo que cambiará drásticamente la forma de administrar los diferentes procesos productivos. Esto abrirá nuevas oportunidades para utilizar e incluso reutilizar los datos de diseño y fabricación. Con toda esa información disponible, el ritmo de retroalimentación puede ser mucho más rápido. Las demandas del cliente podrán ser cada vez más personalizadas y lotes más pequeños de productos, con lo cual significan que hay menos margen de error en la fabricación. En estas situaciones, el modelado predictivo, la capacidad de respuesta y la adaptabilidad se vuelven esenciales. Con un hilo digital, podemos:

- Acelerar la producción y la retroalimentación de garantía de calidad, ajustando el bucle de retroalimentación.
- Incluso existe el potencial de aprender de las experiencias de los usuarios de los clientes para mejorar el diseño.
- Podemos vincular más fácilmente los requisitos del producto y del proceso a las especificaciones e incluso hacerlo visualmente. Este tipo de trazabilidad permite realizar un seguimiento de la toma de decisiones de diseño,

identificar prácticas recomendadas y capturar la propiedad intelectual a medida que se está generando.

Por lo tanto, si bien el aumento de la calidad es un resultado que se obtiene por fuera del lado del hilo digital, el enfoque abre muchas formas nuevas de usar la información. Esta mayor capacidad de respuesta en términos de abordar los desafíos y la calidad, así como el soporte de productos y la generación de nuevas ideas, abre muchas oportunidades de negocio nuevas. En conclusión, un hilo digital le permite ser más estratégico sobre el uso de la información que se genera a lo largo del ciclo de vida del producto. Desde la planificación y el diseño de un producto hasta la fabricación y el soporte y, en última instancia, las decisiones al final de la vida útil. El hilo digital le permite tener la información correcta en el lugar correcto en el momento adecuado.



Se ha mencionado previamente que los datos se generan en cada etapa del ciclo de vida del producto. Si se capturan, estos datos se pueden procesar y utilizar de nuevo en el futuro para investigar posibles defectos de diseño en productos ya lanzados en el campo, estudiar los requisitos de refinación y especificaciones específicas para futuros productos, comprender los supuestos de diseño que van a la creación de un producto, comparar los cambios de rendimiento entre diferentes lotes de materias primas, entre otros. El almacenamiento en la nube puede tomar varias formas, de hecho muchas son utilizadas por la gran mayoría como

Dropbox, Google Drive, Box, entre otros. Una ventaja de este enfoque es que el almacenamiento es relativamente barato, a veces es incluso gratuito. Puede configurarse la sincronización automática desde su escritorio y puede tener acceso a varias personas desde varias ubicaciones al mismo tiempo. Los servicios de almacenamiento en la nube suelen ser robustos y reduce el riesgo de perder los datos. Sin embargo, existen desventajas, el riesgo principal del almacenamiento en la nube pública es que los usuarios sólo pueden acceder a los datos si tienen una conexión a Internet actual, a menos que sincronicen los datos con el escritorio dentro de la fábrica. Y también, que la recuperación de datos eliminados accidentalmente puede ser imposible ya que los usuarios públicos no tienen típicamente acceso a copias de seguridad. La desventaja final del almacenamiento en la nube es generalmente la que detiene el uso de los servicios que son las preocupaciones de seguridad. Y por lo tanto, está fuera del control directo de la compañía. Por lo tanto, no hay otra opción que confiar en los protocolos de seguridad de otra organización. Además, con algunos servicios de alojamiento en la nube, no es seguro que todos los datos permanecerán dentro de un país. Private Cloud Storage a menudo mira al usuario como si estuviera en Google Drive iCloud, pero su propósito principal es almacenar datos empresariales internamente. Por lo tanto, se abordan las preocupaciones de seguridad de la nube pública. La principal desventaja del enfoque de nube privada es que puede ser significativamente más caro, porque la organización consume todo el costo de tener una infraestructura de backup altamente disponible y altamente segura.

Otro concepto fundamental es la singularidad de datos, es la idea de tener un solo lugar para almacenar nuestra información según Michael Greens. En pocas palabras, es tener una única fuente de datos donde la única fuente de datos siempre controla la verdad. Pensar en estos términos ayuda a superar todo tipo de problemas empresariales. Asumiendo que hay una única fuente de datos, se hace más fácil:

- Tener un equipo distribuido de todo el mundo, que está trabajando en el mismo problema colaborativamente, y usando la misma información.
- Permitir que los equipos lleguen en el tiempo y aprendan de soluciones anteriores mientras diseñan nuevos productos.
- Identificar soluciones novedosas que podrían representar una importante propiedad intelectual que de otro modo podrían residir escondidas en el ordenador de un usuario.

- Desarrollar relaciones entre productos, y de una manera diferente, aprender de los desafíos pasados para capturar y repetir importantes conocimientos de prácticas y procesos.

La parte más importante del potencial del hilo digital es que gran parte de ella se basa en soluciones bien establecidas en otros campos, como bases de datos. Las bases de datos se han desarrollado a lo largo de décadas y industrias de apoyo, incluyendo dispositivos médicos, que dan un alto valor a sistemas seguros, precisos y receptivos. Es fácil profundizar en el diseño de bases de datos. Pero en pocas palabras, hay reglas bien establecidas para las bases de datos que les permiten funcionar eficientemente y efectivamente todo basado en la idea de tener una fuente única de información.

Es una buena oportunidad para abordar el tema de si la inteligencia artificial será capaz de eliminar la necesidad de la mano de obra que hoy en día realiza ese trabajo. Hace algunos años, Elon Musk acaparó los titulares cuando sugirió que, a medida que se desarrollen los sistemas de inteligencia artificial y la automatización en su conjunto, eventualmente se harán cargo de la mayoría de los trabajos humanos y es posible que los países tengan que introducir programas de ingresos básicos universales para mantener a sus ciudadanos.



Una fábrica en North Carolina que muestra como humanos y máquinas trabajan juntos.

A lo largo de los siglos, el avance tecnológico ha traído cambios constantes a la sociedad humana, eliminando clases enteras de trabajos y creando otros nuevos y más

calificados para reemplazarlos. Sin embargo, la inteligencia artificial puede interrumpir esa evolución natural al eliminar puestos de trabajo sin crear otros nuevos para reemplazarlos. Hoy todavía se necesitan expertos en tecnología para programar las computadoras que cada vez más automatizan nuestras vidas. Incluso los sistemas de IA (inteligencia artificial) más potentes todavía se basan en algoritmos diseñados por humanos, software escrito por humanos y conjuntos de datos seleccionados y personalizados por humanos. Sin embargo, dado que la IA (inteligencia artificial) finalmente alcanza el punto de singularidad y es capaz de programarse a sí misma, mientras diseña y fabrica los robots necesarios para expandir su infraestructura informática física, es justo preguntarse qué papel jugarán los humanos en este nuevo mundo. Cuando Elon Musk habla de la necesidad de una renta básica universal, eso supone que el gobierno seguirá desempeñando un papel dominante en este mundo futurista en el que seguiremos siendo gobernados por el estado-nación. Hoy en día las empresas ubican sus oficinas en función de dónde puedan adquirir el mejor talento humano. Pero, en un mundo donde el talento humano ya no es relevante y donde no necesitas oficinas para nada, la ubicación geográfica de una empresa es completamente irrelevante. Los centros de datos aún deberán ubicarse cerca de las fuentes de energía y refrigeración, pero las oficinas y las oficinas centrales pueden ubicarse en cualquier lugar. Se ha visto, sobre todo luego de la pandemia, una tendencia de innumerables empresas que trasladan sus oficinas centrales al extranjero para aprovechar mejores entornos fiscales. Estas complejidades éticas y morales sin precedentes que acompañan el rápido avance hacia un futuro impulsado por la IA (inteligencia artificial).

En el mundo de la tecnología de la información, hay un gran enfoque en la seguridad y la recuperación de la misma ante desastres. Hay puestos de trabajo pensados específicamente para ocuparse de estos asuntos. Una buena estrategia de gestión de desastres por pérdida de información es básicamente una póliza de seguro contra eventos de baja probabilidad y altas consecuencias. Debe establecerse un equipo central de gestión, este sería un grupo de actores con responsabilidad, y la autoridad necesaria para desarrollar e implementar el plan de gestión de desastres. Se deben realizar un análisis de riesgos para evaluar los riesgos que podrían causar interrupciones importantes, posibles causas y incluso peores situaciones de los casos, y cuán probable es que ocurran. Este es también el punto donde se pueden establecer las líneas de tiempo para la restauración de las operaciones normales. Una vez identificados los riesgos y definidos las probabilidades, entonces las prioridades deben ser establecidas para

desarrollar una secuencia de cómo se abordarán las preocupaciones. Los planes deben ser desarrollados, documentados y, lo más importante, probados. Cualquier plan no probado podría tener desafíos ocultos que no es deseable encontrar durante una crisis. La ciberseguridad es relevante en cualquier momento en que pensamos en desastres. En esta era de sistemas basados en computadoras, es importante tener la seguridad como una conciencia constante. Incluso si no está adoptando el hilo digital o confiando en una única fuente de datos. Como muestra la encuesta de IBM sobre ciberseguridad de 2015 ya descrita en mayor detalle, se encontró que el 18% de los incidentes de ciber fueron reportados en la industria manufacturera. Aunque el 45% estaba conectado a personas ajenas, el 31% de las violaciones de seguridad de datos fueron hechas en realidad por usuarios maliciosos de una organización. Para ayudar a reducir el impacto que cualquier usuario malintencionado podría tener en su sistema, hay seis prácticas comunes que le ayudarán a habilitar una mejor seguridad de los datos:

I. Primero es la administración de acceso, una forma fácil de pensar en ello es sólo permitir que las personas que realmente necesitan acceder o tocar datos tengan ese privilegio.

II. En segundo lugar es la autenticación fuerte, poniendo en marcha mecanismos que permitan realmente saber que la persona o usuario es quien dicen ser.

III. Tercero es, especialmente en la era de dispositivos portátiles como computadoras portátiles o unidades de memoria USB , así como la transmisión de información a través de la red, es que los datos deben ser almacenados y transmitidos en forma cifrada.

IV. En cuarto lugar, los activos tecnológicos deben ser inventariados activamente, por lo que para que siempre sepa qué dispositivos deben usarse y dónde están.

V. En quinto lugar, es una estrategia de copia de seguridad adecuada y confiable, esto significa poder recuperarse rápidamente de una falla de disco o pérdida de un equipo completo a un virus.

VI. Sexto, y finalmente, debería haber una práctica continua de evaluación de riesgos, validación , mitigación y reporte. Y sistemas de monitoreo para que siempre estés al tanto de lo que está pasando y qué consecuencias podrían ser posibles.

Podría decirse que hay demasiado riesgo de almacenar información en línea, planificar desastres es demasiado complejo. Sin embargo, muchos de estos riesgos se aplican a cualquier empresa que se basa en cualquier forma de tecnología de la información. Como ejemplo, si no hay una estrategia para la gestión de archivos, y un jefe de proyecto tiene todos los datos en su computadora, en una estructura que sólo ellos entienden, ¿qué pasa si ese miembro del personal tiene un desafortunado accidente y no está disponible durante un largo período de tiempo? Un segundo ejemplo, en esta era de malware, ¿qué sucede si alguien accidentalmente visita un sitio, y su máquina está infectada por ransomware, donde si el dinero no se paga, toda la máquina será limpiada?. Teniendo en cuenta estos peores escenarios, ayudará a mantener los datos seguros, y mantener a la empresa avanzando, ya que almacena información en este nuevo enfoque para diseñar y fabricar productos mediante el uso de un hilo digital.

2.3.3. Fabricación aditiva y sustractiva

En cuanto a las tecnologías usadas para diseño en ingeniería de producción, la primera de ellas es para la exploración es el diseño asistido por ordenador o CAD, una herramienta digital ampliamente conocida.

Es evidente el creciente número de herramientas digitales disponibles para apoyar directamente las operaciones de fabricación. Cuando se piensa en el proceso de producción tradicional, el diseño se desarrolla de una manera que se retira del piso de producción y luego se envía a la fabricación. Independientemente de si esa unidad de fabricación forma parte o no de la organización, o de un fabricante externo y contractual.

Cualquier cambio en el diseño o las mejoras que se agregan en la siguiente iteración de un diseño requiere algún tipo de bucle de retroalimentación que normalmente requiere un esfuerzo significativo para introducir cambios en el proceso de diseño que muchas veces en su mayoría se realizan de forma manual. La información en un enfoque tradicional normalmente fluye sólo en una dirección, hacia adelante a través del proceso. Por ejemplo, si hay problemas en el mecanizado o la fabricación de una pieza, los dibujos deben modificarse desde cero. Y eso puede tomar una buena cantidad de tiempo. En el enfoque de subprocesos digitales, todo el hardware y el software se entrelazan en una red. Los datos recogidos de los sensores en cada fase, incluida la planificación, el diseño y la fabricación, se comunican entre

sí formando un enfoque de comunicación bidireccional y un grupo de control de retroalimentación. Un ejemplo a tener en cuenta es si un operador de planta recibe una notificación sobre un error en un dibujo técnico.

A continuación, la persona puede utilizar el vínculo de software a una máquina para realizar cambios y la información actualizada se pasa a todos los departamentos, tanto hacia arriba como hacia abajo, este es un claro caso del hilo digital en la planta.

En cuanto a la impresión 3D o la fabricación aditiva, es un gran ejemplo de cómo los avances tecnológicos están transformando la forma en que diseñamos y fabricamos productos. La fabricación aditiva ha ido madurando con el tiempo y se encuentra en un punto de inflexión para la adopción a gran escala.

Para entender como la fabricación aditiva se conecta con el hilo digital, es importante proporcionar una visión general de las diferencias entre la fabricación aditiva y los enfoques tradicionales de fabricación. En el mecanizado tradicional, el material se retira de un bloque de material a través de fresado, taladrado u otras operaciones de mecanizado, el material eliminado es considerado como desperdicio.

Por esto último conlleva costos asociados, incluyendo materias primas desperdiciadas, eliminación, etc. Formas muy complejas e intrincadas tienen dificultades extremas para ser mecanizadas. Y algunos, como huecos muy profundos, simplemente no se pueden mecanizar. Este enfoque de la fabricación tradicional se conoce como fabricación sustractiva.



Un enfoque alternativo es la fabricación aditiva, también conocida como impresión AM o 3D. En la fabricación aditiva, los materiales se agregan capa por capa, construyendo una pieza final. Un aspecto de la fabricación aditiva es que hay un cambio muy rápido de concepto a pieza, lo que permite un prototipado más rápido. En los procesos tradicionales de fabricación, se necesitará desarrollar herramientas o programas de máquinas para fabricar una pieza. Que podría ser sólo una o dos muestras de un diseño en particular. La fabricación aditiva le permite producir rápida y directamente la pieza de muestra.



En la fabricación aditiva, la complejidad de las piezas no afecta al proceso de fabricación. La máquina ejecuta un programa para recrear la geometría de una nube de puntos, para que la pieza sea lo más compleja posible. Hacer que los nuevos diseños sean muy posibles. Esto incluso ha impactado los enfoques para el diseño. Porque en lugar de estar limitados por los requisitos de los enfoques tradicionales de fabricación, ahora se pueden diseñar con patrones y métodos avanzados. Otra ventaja de la fabricación aditiva es que los costos son impulsados por el volumen del material impreso. En las aplicaciones aeroespaciales hay típicamente también un impulso para reducir el peso. Por lo tanto, el costo de la fabricación aditiva, y los objetivos de rendimiento de las aplicaciones aeroespaciales, están realmente alineados. El proceso de producción de fabricación aditiva está muy entrelazado con el hilo digital. En primer lugar, se utiliza un sistema CAD para generar un modelo 3D del objeto. A continuación, el

objeto se guarda, o se exporta, como un tipo de archivo particular llamado STL, que es efectivamente una nube de puntos que define una pieza. El siguiente paso en el proceso es donde el sistema de fabricación aditiva lee el modelo CAD y evalúa su capacidad para producirlo. Una vez que el sistema de fabricación aditiva lee el modelo CAD y comprueba que es aceptable, crea la pieza añadiendo capas sucesivas de material una encima de la otra. Aunque fuera del ámbito de este curso, la sección de recursos del módulo contiene materiales que pueden ayudarle a comprender las diferentes tecnologías de fabricación aditiva. Actualmente, los sistemas de fabricación aditiva pueden imprimir en polímeros, metales, cerámica, compuestos e incluso tejidos humanos o alimentos. El proceso de fabricación aditiva concluye con el postprocesamiento, que puede contener la eliminación del exceso de material de las estructuras de soporte, operaciones de acabado, como fresado, perforación, tratamiento térmico, pulido. El postprocesamiento está diseñado para garantizar la calidad de la superficie, la precisión geométrica y las propiedades mecánicas cumplen con los estándares necesarios. Dado que la fabricación aditiva es un área continua de desarrollo, los avances se están haciendo continuamente en el mundo de la fabricación aditiva. Añadir nuevos materiales, haciendo que el proceso sea más rápido, más factible y la aplicación sea más amplia.

Existen algunos desafíos para la fabricación aditiva, pero hay una investigación y desarrollo activos en todas estas áreas. Una de las primeras limitaciones en la fabricación aditiva es el envoltorio de construcción, o qué tan grande de una cosa se puede construir. Originalmente, eso estaba limitado a unos ocho centímetros cúbicos. Pero más recientemente se ha expandido para poder imprimir objetos grandes, en el orden de los pies. Incluso hay trabajo en el uso de tecnologías de fabricación aditiva para construir casas enteras con hormigón.

La fabricación aditiva sigue siendo un enfoque de bucle abierto. Por lo tanto, una vez que se importa un archivo de pieza, la máquina de fabricación aditiva funcionará y ejecutará hasta que produzca una pieza. Incluso si hay vacíos u otros problemas, el proceso de fabricación no se detendrá actualmente para solucionarlos. El número de materiales que se pueden utilizar en la fabricación aditiva está creciendo de forma regular. Inicialmente, había limitaciones para poder usar plásticos. Pero ahora, incluso se están produciendo sofisticadas aleaciones metálicas. Una pregunta clave para la fabricación añadida que está siendo abordada activamente por el instituto de innovación de diseño y fabricación digital es que la certificación de una pieza es

muy importante, especialmente para aplicaciones aeroespaciales. La certificación de una pieza significa definir formas de saber que una pieza fabricada con aditivo tendrá el mismo rendimiento que una pieza que se obtiene mediante la fabricación sustractiva. Es importante tener en cuenta que las fábricas alineadas a la industria 4.0 serán un modelo híbrido que tendrá parte de sus procesos asociados a la manufactura sustractiva y otros serán aditivos, de igual manera que coexistirá la automatización con la fuerza laboral humana.

2.3.4. Instrucciones de trabajo digitales

A continuación se definirá el concepto de instrucciones de trabajo digitales, en un entorno de fabricación, las instrucciones de trabajo presentan una secuencia de pasos que describen cómo realizar una actividad de producción. Estas instrucciones suelen ser creadas por supervisores o ingenieros y puestas en práctica por técnicos en el piso de la planta. Además de orientar la ejecución de las tareas cotidianas, estas instrucciones de trabajo sirven de referencia para capacitar a las personas en tareas que pueden necesitar ser llevadas a cabo con frecuencia. Tradicionalmente, el enfoque del flujo de instrucciones de trabajo en el taller ha sido un flujo unidireccional de información, dando como resultado un conocimiento tribal significativo o información especializada que reside en la mente de unos pocos expertos. Como resultado, cualquier tarea que termine requiriendo un nuevo trabajo puede requerir múltiples consultas. Tal vez sea necesario solicitar asistencia de otras personas en el taller y de aquellas que tengan acceso a los datos en el proceso de diseño. En cuanto a la distribución de las instrucciones de trabajo, tradicionalmente los fabricantes han publicado copias físicas de las construcciones de trabajo en el taller, comunmente llamado como el “Manual del operario”.



Como resultado, esto sigue siendo un flujo de información unidireccional, capturar cualquier modificación que los técnicos de planta necesiten hacer para producir productos realmente puede ser muy difícil. Además, la información relevante necesaria para admitir tareas reelaboradas a menudo no está disponible en el lugar de trabajo. Esto significa que los trabajadores deben abandonar el taller para acceder a los datos o realizar una consulta de expertos, lo que reduce la productividad.



Las instrucciones de trabajo digitales tratan de abordar muchas de las deficiencias del enfoque tradicional de las instrucciones de trabajo mediante el uso del hilo digital. El término instrucciones de trabajo digitales se refiere a los manuales computarizados que se crean para instruir o compartir información con los operarios para que realicen sus tareas de manera eficiente. A menudo, las instrucciones de trabajo digitales utilizan modelos 3D de piezas, información sobre herramientas e información sobre productos y otra información de fabricación que está disponible en los archivos de diseño.

Algunas implementaciones de instrucciones de trabajo digitales tienen una interfaz interactiva que puede incluso permitir a los trabajadores reproducir secuencias animadas y navegar por una lista secuencial de pasos que se deben realizar para cada orden de trabajo. Finalmente, un modelo emergente de instrucciones de trabajo digitales, ejemplificado

por LightGuide, utiliza una combinación de proyectores y sistemas de visión por ordenador para crear un entorno de realidad aumentada que puede rastrear y recomendar los siguientes pasos al trabajador.



LightGuide Assembly



LightGuide Part Picking



LightGuide Test & Inspection



Training



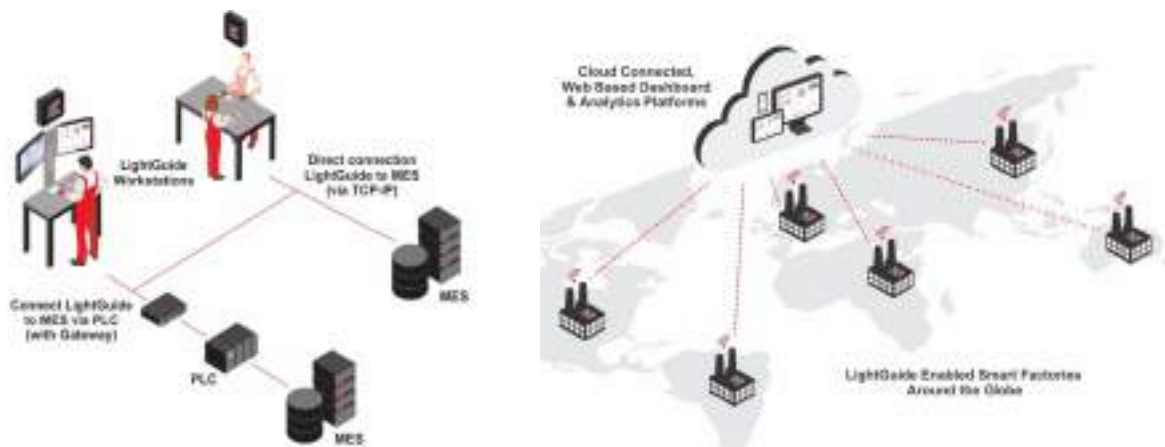
Maintenance



Distributed Manufacturing

Algunos de los beneficios de las instrucciones de trabajo digitales son:

- Aumento de la productividad al reducir el tiempo de inactividad.
- Una comunicación más completa, que es especialmente importante para los cambios de proceso, cuando se trata de reglamentos gubernamentales.
- Tiempos más cortos para el lanzamiento de procesos de producción para nuevos productos.
- Las instrucciones de trabajo digitales facilitan la actualización y el intercambio de nuevas instrucciones consistentemente con múltiples ubicaciones.
- El riesgo de no conformidad, o de tener múltiples conjuntos de instrucciones en circulación, se reduce cuando se utilizan instrucciones de trabajo digitales.
- Un aspecto transformador de las instrucciones de trabajo digitales es que las instrucciones de trabajo no son ahora una transmisión unidireccional de información. Pueden ser muy interactivos y atractivos para el trabajador, para proporcionar más información sobre las tareas que van a realizar las instrucciones de trabajo digitales no son nuevas.



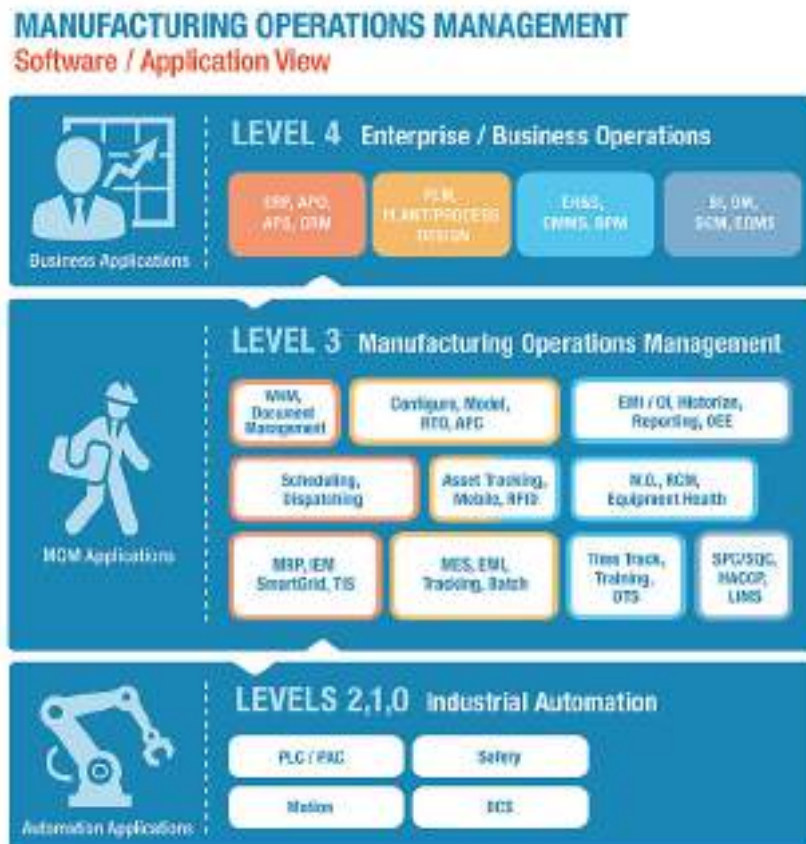


A mediados de la década de 1980, Raytheon Missile Systems en Tucson, Arizona, fue pionero en el concepto al colocar más de 1.000 terminales en su lugar. Desde entonces, ha habido una serie de instalaciones que han implementado instrucciones de trabajo digitales. Y han surgido múltiples ofertas comerciales que incluyen EASE, Enterprise WinSequence, Dozuki, Lightguide y Visual Factory. El Digital Manufacturing and Design Innovation Institute cuenta con dos proyectos activos que utilizan la realidad aumentada para las instrucciones de trabajo digitales. Uno para grandes organizaciones, desarrollado en colaboración con Boeing y Dier. Y el segundo proyecto centrado en el uso de instrucciones digitales de trabajo en las PYME.

Tradicionalmente, los trabajadores del taller colocan diferentes papeles laminados en la pared con diagramas y explicaciones de cada paso. Las deficiencias de esto son obvias, particularmente cuando se requería un orden de cambio de ingeniería (ECO) y esos cambios deben enviarse a ingeniería, renovarse, enviarse nuevamente a fabricación, reimprimirse, volver a laminarse, etc. Refiriéndose a una operación global, esto se convierte en un desafío aún mayor. Cuanto más complejo es lo que se está construyendo, generalmente más complejas deben ser esas instrucciones, y un enfoque basado en papel puede ser limitante. Es de vital importancia tener en cuenta que hoy en día la demanda de productos le exige a la manufactura flexibilidad tanto en la adaptabilidad para producir productos cada vez más complejos sino que además con un alto nivel de personalización. En este proyecto en particular se puede ver claramente en el nivel de colores en que los autos se ofrecen al mercado, las

diferentes gamas para un mismo modelo, diferentes opciones de interiores, entre otros, esto le exige al proceso productivo alto nivel de flexibilidad y nula tolerancia a errores.

La tecnología informática en la planta de producción no siempre fue tan accesible y generalizada como lo es hoy. Sin embargo, dado que el software de control de documentos se ha adoptado ampliamente, los EWI (Electronic Work Instructions) se han abierto camino en el entorno de fabricación. Los EWI (Electronic Work Instructions) han mejorado la forma en que los supervisores y operadores construyen productos y la forma en que interactúan con los ingenieros y el personal de mantenimiento. La tecnología permite un sistema de gestión de documentos centralizado, estandarizado y automatizado. Cada vez más, las plataformas modernas de gestión de operaciones de fabricación (MOM) ofrecen EWI (Electronic Work Instructions) como una aplicación dentro de una cartera más amplia de aplicaciones que se integran a través de la misma plataforma de software. La estandarización en la plataforma MOM facilita el intercambio de información y flujos de trabajo y, a menudo, es un impulsor de mayores capacidades de colaboración en entornos de fabricación distribuidos globalmente e incluso entre unidades funcionales.



Al pasar de las instrucciones de trabajo en papel a los EWI (Electronic Work Instructions), hay muchos beneficios. Al tener en cuenta las capacidades de centralización, estandarización y automatización que ofrecen las plataformas de software MOM (plataformas modernas de gestión de operaciones de fabricación) de hoy, esos beneficios aumentan drásticamente. A continuación, se presentan 8 formas en que los EWI (Electronic Work Instructions) mejoran las operaciones en la planta y hacen que los fabricantes sean más efectivos:

- Reducción del tiempo de inactividad: debido a que la comunicación es más fácil con un sistema electrónico de enrutamiento y entrega, se requiere menos tiempo para realizar acciones de mantenimiento o realizar órdenes de cambio de ingeniería.
- Comunicación más sólida: un sistema de gestión de documentos centralizado permite una mayor capacidad para compartir documentos dentro del entorno de fabricación, entre instalaciones y entre unidades funcionales. Una comunicación más fuerte crea menos errores.
- Procesos de calidad y fabricación de circuito cerrado: con una plataforma centralizada, el contenido y los datos de EWI (Electronic Work Instructions)/ECO (orden de cambio de ingeniería) se pueden compartir más fácilmente con la gestión de acciones correctivas y preventivas y los procesos de gestión de auditoría.
- Procesos de ingeniería y fabricación de circuito cerrado: con una plataforma centralizada, el contenido y los datos de EWI (Electronic Work Instructions)/ECO (orden de cambio de ingeniería) se pueden compartir más fácilmente con los procesos de análisis de fallas y efectos (FMEA).
- Reducción de desechos/desechos: la capacidad de comunicarse y colaborar con ingeniería de manera más eficaz ayuda a mejorar la calidad a la primera y a reducir los desechos en el entorno de fabricación.
- Comunicación más fácil de los cambios regulatorios: debido a que muchas industrias enfrentan entornos regulatorios dinámicos, los EWI (Electronic Work Instructions) ayudan a comunicar rápidamente los

cambios requeridos para los procesos de planta y validan que el personal esté al tanto y los esté siguiendo.

- Proceso de introducción de nuevos productos más rápido: La simplificación de la comunicación y la colaboración entre la fabricación y la ingeniería reduce el tiempo necesario para desarrollar, probar y construir nuevos productos.
- Riesgo reducido y eficiencia mejorada: con las notificaciones automáticas activadas tanto para los trabajadores de planta como para los de ingeniería, la probabilidad de un problema de incumplimiento o incumplimiento es mucho menor.

2.4. Big Data

2.4.1. Sistemas de información

Para comenzar la descripción del proceso de colección de datos es importante definir algunos conceptos indispensables para lograr un entendimiento integral de la gestión de sistemas de información.



Un sistema es un conjunto de objetos relacionados entre sí y con su ambiente de modo tal que forman una suma total o totalidad. No todo lo que es parte del exterior del sistema son variables que pertenezcan al ambiente del sistema. Estas realmente son variables que inciden en el sistema, pero el mismo no tiene control sobre ellas o tiene un control limitado o parcial sobre las mismas, esto es lo que consideramos el límite del sistema. Todas las variables externas al sistema que inciden en el mismo con la salvedad de que el sistema no tiene control sobre esas variables o se controlan parcialmente. Algunos ejemplos de las variables a considerar: clientes, economía, sindicatos, políticas, competencias, etc. La retroalimentación, otro componente central, es necesaria para regular el sistema ya que el mismo posee una naturaleza entrópica.

Existen diferentes tipos de relaciones a considerar:

- Simbióticas: Alto grado de interdependencia de los elementos del sistema que no pueden funcionar de manera aislada.
- Sinérgicas: relación de varios órganos del sistema para la producción del trabajo.

- Superfluas: destinadas a aportar elementos de regulación al funcionamiento del sistema.

Según la Teoría General de Sistemas la acción conjunta de los elementos de un sistema genera un resultado total mayor que la suma de los resultados individuales de cada parte considerada de forma independiente.

Otro concepto central es la totalidad, que hace referencia que el sistema es un todo no dividido, con partes interrelacionadas e interdependientes. Por otro lado, la teleología es una característica que se relaciona directamente al objetivo final del sistema, es la interacción de componentes la cual puede llevar a un estado particular para cumplir un objetivo o a un estado de equilibrio. Los recursos son elementos tangibles o intangibles necesarios para realizar las actividades que le permiten lograr el objetivo o estado de equilibrio. La jerarquía hace referencia a la existencia de subsistemas y permite que sistemas complejos se pueden dividir en partes para luego poder ordenarlas según complejidad. Y, por último, las características que identifican a los elementos del sistema y sus interrelaciones.

Luego de definir todos los conceptos cruciales de esta temática, es que se puede enunciar la definición de un sistema de información la cual es: “Un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización.”

La utilidad de los sistemas de información dentro de cualquier organización gestionados de forma óptima evidencia el potencial de la manufactura digital:

- Ofrecer productos y servicios nuevos de mayor calidad, en menor tiempo y de forma más eficiente (ciclo de vida menor)
- Ayudan a las organizaciones a ampliar su alcance actual
- Reformar empleos y flujos de trabajo
- Tienen el potencial de cambiar la manera de conducir los negocios
- Agilidad en la transformación de datos a información de forma segura

Es fundamental diferenciar los datos de la información:

- Dato: Conjunto de hechos en bruto que se dan en un contexto, que por sí solos no tienen significado.

• Información: Es un conjunto ordenado de datos que constituye un mensaje objetivo sobre un determinado ente o fenómeno. Es crucial tener en cuenta debe ser:

- Óptima en el momento que se la necesite.
- Cuidadosamente clasificada, no toda la información que se obtiene o se puede generar es relevante, solo dentro del marco de estudio.
- Tiene que ser factible su explicación de forma objetiva y cuantificable.
- Tiene que ser confiable.
- Tiene que estar actualizada contante e inmediatamente.

Aquí recae probablemente la mayor fortaleza de la manufactura digital, es una forma nueva e innovadora de implementar e integrar los sistemas de información a cualquier sistema productivo y en cualquier parte del mismo, siempre que sea conveniente. Esto permite aprovechar al máximo los datos que se van generando en cada instancia del proceso de fabricación y transformarlos en información. Mediante este último proceso, se optimiza la toma decisiones no solo logrando que sean más rápidas, sino que además mucho más precisas.

La información es el recurso intangible más importante que tiene una organización, de hecho, lo es cada vez más a medida que nos adentramos en la era cien por ciento digital ya que permite crear nuevos conocimientos dentro de la organización lo cual culmina en mayor competitividad en el mercado.

Hay diferentes clases de sistemas de información dentro de una organización:

- TPS (Transaction Processing Systems): Se ejecutan a nivel operativo, ayudan a los gerentes operativos en las transacciones rutinarias u operativas, son el núcleo del negocio. Se caracterizan por gestionar un alto volumen de datos, son muy volátiles (por gran cantidad de altas, bajas y actualizaciones). Ejemplo clásico: Manejo de cajeros automáticos, donde hay miles de transacciones. El sistema debe tener performance adecuada para tal cantidad de transacciones.
- KWS (Knowledge Work Systems): Satisfacen las necesidades del nivel de conocimiento de la organización y auxilian o soportan a los trabajadores del conocimiento (profesionales). Ejemplo característico: AutoCAD, FUSION 360, o algún otro sistema específico.

- OAS (Office Automation Systems): Ayudan a aumentar la productividad laboral de la organización, esta ayuda la puede recibir cualquier individuo a nivel administrativo. Ejemplo: Paquete Microsoft Office.
- MIS (Management Information Systems): Están fuertemente orientados a la parte interna de la organización, dan servicio a las funciones de planeamiento, control, toma de decisiones dentro del nivel administrativo. Dan soporte a las decisiones estructuradas (aquellas que ya están preestablecidas). Estos sistemas se nutren de los sistemas TPS. Son sistemas pocos flexibles no cambian de forma repetitiva ni se modifican, ya están establecidos de esa forma para brindar reportes gerenciales. Responden a la parte táctica y tiene alto volumen de transacciones, se orientan a la gestión interna.



2.4.2. Análisis de datos

Jeff Immelt, presidente y CEO de General Electric, ha hecho este comentario: “Si te fuiste a la cama anoche como empresa industrial, te vas a despertar hoy como empresa de software y análisis. El cambio está sucediendo frente a nosotros.” Esta observación es una clara llamada a la acción para transformar la fabricación a un nuevo estado, que utiliza los datos generados en el proceso de fabricación digital, para producir productos de mayor calidad de manera más eficiente. Los datos son entradas sin procesar, algunos ejemplos de datos son, en una clase, la puntuación individual de las pruebas de cada estudiante. La información son datos que se han procesado para proporcionar información adicional. En lugar de la calificación de

un solo estudiante, la puntuación promedio de una clase o de toda la escuela, es información que puede derivarse de los datos dados. En la fabricación, el seguimiento de cómo cambia una dimensión a través de varios productos representa información utilizable. El análisis de datos es el acto de transformar los datos en información utilizable. Esta información puede agruparse para establecer hallazgos a largo plazo que representan conocimiento. Este conocimiento se convierte en la base para tomar medidas, como reemplazar o afilar un cabezal de corte si las dimensiones están siguiendo en una dirección consistente que indica desgaste. Los datos, por sí mismos, son sólo un número y no son muy útiles. Los datos se vuelven poderosos una vez procesados y puestos en contexto. Como dice el refrán, datos ricos, información pobre.

Con lo cual, el procesamiento correcto de datos tiene un rol extremadamente importante en orden de tener información de buena calidad disponible. Para esto se acude a la estadística descriptiva, la misma es un método de descripción numérica de conjuntos numerosos, o más bien un método de descripción cuantitativa que utiliza al dato (numérico o no) como soporte objetivo. No se debe conceder a los datos estadísticos un valor o una precisión que no poseen. Para ser eficaz, la estadística debe necesariamente simplificar. Cuando se describe una población según un carácter, todos los individuos que presenten la misma modalidad del carácter se consideran equivalentes. Se puede, ciertamente, considerar un número elevado de criterios de diferenciación entre los individuos, pero el costo de recopilación de la información se encuentra rápidamente entorpecido y el análisis complicado. Además, es necesario observar que los datos estadísticos no escapan de la regla general de las medidas, que es la de estar afectadas de error. La anécdota no pertenece al dominio estadístico, las permanencias estadísticas no aparecen, en efecto, más que en conjuntos numerosos. Se puede concluir que la estadística descriptiva es una técnica de análisis de conjuntos numerosos; la misma se aplica a todos los dominios de investigación cuantitativa, no obstante, los métodos de recolección de información, la crítica de los datos recopilados, y más aún la interpretación de los resultados obtenidos, no son propiamente hablando, competencia de la estadística descriptiva. Para conocer las condiciones reales de algo (elemento, proceso o producto), es necesario medirlo. Para ello se utilizan instrumentos de medición, que pueden ser de distinta naturaleza, según lo que sea necesario medir. Existe la más variada gama de instrumentos, pero todos, a partir de las mediciones que se realizan con ellos, entregan información. Estas mediciones, estadísticas, son los datos de la realidad.

Para no tener una imagen deformada de la realidad, se deben cumplir las siguientes condiciones: la medición, el registro de los datos y las operaciones realizadas con la interpretación de sus resultados, deben ser correctos. Si ello no ocurriera, se tendrá una imagen deformada de la realidad, lo cual nos puede llevar a una acción equivocada.

Los datos son los hechos y los números que se reúnen, analizan y resumen para su presentación e interpretación. Al estar reunidos, los datos recopilados se denominan en general conjunto de datos para el estudio. Los datos nos proveen una información que tiene un propósito definido, por eso tanto la forma en que se tomarán los datos como su misma naturaleza, quedan automáticamente determinadas por ese objetivo.

Los elementos son las entidades acerca de las cuales se reúnen los datos, y una variable es una característica de interés de los elementos. En definitiva, los datos se obtienen anotando las mediciones de cada variable para cada elemento en el estudio, y al conjunto de mediciones, reunido para determinado elemento se llama observación. Dicha observación procesada de manera conveniente, se convierte en información vital.

Las informaciones pueden ser cualitativas, no expresables en escalas numéricas, o cuantitativas, las cuales surgen de datos cuantitativos, expresables en escalas numéricas ordenables. Estas informaciones cuantitativas son medibles o numerables, el número que surge es variable con cada modalidad medible y se llama variable estadística.

Las tecnologías que han dado lugar a mejoras significativas en el análisis avanzado son, computación de alto rendimiento y Big Data. La informática de alto rendimiento, también conocida como HPC, puede permitir el análisis avanzado. A veces, las técnicas de análisis necesarias para procesar datos, requieren una potencia computacional mucho más allá de lo que nuestros equipos de escritorio son capaces de hacer. En tales casos, se utiliza la computación de alto rendimiento para analizar datos, y convierte datos en información de forma rápida, eficiente y con alta fiabilidad. Big data se refiere a la abrumadora cantidad de datos digitales, más de 2,5 quintillón bytes de datos cada día que vienen de todas partes. Contenido digital como imágenes y videos, publicaciones en redes sociales, requisitos de diseño de productos, registros de transacciones de la cadena de suministro y compras, así como como sensores en la fabricación de equipos y productos que operan en el campo. Big data abarca tres dimensiones principales: volumen, velocidad y variedad. Volumen se refiere a la cantidad cada vez mayor de datos, con empresas acumulando terabytes de datos brutos e información como

parte del proceso de diseño y fabricación. La velocidad captura el concepto de datos sensibles al tiempo, por ejemplo, el uso de datos de sensores de producción para predecir que una pieza de un equipo de fabricación necesita ser atendida puede evitar pérdidas o descarte. La variedad reconoce que hay muchas fuentes de datos, algunos bien estructurados y ordenados, otros que pueden requerir procesamiento para convertirse en fuentes significativas de información. El análisis avanzado ofrece oportunidades para encontrar información y oportunidades para mejorar en la fabricación, también ayuda a evolucionar en términos de seguridad, fiabilidad, rendimiento, calidad, etc.

Los datos están a su alrededor y pueden transformarse en información para implementar mejoras. Las diferentes distribuciones de fabricación requieren distintos tipos de recopilación y análisis de datos. Este Proyecto Final de Ingeniería tiene como temática central la reingeniería de parte del proceso de fabricación de una línea de montaje, con lo cual se trata del caso de manufactura discreta ya que la salida es una unidad individual en este caso un auto.

A diferencia de la fabricación discreta, existe por supuesto la fabricación continua. En este último caso, la salida normalmente fluye continuamente y no se puede contar como una sola unidad. La salida se mide típicamente en peso, volúmenes y porcentajes. Algunos ejemplos son la producción de petroquímicos, cervezas y fertilizantes. El análisis de datos independientemente de si se lleva a cabo o no en configuración discreta o continua se produce en cuatro etapas:

- I. La primera etapa es la recopilación de datos, donde se recogen los datos de diferentes sensores.
- II. La segunda etapa es el almacenamiento de datos.
- III. La tercera etapa es el pre-procesamiento de datos, donde se definen los datos para que puedan procesarse más adelante.
- IV. La etapa cuatro es el análisis de datos, en esta etapa los datos pre-procesados se convierten en inteligencia procesable.

Una empresa con fabricación avanzada, no digital, se basa en capturar grandes cantidades de datos en diferentes formatos. Todos estos datos deben convertirse en información procesable de forma rápida, eficiente y precisa. En la fabricación y el diseño digitales, es necesario realizar múltiples análisis de datos a menudo en paralelo. Para lograr esto, se

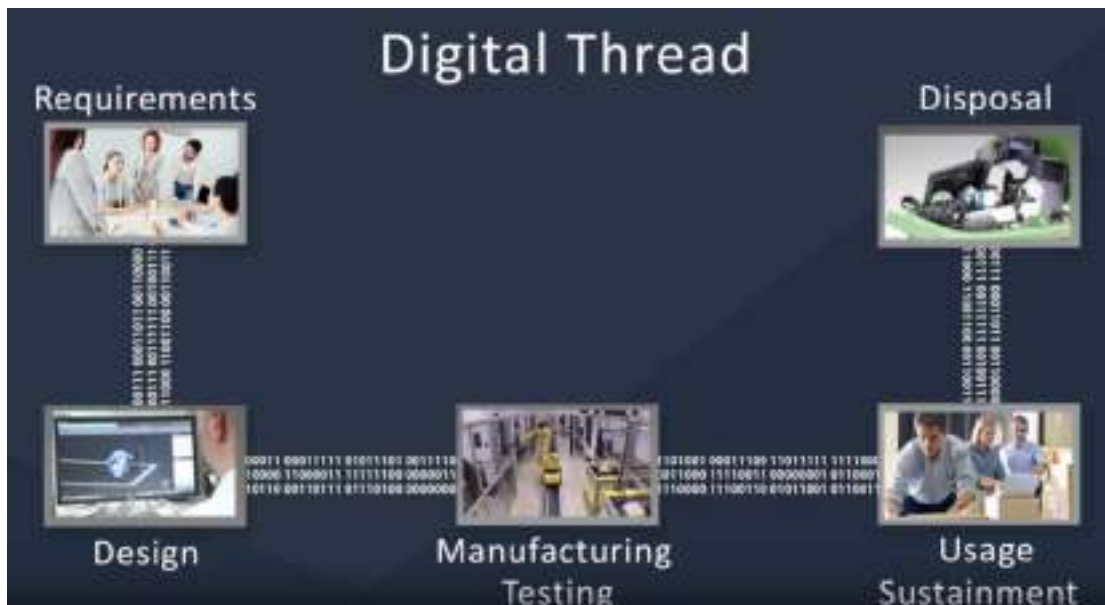
necesitarán plataformas computacionales avanzadas que estén integradas en sistemas de hardware y software diseñados específicamente para manejar una gran cantidad de datos. A la hora de la planificación del desarrollo de su propio motor de análisis, hay que tener en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Están disponibles los datos históricos?
- ¿Cómo se pueden capturar los datos?
- ¿Qué sensores se colocarán y dónde?
- ¿Cuál será la infraestructura de recopilación de datos necesaria?

Lo clave a recordar es que los datos tienen un uso limitado si no se convierten en información procesable, en consecuencia, se puede ser rico en datos y pobre información. Como conclusión final, el proceso de análisis no se implementa de forma aislada se necesita un equipo multifuncional y una estructura organizada.

2.4.3. Big Data: datos tradicionales versus masivos

Hay dos tipos diferentes de conjuntos de datos: datos tradicionales y datos masivos. Uno de los componentes centrales de la manufactura digital es el hilo digital, el cual integra información a lo largo de las diferentes etapas de la cadena de valor. En este contexto, la cadena de valor significa que todas las entidades que contribuyen para la producción del producto, desde el requisito de recopilación, el diseño, la manufactura, las pruebas, los usuarios, la logística final y la disposición final. El hilo digital o digital thread permite a especialistas trabajar en el producto y procesar definiciones simultáneamente para informar las decisiones a lo largo de la vida de un sistema o producto. O de otra forma, los datos digitales que genera el producto durante su fabricación o proceso de manufactura se puede utilizar por los diseñadores para rediseñar el producto y que el cliente pueda obtener más valor del producto.



Los métodos de análisis tradicional no pueden aplicarse a grandes conjuntos de datos con el fin de generar información procesable. Algunas propiedades de los datos masivos son:

- a) volumen, que se refiere a la enorme cantidad de datos
- b) variedad, que se refiere al hecho de que los datos podrían provenir de muchas fuentes diferentes y puede ser de muchos tipos

c) la velocidad, que indica la necesidad de procesamiento de alta capacidad para procesar la enorme cantidad de datos

Alta capacidad de procesamiento significa ya sea computación de alto rendimiento o infraestructura informática en la nube. El hilo digital necesariamente conduce a la generación de datos masivos. IoTs o Internet de las cosas lleva a un continuo flujo de datos, un hilo digital asociado con el producto incluye datos de modelos CAD, fases de pruebas de rendimiento proceso de manufactura, uso del consumidor y más. Por otro lado, los conjuntos de datos tradicionales son aquellos que han sido almacenados en una ubicación centralizada en un solo punto, tal vez en una única base de datos y además hay presunción de que los datos están en un formato estructurado. Los conjuntos de datos tradicionales son típicamente pequeños, y por otro lado los conjuntos de datos más grandes oscilan entre los gigabytes a terabytes. Los datos masivos son distribuidos una vez que se colectan y esto significa que provienen de diferentes fuentes en lugares y tiempos diferentes. Existen múltiples retos que están asociados con el procesamiento de datos masivos, por un lado requiere conocimientos diferentes que el procesamiento conjunto de datos tradicional. Es un proceso complejo y se necesita tener personas que puedan influir en la gente a través de diferentes departamentos para hacerlo funcionar. El segundo desafío es el costo de la infraestructura computacional para implementación de datos masivos, como los datos masivos normalmente implican plataformas de computación que pueden ser costosas, la inversión inicial en el análisis de datos masivos es entonces alta a comparación de la instalación tradicional. El tercer reto es el de la preocupación por la seguridad. El procesamiento de datos masivos a veces requiere la utilización de computación en la nube. El paradigma de computación en la nube requiere almacenar y compartir los datos en la nube, Esto plantea problemas de seguridad de la información.

La recolección de datos es el proceso de recopilación de forma sistemática de datos de diversas fuentes adecuados para tu propósito. Los datos pueden residir en diversas fuentes, en las personas, registros documentados y la salida de un proceso, en máquinas o en computadoras. Para transformar los datos en información procesable, primero necesita reunir los datos. Si no tenemos los datos, nosotros no se puede procesar nada para generar información accesible. Hay muchos métodos para recolectar datos, en la preparación para la manufactura se deben concentrar los esfuerzos en recoger gran cantidad de datos. Se necesita de un equipo especial capaz de generar cantidades masivas de datos de manera rápida y fiable.

2.4.4. Almacenamiento y pre-procesamiento de datos

Después de que se recolectan los datos, estos deben ser almacenado. Algunas razones de almacenamiento incluyen el deseo de realizar análisis en el futuro o comprobar de nuevo análisis anteriores para mejorar la certeza a las conclusiones. Datos no guardados o almacenados incorrectamente se pueden perder, y por ende no tienen ningún valor para la organización ya que no podrán transformarse en información valiosa. La recuperación de datos es no solo costosa sino además riesgosa, la misma puede sufrir perdidas irreparables de parte o la totalidad de los datos. Una empresa de manufactura buscará almacenar enormes cantidades de datos, y también datos de diferentes tipos. Así que hay dispositivos de almacenamiento especiales para almacenar este tipo de datos.

Una base de datos almacena los datos, y es conveniente almacenar los datos de una manera sistemática para que la relación entre los tipos de datos se puede entender. La organización de datos durante el almacenamiento lo hace fácil de procesar en comparación con dejarlos desorganizados. Los datos organizados se pueden procesar más rápido, lo que conduce a la reducción del número de errores, es más eficiente para procesar, y también requiere menos recursos. Además, a veces algoritmo analítico eficiente requiere que los datos estén en un formato estructurado específico. Los datos estructurados son aquellos que están bien definidos y con formato. Los datos no estructurados son la forma menos organizada de datos que pueden existir.



The infographic features a photograph of a robotic arm in a factory on the left. To its right, the text 'Organizing Data' is enclosed in a box, followed by 'Storage' in another box. Below these, the phrase 'Organized Data' is underlined, leading to a bulleted list of benefits: 'Processed quicker', 'Reduced errors', and 'More efficient to process (Less resources)'.

Cuando se recogen datos, hay mucha redundancia y ruido en ellos, esta es la razón por la que es necesaria la limpieza y el procesamiento previo de datos. No todos los datos almacenados son correctos o precisos. Hay muchas razones por las que puede haber imprecisiones en la búsqueda de datos. Los errores de entrada de datos pueden causar inexactitud. También hay situaciones en las que no todos los datos se transfieren de la fuente al dispositivo de almacenamiento. Esta situación puede producirse cuando un sistema de recopilación de datos, como la red de sensores, está inactivo o no funciona correctamente o bien podría haber datos incorrectos procedentes de la fuente. Queda evidenciado que es importante que se procese previamente los datos almacenados antes de que podamos realizar más análisis. Algunos errores comunes que pueden existir en los conjuntos de datos que pueden eliminarse en los pasos de procesamiento previo son:

a) conjuntos de datos incompletos: significa que no tenemos todas las entradas de datos requeridas en el conjunto de datos general. El análisis de dichos datos dará lugar a una interpretación incorrecta de los datos y a una deducción de información incorrecta. Por ejemplo, si no se almacenaron 20 puntos de datos de un conjunto total de 100 puntos de datos, el valor promedio del conjunto de datos derivado de 80 puntos de datos puede ser significativamente diferente al valor promedio real de 100 puntos de datos.

b) conjuntos de datos incoherentes: La inconsistencia se refiere a discrepancias en los datos. Por ejemplo, supongamos que recogimos datos de dos sensores diferentes. Las diferencias en los sensores podrían provocar inconsistencia en los datos almacenados. Esta inconsistencia podría surgir debido a los diferentes mecanismos de detección dentro de estos dos sensores. O debido a las diferencias en las unidades que se registran por estos diferentes sensores. No quiere decir que no se puedan recopilar datos de diferentes sensores, sino que esto puede dar lugar a datos incoherentes que deben abordarse en la fase de preprocesamiento.

c) conjuntos de datos ruidosos: En conjuntos de datos ruidosos, normalmente tendrá puntos de datos atípicos y debido a lo cual la interpretación del conjunto de datos general dará información incorrecta. Como precaución antes de analizar conjuntos de datos ruidosos, siempre hay que buscar puntos de datos anormales

en él. La comprobación de puntos de datos ruidosos en la búsqueda de datos es uno de los pasos más importantes en el preprocesamiento de datos. Para asegurarse de que no se cometió un error en el proceso de recopilación de datos.

Como nota final, una expresión común, “basura adentro, basura afuera” o GIGU (garbage in garbage out) se puede usar para recordar la importancia de tener datos correctos para generar datos procesables en orden de generar información útil. Si no se cuenta con los datos correctos, es prácticamente imposible generar la información adecuada para su propósito.

2.4.5. Análisis de sensibilidad, detección de anomalías y plataformas computacionales

El análisis de sensibilidad, a veces llamado “Análisis del ¿Y si?...” se utiliza para determinar cómo las incertidumbres en diferentes escenarios afectan el resultado final. Si alguno de los factores, parámetros, variables o características de entrada al sistema cambian, ¿Cuál es el impacto en mi salida? Técnicas tales como el análisis de sensibilidad, ayudan a identificar y sopesar la fuente de esas incertidumbres. También proporciona al usuario una visión de una cierta probabilidad a futuro. Hay factores que tienen mayor importancia que otros en el producto final. Esto se usa para decidir, qué cambios deben realizarse en el diseño del proceso antes de la implementación. Volver a diseñar el layout del proceso con esta simulando diferentes escenarios antes de la implementación del mismo, puede ahorrar recursos significativos en comparación con hacer los cambios después de la implementación.

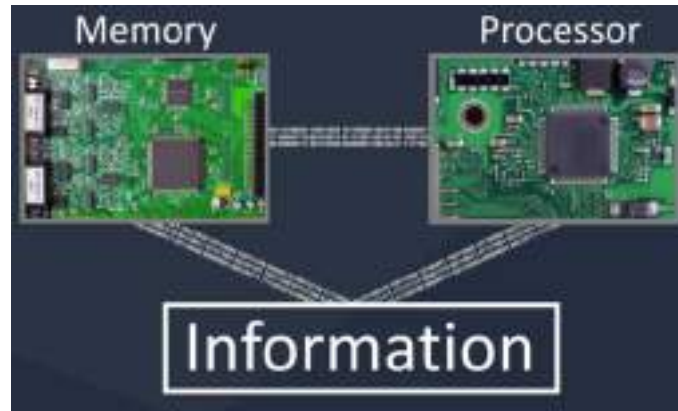
Según Armin Laidre este, este análisis hipotético es una técnica de lluvia de ideas o brainstorming que se utiliza para determinar cómo el rendimiento proyectado se ve afectado por los cambios en los supuestos en los que se basan esas proyecciones. El análisis What if “se usa a menudo para comparar diferentes escenarios y sus posibles resultados en función de las condiciones cambiantes. A menudo se utiliza la investigación científica y junto con las evaluaciones de riesgos comerciales y financieros, el análisis de sensibilidad es aplicable a prácticamente cualquier actividad o sistema. Mediante el uso del análisis de sensibilidad, se pueden explorar varios escenarios y, como resultado, tomar mejores decisiones y más informadas cambiando los supuestos y observando o estimando los resultados, y además puede predecir mejor el resultado de sus decisiones. En conclusión, además de brindar una visión del futuro, el análisis de sensibilidad conduce a decisiones más rápidas.

Una anomalía puede ser descrita como un patrón en los datos que no se ajusta a algún comportamiento normal. En análisis de datos, la detección de anomalías es también conocida como detección de valores atípicos. Se utiliza para identificar los puntos de datos anormales que no se ajustan a cualquier patrón o comportamiento normal. Así que generalmente la aplicación de detección de anomalías, son daños de los equipos que coleccionan los datos o fraudes detectados en las transacciones financieras, entre otros. La detección de anomalías en los ajustes de manufactura puede ser aplicada para permitir mantenimiento de equipos, gestión de la calidad del producto y permitir la efectividad del entrenamiento del personal. Y también controlar la calidad de los proveedores.

Para convertir pensamientos en acción, se necesita del cerebro y cuerpo que trabajen juntos. Del mismo modo, en el análisis de datos se necesita una memoria o capacidad de almacenamiento y un procesador para trabajar juntos con el fin de producir información que puede usar. La memoria y el procesador son los dos componentes básicos de la plataforma computacional. La memoria almacena datos, mientras que los procesadores transforma los datos en información. La calidad de la memoria se puede medir por la cantidad de datos que almacena, por ejemplo: megabytes, gigabytes o terabytes. Del mismo modo, el rendimiento del procesador se mide en términos de la rapidez con la que pueden transformar los datos en información. Gigahertz es una unidad que se utiliza para la medición del rendimiento del procesador. Hay cuatro pasos involucrados en cómo la memoria y el procesador interactúan entre sí para convertir datos en información:

- i. Los datos se almacenan en la memoria
- ii. El procesador evalúa los datos almacenados.
- iii. El procesador convierte los datos de acceso en información útil.
- iv. La información generada se almacena de nuevo en la memoria.

En pocas palabras, el procesador recibe la información de entrada sobre cómo manejar la entrada y luego produce la salida requerida según lo definido por el usuario. La escalabilidad y el rendimiento son dos conceptos importantes del análisis avanzado.



En el caso de una empresa emergente que quiere invertir en computadoras, probablemente sus necesidades de almacenamiento y procesamiento de datos son mínimas. Lo más probable es que comiencen con una computadora que tenga suficiente memoria y la velocidad de procesamiento suficiente. Si el negocio crece, seguramente habrá mayores necesidades de almacenamiento de información y la rapidez con la que necesitan procesar datos en información también aumenta.

La escalabilidad es la característica de un sistema o modelo que tiene la capacidad de hacer frente y realizar frente a una carga de trabajo en expansión por lo tanto este es un atributo importante de un sistema. La clave es tener en cuenta la escalabilidad y el rendimiento cuando se realiza la primera inversión. El sistema que se instale, primero, debe permitir la escalabilidad cuando lo necesite en una etapa posterior. De lo contrario, es posible que no se pueda aprovechar la inversión inicial, puede que tenga que empezarse de nuevo y eso podría ser económicamente costoso y operacionalmente arriesgado. Por otro lado, el rendimiento puede describirse como la cantidad de trabajo realizado por el sistema con los recursos disponibles.

2.4.6. HPC (High Performance Computing) y CC (Cloud Computing)

En el análisis avanzado de procesos productivo en muchos casos la cantidad de datos a manejar es tan grande que los métodos normales y las computadoras que se usan hoy en día simplemente no pueden manejar los datos. En estos casos se necesitan aplicar sistemas de HPC (High Performance Computing), básicamente son computación de alto rendimiento o computación en la nube. HPC se puede utilizar para analizar y convertir gran cantidad de datos

en información de forma rápida, eficiente y con alta confiabilidad. La informática de alto rendimiento se refiere al método de agregar varios equipos y técnicas de procesamiento en paralelo de una manera que ofrece un alto rendimiento que otra estación de trabajo no sería capaz de ofrecer. Algunos ejemplos de aplicaciones de HPC o computación de alto rendimiento son simulaciones intensivas de gama alta y pronósticos meteorológicos precisos. Con el advenimiento de los servicios de computación en la nube, muchas industrias de fabricación y servicios se han beneficiado mucho debido a las características inherentes disponibles en los servicios de computación basada en la nube. Hoy en día cualquier empresa puede usar la nube para implementar sus servicios de forma instantánea, sin depender tanto del soporte de IT ni de la interacción humana. Otras características importantes son la agrupación de recursos y la elasticidad. Esto básicamente permite que el usuario final aproveche los recursos instantáneamente disponibles, como los servidores si y cuando es necesario. Otra característica de Cloud Computing es la virtualización de cada actividad necesaria que pasará a gestionarse en un virtual y como consecuencia se obtiene la reducción de las limitaciones a las que se enfrenta un único servidor físico tradicional. Puede hacer todo eso sin inversiones significativas en infraestructura. Con el mayor acceso a las máquinas de alto rendimiento de Internet y servicios en la nube, muchas empresas han desarrollado software que se ocupa específicamente de la crisis de datos. Estos software permiten a las empresas tomar decisiones eficientes basadas en datos para mejorar la productividad. Algunos de los software ampliamente utilizados existentes en el mercado y utilizados por las industrias de fabricación son Siemens PLM Software, R SAP Lumira, y además de esto, hay muchos otros software para su consideración. Algunos aspectos clave de la idea de Cloud Computing es que se puede alquilar según sea necesario, proporciona una escalabilidad significativa sin tener un costo excesivamente alto y se puede habilitar instantáneamente.

2.4.6. Data sharing, interoperabilidad y datos semánticos

El concepto de data sharing se centra en el intercambio activo de datos, o de información de un grupo al siguiente. Uno de los motivos principales por el cual es conveniente la implementación del hilo digital es la promesa de mayor comunicación a medida que se diseñan productos complejos. Sin compartir información o sólo compartiéndola en momentos muy discretos en el tiempo, se limitan la capacidad de ser receptivos y de abordar los cambios

y requisitos. Es muy común en diferentes empresas a lo largo de los años, que la innovación ocurra con frecuencia en las interfaces, o conexiones. Podrían ser interfaces entre partes de un producto, grupos dentro de una empresa, o asociaciones estratégicas externas. Dentro de una organización, los datos a menudo pueden ser un recurso altamentepreciado y altamente protegido. Antes de considerar estrategias para el intercambio de datos, primero es necesario identificar cuales son algunas propiedades importantes de los métodos de intercambio de datos:

- Alcance, eso significa ¿cuántas personas pueden recibir la información?
- Participación, esta es la cantidad de ida y vuelta que sucede durante una comunicación.
- Capacidad, la capacidad de compartir grandes volúmenes de datos, y velocidad, esto puede ser transmisión o requisitos de presencia.
- Persistencia, esto proporciona documentación de la comunicación.
- Y el tono, proporcionando indicaciones matizadas y sutiles sobre la información.

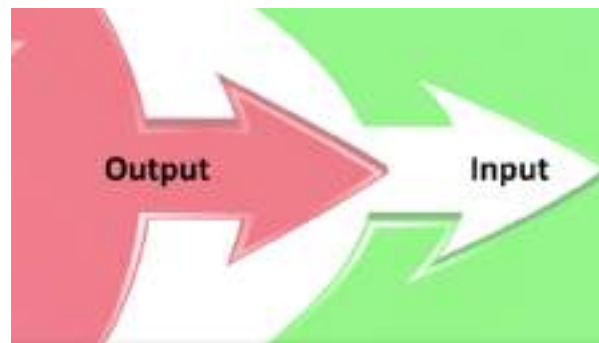
La interoperabilidad, ofrece el potencial de una gran comodidad, la misma según el Esquema Nacional de Interoperabilidad, es la capacidad de los sistemas de información y de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos.

Se evaluará el caso de uno de los errores más grandes que cometió la NASA donde un proyecto de \$125 millones de dólares se lanzó, y ya prácticamente a punto de celebrar un día auspicioso mientras el esfuerzo alcanza su clímax, para terminar saliendo todo mal.



Eso es lo que sucedió en 1999 con la NASA y el fracaso del orbitador climático de Marte. Las unidades no coinciden, un subsistema utilizó unidades inglesas y el otro subsistema utilizó el sistema métrico.

Esto resultó en que una nave espacial estuviera a 100 kilómetros fuera de curso, probablemente yendo directamente a través de la atmósfera de Marte y continuando hacia el espacio. Con un sistema complejo como una sonda espacial, hay varios equipos trabajando en paralelo y la interoperabilidad se convierte en un factor clave. Cuando se observan los resultados de un análisis, existe la necesidad indispensable de incluir sus unidades, sin embargo, muchos programas informáticos no tienen esa habilidad en cambio solo proporcionan datos sin procesar o números sin procesar. Hay una suposición, que las personas que desarrollan los programas se han asegurado de que la salida de un programa se alinea con las entradas esperadas del otro programa. Esa es una suposición bastante grande para hacer, sobre todo con las consecuencias que traen errores en la interpretación de datos. Añadiendo información adicional a la salida de los programas se buscan evitar este tipo de problemas:



Si un programa sale en el sistema inglés y otro programa espera entrada en el sistema métrico, lo primero que puede hacer es verificar si la entrada tiene las unidades correctas etiquetadas. Y si no, se puede enviar una solicitud de conversión a las unidades esperadas. Esto crearía una solución mucho más robusta. Esta información descriptiva también se puede etiquetar como información semántica. Cuando se piensa en dispositivos digitales, toman entradas, las procesan, y luego proporcionan una salida. Sin embargo, uno de los grandes contrastes entre computadoras y personas es que a pesar de los avances en la velocidad de procesamiento, las computadoras realmente no entienden los datos y las relaciones entre datos. Esto es algo que la gente es realmente buena haciendo, lo que podría llamar una comprobación rápida de cordura, como por ejemplo ver si las unidades que estás esperando son las unidades

que has recibido. A medida que la potencia computacional ha aumentado, ha habido un impulso creciente para cálculos informáticos más flexibles. Esto significa que los programas necesitan entender y apreciar el contexto mucho más que en el pasado. Investigadores de informática han desarrollado modelos de datos semánticos que ayudan a las máquinas a comprender la interpretación lógica de los conjuntos de datos.

El objetivo final es que los datos se puedan organizar de manera que los procesos basados en computadoras puedan interpretar sin intervención humana. Uno de estos sistemas es MT Connect, un formato XML para el intercambio de datos de máquina a máquina en la fábrica. La información de MT Connect se puede proporcionar desde software integrado en hardware en máquinas de nueva generación o en kits de adaptación que se conectan a equipos heredados. Al considerar equipos heredados, puede haber instrumentación en la máquina que proporcione alguna salida. Por ejemplo, datos de posición de un cabezal de fresado. Los datos semánticos tienen una ventaja clave en el sentido de que proporcionan un contexto a los datos brutos que pueden permitir comprobaciones de suposiciones. Y también proporcionar contexto para apoyar el razonamiento automatizado y la toma de decisiones sin intervención humana. Los datos semánticos requieren algún trabajo adicional para garantizar que los metadatos apropiados, o información sobre la información, se proporcionan de manera eficiente y precisa.

2.5 Intelligent Machining (IM)

Un proceso es una serie de acciones o pasos realizados con el fin de lograr un fin particular. Un proceso consume entradas, lo que el proceso necesita para realizar la acción y genera salida, esto es lo que el proceso entrega. En términos generales, la salida del proceso puede ser aceptable, lo que significa que cumple con los requisitos, o inaceptable, lo que significa que no cumple con los requisitos. Si la salida es aceptable se puede avanzar con la entrega del producto al cliente, pero si la salida es inaceptable, los ajustes deben ser realizados en las entradas para garantizar que el proceso entrega un producto aceptable. Los procesos se pueden controlar utilizando la información del sensor en un enfoque de bucle abierto o cerrado. Los sistemas de bucle abierto solo tienen en cuenta el estado actual y el modelo del proceso para ajustar el sistema en su lugar. Este enfoque no incluye comentarios porque el controlador no observa cambios en la salida que resultan de cambios en la entrada. Un ejemplo de fabricación de un sistema de labio abierto es un cabezal de corte que sigue ciegamente un camino programado. Los sistemas de bucle cerrado incorporan un sensor en el punto de salida.

El sensor obtiene retroalimentación del punto de salida, compara el punto de salida con la definición de los criterios de aceptación y luego realiza los cambios necesarios en entradas o el proceso para corregir la causa de la desviación en la salida. Mientras que muchas máquinas de taller recopilan datos, operan bajo un modelo de bucle abierto, ejecutando un programa que se ha cargado en la memoria. Esto significa que no pueden tomar decisiones inteligentes en respuesta a las variaciones en el equipo de procesamiento o materias primas. Esto resulta en una incapacidad de adaptarse en tiempo real a través de funciones de supervisión propia o autocorrección. Por el contrario, el paradigma de fabricación digital y diseño aprovecha un enfoque de bucle cerrado, el mecanizado inteligente (IM).

Una definición de trabajo de mecanizado inteligente (IM) es la integración de sensores y controles inteligentes para permitir que el equipo detecte y comprenda automáticamente el entorno de producción actual con el fin de llevar a cabo una fabricación consciente y lo más continua posible. Desde una perspectiva de alto nivel, el mecanizado inteligente, o IM, consta de los siguientes componentes:

- Una máquina, evidente por el nombre, mecanizado inteligente.

Esto puede referirse a máquinas individuales, así como a sistemas de producción

integrados que realizan un conjunto de tareas asignadas. Estas tareas pueden incluir fabricación, montaje e inspección en tiempo real.

- Funciones de comunicación y almacenamiento de datos, la comunicación puede ser interna de la máquina mientras que la comunicación externa proporciona comunicaciones a nivel de máquina a máquina y máquina a empresa.
- Funciones de diagnóstico y mantenimiento, se centran en el funcionamiento sin problemas de una máquina, combinando continuamente información recopilada sobre los componentes de la máquina y funciones con una base de conocimientos y métodos de toma de decisiones tanto para determinar el actual estado de una máquina y predecir estados futuros.
- Una función de razonamiento, aunque no existe una definición comúnmente aceptada para la inteligencia general, la inteligencia en el mecanizado se hace evidente a través de acciones que se aproximan a la de un operador humano específicamente en cómo la máquina opera en presencia de incertidumbre y variabilidad.

Los sistemas tradicionales de retroalimentación automática o regulación no ofrecen estas funciones. Generalmente no pueden acomodar múltiples fuentes de información sobre su estado, información incompleta o aprovechar datos de producción y una base de conocimientos para responder a eventos inesperados.

El mecanizado es un proceso, ya que tiene una entrada y una salida. La entrada al proceso de mecanizado es materia prima, que puede ser metálica o no metálica. La salida del proceso de mecanizado es un producto acabado de la forma y el tamaño deseados. Máquinas, herramientas y piezas de trabajo son los principales componentes del proceso de mecanizado.



Más formalmente, el mecanizado es un término amplio utilizado para describir diferentes procesos de eliminación de material no deseado de una pieza de trabajo en forma de virutas para llegar a una forma y tamaño finales deseados. Por supuesto, el mecanizado es una parte central y de vital importancia para la manufactura sustractiva.



Dado que los metales siguen siendo los materiales más utilizados en la fabricación, los procesos de mecanizado que eliminan el material de las piezas metálicas son la clase más importante, y los procesos de corte de metales, o eliminación de metales.

La contraparte de los procesos de mecanizado metálico son procesos de mecanizado no metálico que utilizan piezas de trabajo no metálicas hechas de materiales como la madera. Otra clasificación de procesos de mecanizado se basa en las diferencias entre el movimiento relativo de la herramienta de corte y la pieza de trabajo y el tipo de herramienta de corte utilizada.

El mecanizado convencional es una subclase importante del proceso de mecanizado en el que se utilizan herramientas de corte de un solo punto o multipunto para eliminar mecánicamente el material de la pieza de trabajo. El mecanizado convencional se puede subdividir en subclases siguientes. Uno, girando, en la operación de torneado, la pieza de trabajo se gira como el método principal para mover el metal contra la herramienta de corte. Allí, la principal herramienta de mecanizado para realizar operaciones de torneado.



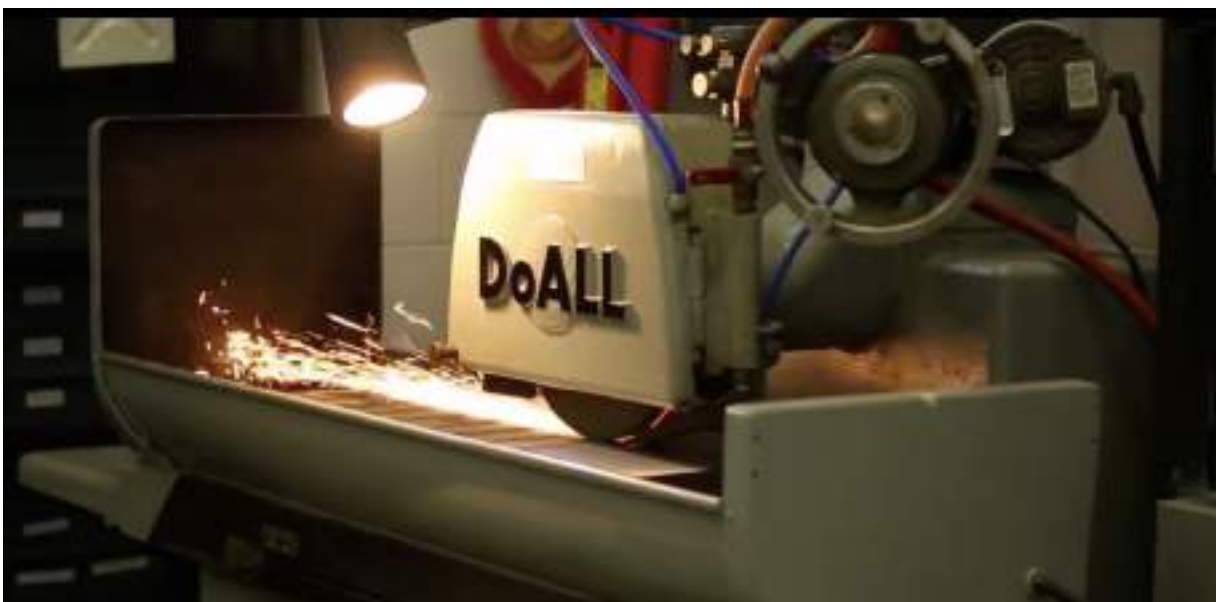
Segundo está el fresado, en las operaciones de fresado, la herramienta de corte gira para que los filos se apoyen contra de la pieza de trabajo. Las fresadoras son máquinas principales herramienta para realizar el molino.



Tercero, la perforación. que es una operación de mecanizado que se utiliza para producir operaciones de taladro o taladro en una pieza de trabajo. Las prensas de perforación son la máquina principal en esta categoría.



Los procesos abrasivos son otra clase de procesos de fabricación que eliminan material forzando partículas abrasivas duras a la superficie de las piezas de trabajo.



Por último, también existen procesos de mecanizado no tradicionales en los que se utilizan otras formas de energía distintas de las herramientas de corte afiladas como chorros de agua y plasma láser para eliminar material.



La evolución del mecanizado inteligente puede agruparse en tres fases principales.

- Fase 1, del año 1700 - 1900. Durante esta fase, las herramientas manuales se transformaron en herramientas mecánicas. Esta transformación se permitió mediante el uso de principios mecánicos, y el mecanizado se realizó de manera mucho más eficiente.
- Fase 2, de 1900 a 2000. Las máquinas herramienta basadas en principios mecánicos se transforman en máquinas herramienta controladas digitalmente. Las condiciones restringidas y las funciones de rendimiento se dieron a la máquina para obtener la salida deseada. Esto permite multifunciones y retroalimentación de los procesos de corte. Esta fue la era de la máquina CNC.
- Fase 3, desde el año 2000 hasta la fecha. La transformación de máquinas CNC recién controladas con controles adaptativos a controles inteligentes. En esta fase, los sensores se utilizan para recibir retroalimentación automática de las máquinas herramienta. Y el uso de algoritmos de aprendizaje automático permite optimizar las operaciones futuras. Esto conduce a una mayor productividad y toma automática de decisiones.

Uno de los componentes más importantes del IM los sensores permiten monitorizar el estado de los procesos de mecanizado. Los avances en tecnologías de sensores y sistemas de datos automatizados proporcionan nuevas oportunidades para la recopilación en tiempo real de mediciones valiosas, que se pueden convertir en información procesable para tomar decisiones inteligentes. El módulo de adquisición y gestión de datos está compuesto por el componente agregador de datos, un postprocesador de datos y un componente de búfer de datos. El componente de agregador de datos recopila datos sin procesar sincronizados por tiempo de sensores externos. Dado que los datos generados a partir de diferentes sensores pueden estar en diferentes formatos, es necesario transformarlos en un solo formato para poder procesarlos en información. Los agregadores de datos permiten esta interoperabilidad. Conexión vacía, es un ejemplo de agente de agregación de datos estándar de la industria que permite la agregación de datos. Procesador de datos procesa los datos recopilados en formatos de datos adecuados que pueden ser utilizados por algoritmos de aprendizaje automático para tomar decisiones más inteligentes. Mientras que, el búfer de datos permite el almacenamiento en búfer de datos para

que los datos no deseados se puedan borrar en este punto. El búfer de datos almacena solo datos relevantes que podrían ser utilizados por algoritmos de aprendizaje automático para generar inteligencia procesable. Los búfers de datos actúan entre los algoritmos de procesamiento de datos y aprendizaje automático y permiten un almacenamiento eficiente. El módulo de aprendizaje automático y descubrimiento de conocimientos de dividendo de datos utiliza los datos de supervisión procesados para construir un modelo de predicción de dividendos de datos para la máquina de destino. El modelo de predicción se utiliza junto con los datos de experiencias pasadas para monitorear y controlar la herramienta de mecanizado.

2.6 Ciberseguridad en la manufactura

Cyber Security probablemente uno de los componentes del hilo digital más importantes, se centra en mantener toda la información segura. En 2015 IBM preformó una encuesta centrada en la ciberseguridad, algunos hallazgos clave fueron que en 2014 se identificaron 81 millones de eventos de ciberseguridad. Alrededor del 18% de los incidentes de ciberseguridad fueron identificados en la industria manufacturera. Este es un número grande, pero en realidad está un poco abajo, 37% de los incidentes de ciberseguridad en 2014 fueron resultado de acceso no autorizado. ¿Quiénes intentan robar información? El 45% son forasteros, alrededor del 32% eran en realidad iniciados maliciosos.

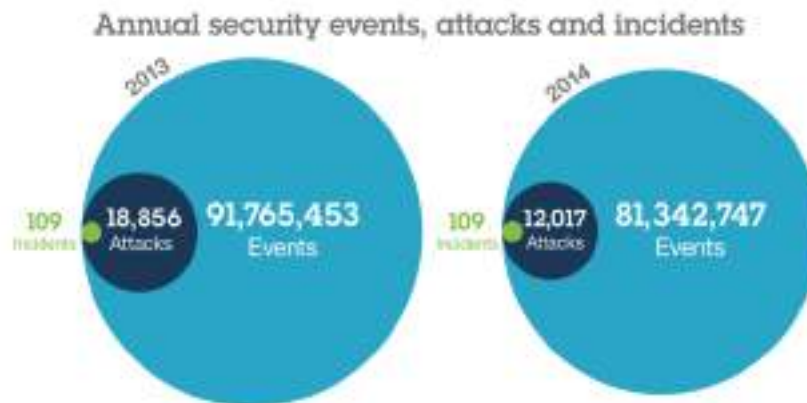


Figure 1. Security events appear in many guises and, in many cases, extremely high volume. IBM Managed Security Services' highly skilled intelligence and operations teams work to translate those ever-increasing event counts into actionable data and keep our clients from becoming overwhelmed.



Figure 2. While the finance industry retained its spot at the top of the list from 2013 to 2014, the information and communication category switched places with manufacturing. Meanwhile, the energy and utilities category narrowly edged out the health and social service category for fifth place. Of this group, only manufacturing experienced fewer incidents in 2014 than in the previous year.

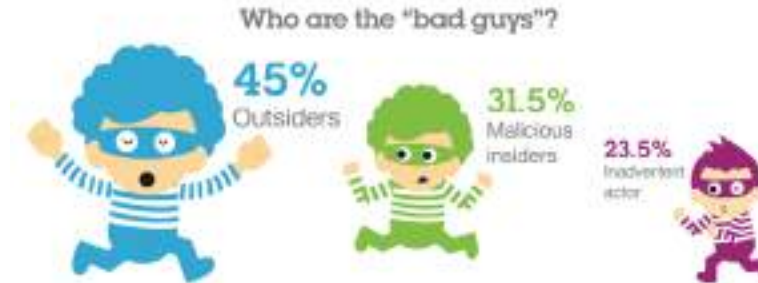


Figure 4. While outsiders were found to be responsible for 45 percent of the attacks recorded in 2014, 55 percent of attacks were carried out by those who had insider access to organizations' systems.

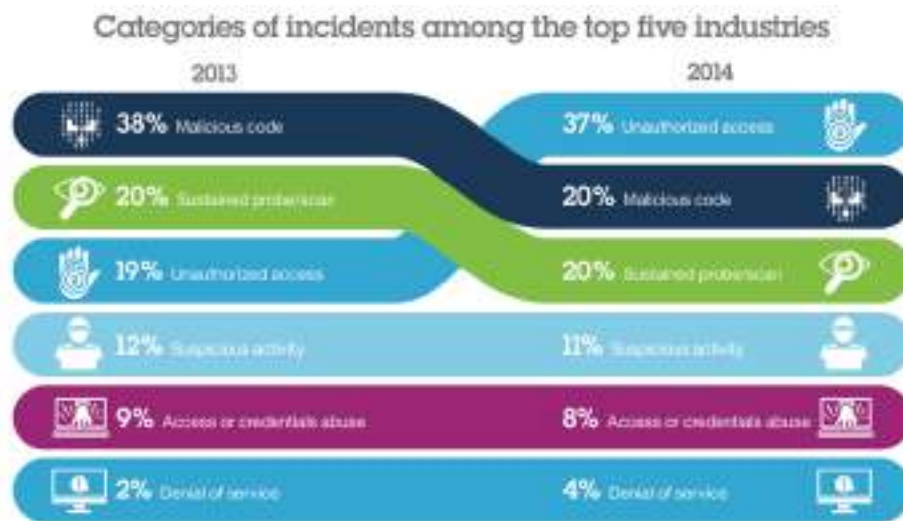


Figure 3. In 2014, unauthorized access topped the list of incident categories affecting the top five industries named in this report, replacing malicious code, which was the top category in 2013.

Contrariamente al pensamiento popular, el mayor número de ataques cibernéticos, se originaron, y tenían objetivos en los Estados Unidos. Existe una necesidad significativa de seguridad de la información a medida que se implementa en la empresa la fabricación avanzada. Esto tiene sentido intuitivo, ya que el dominio de la fabricación digital y el diseño está motivado por un hilo digital de datos e información de productos y procesos, lo que resulta en una propiedad intelectual valiosa. Un componente central del hilo digital, es la conexión de red entre funciones y niveles, con el fin de mejorar la eficiencia y la eficacia. Esto da como resultado una única fuente de verdad, para almacenar y acceder a la información del producto y del proceso, que puede ser muy atractiva para los hackers y falsificadores.



IBM 2015 Cyber Security Intelligence Index, Analysis of cyber attack and incident data from IBM's worldwide security services operations

**Where are these attacks coming from?
And where are they taking place?**



Figure 5. The largest number of attacks both originated (50 percent) and took place (59 percent) in the United States in 2014. Next in line were China, where 16 percent of all attacks originated, and Japan, which was the target of 24 percent of the year's attacks.

Algunos controles básicos de seguridad de la información pueden crear una fuerte defensa contra el acceso no autorizado a los datos digitales. Un ejemplo claro son las áreas bancarias y médicas, ambas tienen datos altamente sensibles que necesitan ser protegidos, y han dado como resultado enfoques rigurosos para la gestión del acceso. En otras palabras, controlar quién puede mirar qué información.

Existen ciertos conceptos claves que se deben asegurar:

-
- Autenticación segura, esto es determinar si aquel que desea acceder a información es quien dices ser.
 - Inventario de activos tecnológicos, esto es hacer un seguimiento de dónde se encuentra el equipo clave.
 - El cifrado de los dispositivos, en el caso de que un portátil o un disco duro sea robado físicamente, esto garantiza que los datos sigan protegidos.
 - Copias de seguridad adecuadas y recuperables. Aquí es donde protegemos contra desastres naturales o provocados por el hombre, que van desde la eliminación accidental de datos, hasta incendios y cortes de energía.
 - Prácticas básicas de seguridad en el manejo de correos electrónicos y actividad en Internet. Estas combaten los ataques de ingeniería social, donde los hackers pretenden aprovechar el instinto natural para ayudar. Estas soluciones tácticas están respaldadas por una estrategia de evaluación continua de riesgos, validación, mitigación, reporting y sistemas de monitoreo. Los beneficios de una estrategia de ciberseguridad son muchos. Algunos beneficios incluyen, la mayor confianza de las partes interesadas en el intercambio de información. Esto es muy crítico para adoptar el enfoque de manufactura digital.
 - Garantizar que la propiedad intelectual, o P.I., está protegida. IP podría ser dimensiones del producto, composiciones de materiales o datos de procesamiento.

Como beneficio secundario, una buena disciplina de ciberseguridad evita problemas relacionados con cambios de información no maliciosos e involuntarios. Estos cambios podrían estar en el control de documentos, especificaciones de diseño, programas, etc. Hay desafíos en la ciberseguridad, muchos de los cuales continuarán creciendo, independientemente de si se ha seleccionado o no un enfoque de fabricación digital y diseño. La ciberseguridad es una parte importante de la protección de su organización. Hay un número cada vez mayor, y una complejidad, de ataques de seguridad de la información. Los ataques de pesca submarina altamente dirigidos pueden enviar correos aparentemente inocentes, pero en realidad, altamente maliciosos a miembros del personal individual. A menudo, se requiere un esfuerzo interfuncional para desarrollar, implementar, mantener y mejorar continuamente un

sistema eficaz de seguridad de la información en toda la empresa y en toda la cadena de suministro.

Un cambio de cultura a menudo tiene que ocurrir dentro de una organización, donde la tecnología de la información se ve ahora como un facilitador básico de la innovación y digno de inversión.

2.7 MBSE: Model - Based Systems Engineering

En los últimos 20 años, los sistemas se han vuelto cada vez más complejos en términos de tamaño, capacidad de respuesta y número de interacciones necesarias para lograr sus objetivos. Las tecnologías en comunicación, interacción humana con la computadora y el poder computacional han avanzado, aumentando la eficiencia, pero también abren nuevas vulnerabilidades en sistemas complejos. Estos desafíos, así como las respuestas necesarias, aumentan el alcance y la complejidad de la información necesaria para desarrollar una solución. Como resultado, se han desarrollado modelos autorizados y compartidos, creando el paradigma de la ingeniería de sistemas basada en modelos.

Según INCOSE, ingeniería de sistemas basada en modelos, también conocida como MBSE, es la aplicación formalizada de modelado para apoyar requisitos del sistema, diseño, análisis, verificación y actividades de validación que comienzan en la fase de diseño conceptual y continuando a través de desarrollo y fases posteriores del ciclo de vida. La ingeniería de sistemas basada en modelos todavía se encuentra en un estado dinámico de desarrollo y es un tema vasto para abordar completamente. Como resultado, este curso ofrece una amplia perspectiva con conexiones a lo largo de el curso que te da la oportunidad de aprender más sobre un tema de interés. El documento INCOSE Systems Engineering Vision 2025 describe MBSE como, cita, todavía en una etapa temprana de madurez similar a los primeros días de CAD y CAE, comillas. Un componente clave de la ingeniería de sistemas basada en modelos es la definición basada en modelos, o MBD. La definición basada en modelos encarna el concepto de alejar de la documentación y los dibujos basados en papel a la representación digital, 3D CAD, datos de fabricación y modelos de rendimiento.

Los estándares , como ASME Y 14.41, ISO 16792 y MIL-STD-31000, pueden proporcionar orientación sobre cómo anotar dibujos. Pero existen múltiples perspectivas con respecto a lo que constituye un modelo. Una definición reciente que escuché distingue entre la

representación o los atributos que describen un objeto, y la presentación, la forma en que se comunican esos atributos. La misma representación podría presentarse como un dibujo 2D, una visualización 3D, como una nube de puntos de superficie, o como una caja negra funcional buscando entrada y proporcionando salida. Todo esto es una reminiscencia de los ciegos que describen una analogía de elefante. El elefante no cambia, sólo cada persona está interactuando con él de diferentes maneras. Bien formado, un modelo debe cambiar su presentación dependiendo de lo que se le pida. El Digital Manufacturing and Design Innovation Institute define una definición basada en modelos como una, cotización, completa 3D Digital Product Definition creada al principio del ciclo de vida del producto para ser utilizado en toda la empresa, reduciendo costes, mejorando el rendimiento del sistema, y lo que permite futuras actualizaciones de sistemas, entre comillas. Con esta definición, el paquete de datos técnicos o TDP, definido en MIL-STD-31000, es un subconjunto del paquete de definición de producto digital. Y para una descripción más detallada de una definición basada en modelos, lea la publicación del NIST que promueve la definición basada en modelos para establecer una definición completa del producto. Está disponible en la sección de recursos y proporciona una perspectiva útil sobre el estado de la definición basada en modelos. Dos aspectos importantes de los modelos de construcción son la verificación y validación. El Manual de Ingeniería de Sistemas INCOSE utiliza la siguiente definición informal. La verificación garantiza que ha construido correctamente el sistema. Validación asegura que ha construido el sistema correcto. En general, la ingeniería de sistemas utiliza las siguientes convenciones para la verificación y validación . La verificación es la determinación de que cada elemento del sistema cumple con los requisitos de una especificación documentada. Por otro lado, la validación es la determinación de que todo el sistema satisface las necesidades de las partes interesadas. La validación sólo se produce en el nivel superior de la jerarquía del sistema. Para una descripción más completa, el SeBok señala el libro de Wasson de 2006, System Analysis, Design y Development, específicamente, las páginas 691 a 709. Para una investigación completa de los conceptos de verificación y validación desde una perspectiva de ingeniería de sistemas. Por el contrario, los profesionales del dominio pueden usar definiciones de trabajo diferentes de verificación y validación. La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, ASME, ha establecido el comité ASME para Verificación y Validación en Mecánica Sólida Computacional. En la guía ASME para Verificación y Validación en Mecánica de Sólidos

Computacionales, se utilizan las siguientes definiciones. Verificación, verificación es el proceso de determinar que un modelo computacional representa con precisión el modelo matemático subyacente y su solución. Y la validación es el proceso de determinar el grado en que un modelo es una representación precisa del mundo real desde la perspectiva de los usos previstos del modelo. En otras palabras, la verificación es sobre matemáticas, y la validación es sobre física. Hay una brecha matizada entre cómo los ingenieros de sistemas miran la verificación y la validación , también conocida como V&V, frente a cómo otros ingenieros, especialmente aquellos que realizan análisis basados en dominios específicos, ven V&V. Lo que me destaca es que en ingeniería de sistemas, el alcance de verificación está en los elementos. Y el alcance de la validación está en el sistema. Mientras que la perspectiva ASME se centra en la precisión del modelo, la verificación , frente a la elección de la validación correcta del modelo. Como resultado, debe haber una comunicación explícita sobre el significado aplicable de verificación y validación al realizar MBSE. >> Así que un aspecto de la ingeniería de sistemas que no se entiende a menudo es destinado a ser una práctica concurrente. Y está destinado a ser una práctica concurrente a lo largo de todo. Hablé de la necesidad de que todos los especialistas se comprometan a mientras estudias el problema y desarrollas la solución. Eso es cierto, pero también está mirando simultáneamente los requisitos, mirando la solución lógica, lo que llamamos comportamiento. Mirando la solución física y mirando la verificación de calidad y validación . Y lo haces en capas del detalle. Así que en buena ingeniería de sistemas, no estás haciendo una búsqueda en profundidad, donde verificas al final. Estás haciendo una búsqueda lateral donde diseñas una respuesta de alto nivel. Y cuando descubres que esa arquitectura resolverá el problema, aunque a un nivel abstracto, entonces bajas al siguiente nivel de detalle y siguiente nivel de detalle y siguiente nivel de detalle. Y por lo que en realidad está haciendo V&V continuo a lo largo de todo. Estás pasando de un alto nivel de abstracción a un bajo nivel de detalle. Eso requiere habilidades ligeramente diferentes. Pero requiere más de una mentalidad para la transición a este intento concurrente que siempre estuvo allí en la ingeniería de sistemas en oposición a esta mentalidad cascada que desafortunadamente se incorporó en nuestras organizaciones.

Según DMDII, la ingeniería de sistemas basada en modelos es la aplicación formalizada de modelado para apoyar la evolución de los requisitos del sistema, diseño, análisis, verificación y actividades de validación comenzando en la fase de diseño conceptual y

continuando hasta el final del producto de la vida. MBSE contrasta con los sistemas tradicionales procesos de ingeniería, ya que el modelo es el artefacto principal del proceso. Ingeniería tradicional de sistemas enfocada en crear y administrar documentación sobre un sistema.

MBSE se centra en desarrollar, administrar y controlar un modelo del sistema. Los beneficios potenciales de MBSE incluyen mejorar la reutilización de los modelos del sistema y mejorar la comunicación del equipo de diseño, lo que da como resultado los siguientes resultados. Mejora de la calidad del producto. Reducción del tiempo y el costo de la prueba e integración del sistema. Una reducción general de tiempo, costo y riesgo asociados con el desarrollo de un sistema. En el corazón de MBSE se encuentra la práctica de desarrollar modelos para un sistema. El modelado tiene lugar en varios niveles. Desde una perspectiva amplia del sistema de sistemas a un modelo de comportamiento de componentes muy detallado. El modelo en ingeniería de sistemas, recuerde que toda la ingeniería está basada en modelos. El modelo actual como lo representamos de una manera más alta fidelidad, está representado digitalmente. Es más accesible para todos los demás en el programa, y haciéndolo más accesible, aumenta la alineación, aumenta la comprensión, y lo más importante, aumenta la comprensión compartida a medida que cambian los requisitos, a medida que cambian las necesidades, a medida que cambian las tecnologías.

Los modelos son apropiados durante todo el ciclo de vida del producto y es posible que sea necesario desarrollar varios modelos para representar diferentes perspectivas de análisis. MBSE no es estático, es un proceso de maduración constante, con nuevas capacidades emergentes de forma regular. Y a pesar de que las herramientas MBSE aún no admiten plenamente el intercambio de datos de modelo y , esa capacidad pronto será una realidad.

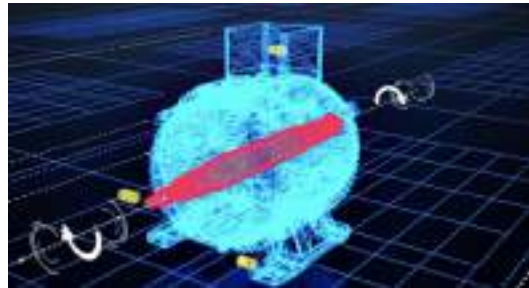
2.8 Gemelos Digitales

Gemelos digitales o digital twins, es un concepto que se interpreta como la columna vertebral de la innovación del futuro, que ofrece representaciones virtuales de productos, sistemas y ciudades del mundo real. Por ejemplo, el gemelo digital de un motor eléctrico no solo muestra la forma, sino que también analiza las funciones, desde la rotación del eje hasta la conductividad térmica, los datos de los sensores y más. Además, el gemelo digital evoluciona continuamente gracias al flujo de datos, la experiencia del usuario, los comentarios

y las nuevas entradas. Y tiene un gran impacto en el desarrollo, la producción y la operación en desarrollo. El comportamiento de un producto se puede simular y probar mucho antes de que se haya construido el prototipo físico.



Motor.



Gemelo digital

Siemens utiliza el gemelo digital para desarrollar un motor de avión eléctrico que establece un récord mundial y que solo pesa 50 kg. También es cinco veces más potente que los motores eléctricos comparables. La industria puede apreciar la granularidad con la que puede conectar datos sobre las partes específicas del motor eléctrico. Y puede que estén conectados a través de sensores y puede obtener información en tiempo real. Si el motor está siendo utilizado por el cliente, hay que preguntarse si uno puede obtener información en tiempo real sobre el rendimiento del motor y todas las demás dimensiones del motor. En términos de que se puede incluso predecir muchas cosas porque tienes una versión real del motor en la versión digital. Debido a que toda la información que tiene virtualmente puede monitorear qué, cómo usan los clientes, con qué frecuencia lo usan, entre otros. Tendría la comprensión de cómo funciona en ese motor eléctrico. El utilizar esta herramienta de la manufactura digital tiene enormes beneficios para el fabricante porque puede proporcionar valor y múltiples dimensiones:

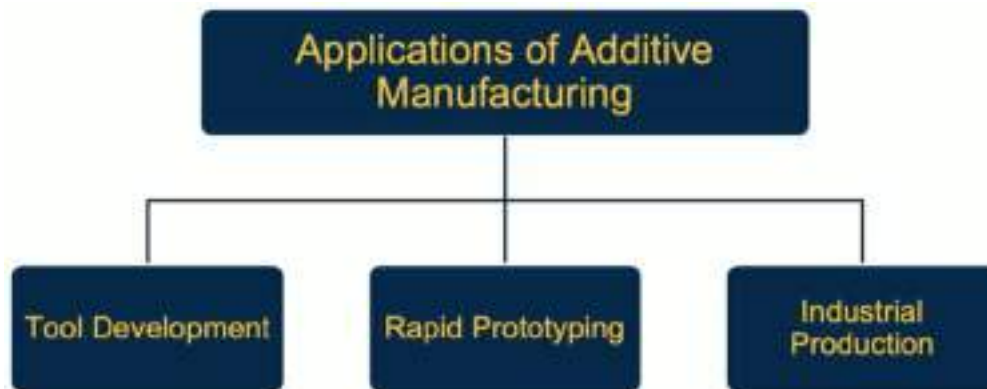
- puede mejorar la seguridad porque con el gemelo digital, puede simular primero incluso antes de colocar el producto físico.
- puede simular una gran cantidad de escenarios para asegurarse de que el producto realmente funcione como está diseñado. Y ese es el punto número uno, incluso después de que el

producto se esté utilizando, el producto físico se fabrique y se entregue a los clientes en uso, puede obtener información en tiempo real constantemente.

- muchas veces puede predecir el proceso en ciertos días, puede predecir cualquier desviación en el proceso y el rendimiento del producto. Entonces, puede tener una advertencia temprana de que, básicamente, ambos ayudan a manejar la incertidumbre. Lo es y también ayuda a mejorar la seguridad.

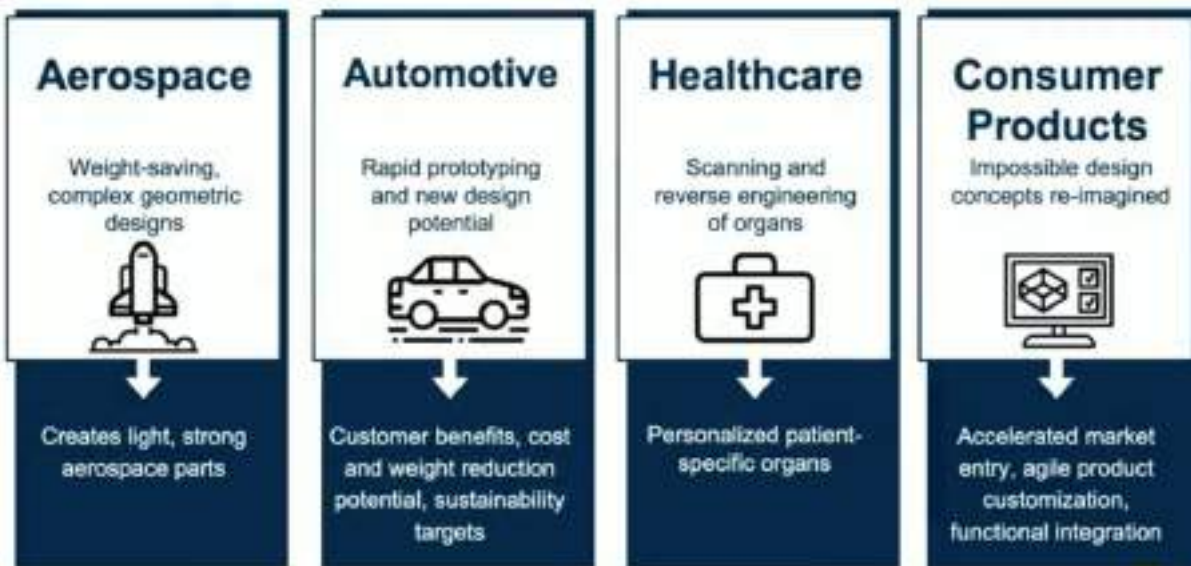
2.9 Manufactura aditiva

El proceso de fabricación tradicional, se llama fabricación sustraída porque se toma un pedazo de material y se sustraen partes del mismo para llegar a la pieza final. Si podemos construir esta caja capa por capa, por cada milímetro construyendo lentamente este material. Esto se llama fabricación aditiva, no se sustrae material, no se genera desperdicio de ningún material, se usa exactamente el material que se requiere y luego se agrega el material que se requiere para formar la forma.



Hoy en día cuatro industrias implementan la manufactura aditiva: aeroespacial, automotriz, atención médica y productos de consumo. Cada industria tiene sus propias limitaciones y requisitos. En el caso aeroespacial, sin duda van a ser de bajo volumen según sea necesario en la fabricación aditiva. De hecho, eso es lo que impulsa las aplicaciones en la industria aeroespacial y la atención se centra en la resistencia del material, el rendimiento del material y, luego, el peso del material. La industria automotriz también está adoptando la

fabricación aditiva con bastante rapidez en los últimos años. Pero ciertamente, en la industria automotriz, no está muy extendido, obviamente, porque la fabricación de automóviles, a diferencia de los aviones, no es de cientos o miles, sino de miles de millones, en términos de la cantidad de automóviles que se producen. La fabricación aditiva se aplica en aspectos concretos de áreas específicas de la automoción no muy extendida. Por ejemplo, se mencionó antes de la creación rápida de prototipos y también del desarrollo de nuevos productos. Desarrollo de nuevos productos cuando tienen que crear un prototipo y luego hay que probar. La introducción de la fabricación aditiva sin duda está ayudando a las empresas automotrices a reducir el tiempo total que les lleva producir una nueva pieza o también un nuevo producto. También hay varios beneficios para los consumidores en términos de costo y reducción de peso, tal como se especificó en la industria aeroespacial. Pero también vemos la capacidad de las industrias automotrices incluso para productos personalizados, que pueden provenir de la impresión 3D. Tanto en la industria aeroespacial como en la automotriz, por supuesto, esto está reduciendo una cantidad significativa de desechos; de hecho, ahorra más desechos en la industria automotriz debido al volumen de producción. Esas son algunas de las aplicaciones en la industria automotriz.



3. Lean Manufacturing

3.1 Operation management: tipos de sistemas de producción

La gestión de operaciones incluye el planeamiento, organización, control y gestión de sistemas o procesos orientados a crear bienes o servicios.

Tipos de sistemas de producción	
1. Proyecto	<p>Producto único, exclusivo y adaptado a las necesidades del cliente, pero flujo muy revuelto. Complejos y largo periodo de realización. Personal altamente cualificado y polivalente.</p> <p>Ejemplos: edificio, barco, campaña publicitaria</p>
2. Job Shops	<p>Produce productos customizados de gran variedad en pequeños lotes, cada uno de ellos tiene una secuencia diferente de operaciones. Los productos siguen diferentes rutas en forma simultánea, en un único sistema de producción. Ritmo de producción variable y fuerza de trabajo flexible basada en conocimientos y habilidades de los trabajadores. Escasa automatización debido al bajo grado de especialización de las actividades. Costos fijos bajos (maquinaria común) y costos variables unitarios muy elevados.</p> <p>Ejemplos: talleres reparación automóviles, producción bajo pedido, hospitales.</p>
3. Batch flow shops	<p>Productos estándar. Make to order o Make to stock. línea estable de productos & producciones periódicas. Tipo especial de taller con cierto grado de estandarización. Mayor grado de automatización y especialización. Mayor inversión inicial pero menor costo variable.</p> <p>Ejemplos: fabricación dispositivos electrónicos, maquinaria pesada</p>
4. Línea de ensamble (1913-Ford)	<p>Método de manufactura lineal en el cual un objeto en producción, pasa por diferentes estaciones de trabajo hasta que es completado. Fabricación productos estandarizados. Pasa de forma secuencial por las etapas de su proceso de fabricación, a un ritmo controlado y manteniendo inventario entre operaciones. Tareas repetitivas, fuerte automatización y baja calificación de la mano de obra. Proceso poco flexible, elevados costos fijos y variables.</p> <p>Ejemplos: PC, televisores, cocinas, aviones, Mc Donalds</p>
5. Flujo en línea.	<p>Secuencia lineal de operaciones: el producto pasa de una operación a la siguiente. Sólo sirve para productos estandarizados, y por tanto poco flexibles. Hay dos tipos: producción continua: sin transición entre operaciones. Paradas y puestas en funcionamiento muy costosas y producción en serie: con transición entre operaciones por cambio de máquina u operario. La homogeneidad del proceso y la repetitividad de las operaciones son altas.</p> <p>Ejemplos: industria servecera, refinería azúcar, petroquímicas</p>

Toma permanente de decisiones en cinco áreas, como mínimo:

1) Procesos: Determinación del proceso físico o instalación a utilizar, en la producción del bien o del servicio. Ej: equipo y tecnología, flujo de proceso y lay out de plantas y depósitos.

2) Capacidad: Volumen de producción de bienes y/o servicios posible que genera una unidad productiva, acorde con la infraestructura disponible. Largo plazo: Inversiones o Ventas de máquinas e instalaciones. Toma o despidos de personal. Corto Plazo: Subcontrataciones, turnos extra, eliminación de turnos, acortamiento de la jornada laboral.

3) Inventarios: Que, cuanto, cuando, donde comprar o fabricar. Administración del flujo de materiales: materias primas, material de empaque, subproductos, producto terminado, etc.

4) Mano de Obra: La más importante de las decisiones a tomar. Coordinación con RRHH. Ej: selección, contratación, despidos, etc.

5) Calidad: Responsable final de la calidad de bienes y servicios producidos. Es fundamental respaldo de la Organización en todos sus niveles. Ej: diseños, inspecciones, métodos o procedimientos, estándares, especificaciones.

3.2 Distribución en planta

Se refiere a la ubicación de las distintas máquinas, puestos de trabajo, áreas de servicio al cliente, almacenes, oficinas, zonas de descanso, pasillos, flujos de materiales y personas, etc. Dentro de los edificios de la empresa de forma que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones. Los estudios de Layout (facility layout) son necesarios cuando:

- Se construirá una nueva Planta.
- Existen cambios significativos de volumen por demanda/producción.
- Nuevo bien o servicio.
- Nuevo equipo, tecnología o proceso.

Entonces, los **objetivos** serán:

- Optimizar capacidad productiva.
- Reducir costos de movimiento de materiales.
- Proporcionar espacio suficiente para los distintos procesos.
- Optimizar aprovechamiento de mano de obra, maquinaria y espacio.
- Incrementar grado de flexibilidad.
- Mejorar el aspecto de las instalaciones de trabajo, de cara al público.
- Garantizar la salud y seguridad de los trabajadores.
- Facilitar la supervisión de las tareas y actividades de mantenimiento.

- Mejorar la satisfacción del personal.

La decisión de nivel estratégico, define el diseño de distribución en planta: capacidad de instalación y tipo de proceso de fabricación. Los síntomas para recurrir a redistribución de planta, son:

- Congestión y deficiente uso del espacio.
- Acumulación de materiales en proceso.
- Ociosidad en centros de trabajo.
- Nuevos lanzamientos de productos.
- Ansiedad y malestar de mano de obra.
- Accidentes laborales.

Factores influyentes en la selección		
1	Materiales	Tamaño, forma, volumen, peso, fisico-química
2	Maquinaria	Tipología, cantidad, utilización, espacio y forma, riesgos, necesidad servicios auxiliares.
3	Mano de obra	Condiciones de seguridad / ambientales, cualificación, flexibilidad, factores psicológicos-personales de acogida a la distribución.
4	Movimiento	Minimizar: no añade valor. Elegir modelo circulación óptimo según entradas y salidas material y movimientos de maquinas, materiales, personal.
5	Esperas	Minimizar flujo de circulación. Suele suponer costo a evitar, salvo justificación. Decidir: espacio requerido / métodos y equipos almacenamiento.
6	Servicios auxiliares	De personal, material y maquinaria.
7	Edificio	Forma planta / no pisos / puertas y ventanas instalaciones / escaleras y montacargas / resistencia y estructura. Optar por edificio especial acorde al esquema adoptado.
8	Cambios	Prever variaciones (de capacidad y estructurales) y buscar soluciones flexibles realistas (equipos supletorios, rutas de flujo alternativas).

3.3 Capacidad

La capacidad es la cantidad de producto que puede ser obtenido en un determinado período de tiempo. Se expresa por medio de relaciones $Tn/Vol/Numero$ de unidades (divido) alguna unidad de tiempo.

A) Proyectada o diseñada: tasa de producción ideal para la que se diseñó el sistema. Máxima producción teórica.

B) Efectiva: capacidad que espera alcanzar una empresa según sus actuales limitaciones operativas de personal y recursos.

La capacidad está determinada por la cantidad de tiempo que una máquina, está siendo usada manual y automáticamente durante el proceso y el tiempo, que requiere cambio del herramental.

Fases del proceso de planificación de la capacidad:

- Horizonte temporal: más de 1 año. / Objetivo: adecuar la capacidad existente para satisfacer la demanda, de la forma más eficiente y económica posible.

1. Cálculo de la capacidad disponible: Se establece la capacidad actual (capacidad diseñada, capacidad efectiva, utilización, eficiencia). Con la medida actual se deberá hacer una proyección de la capacidad hacia el futuro tomando en cuenta el envejecimiento de instalaciones y el efecto de aprendizaje.

2. Determinación de las necesidades de capacidad: depende de una buena previsión de la demanda. Hay distintos métodos de previsión: estudios de mercado, simulación, analogía de ciclos de vida, etc. En base a esto se se determinan las necesidades de capacidad La empresa puede renunciar a parte de la demanda entonces quedará: $demanda > capacidad$.

3. Desarrollar alternativas:

Expansión	Contracción
Construir, adquirir nuevas instalaciones o reabrir instalaciones que estén inactivas.	Dar otro uso a algunas instalaciones o mantenerlas en reserva.
Expandir, modificar o actualizar las instalaciones existentes y/o su forma de uso.	Vender instalaciones o inventarios y despedir o transferir mano de obra.
Subcontratación.	Desarrollar nuevos productos que sustituyan a aquellos cuya demanda está en declive.

4. Evaluación de alternativas:

- a) Método económico – financiero: Costo total, análisis del punto de equilibrio, valor actual neto, tasa de rendimiento interno.
- b) Árboles de decisión: medio gráfico que utiliza elementos probabilísticos y calcula el valor monetario esperado de las distintas alternativas. Las alternativas se presentan por medio de ramificaciones.

3.4 Fabrica visual y 5's

La historia del éxito de la industria de manufactura japonesa no es sobre bajos costos de labor, población, equipo, etc. Es sobre administrar y desarrollar grupos de personas, usando métodos de manufactura enfocados a la eliminación de desperdicio y satisfacción del cliente. Por esto se los considera basados en la gente con ideas de mejora continua y no en la tecnología.

La producción en masa tiene grandes pérdidas, sobreproducción, altos niveles de inventario, se produce teniendo en cuenta eficiencia de equipos y personas, gentes desmotivada y se miden indicadores en “hs/un.”

La manufactura lean reduce pérdidas e incrementa valor agregado, se resuelven rápidamente los problemas de calidad, se produce acorde a la necesidad del cliente, reduce el inventario y el indicador es el costo total. Su objetivo es la eliminación de desperdicios, buscando un flujo continuo de producción minimizando tiempos y costo y con la máxima calidad.

La muda es todo aquello que no agrega valor al producto terminado y que por lo tanto interrumpe el flujo de proceso de producción. Los que sí agregan valor son: procesos, operaciones o actividades que cambian la forma, ajuste o función del producto para cumplir con las especificaciones o expectativas del cliente.

- Sus atributos claves son: estabilidad operativa, estandarización, justo a tiempo, Jidoka y Kaizen.

- La filosofía original de Ford: Eliminar desperdicios, flujo continuo, calidad desde el origen y estandarización y mejora continua.



Es el uso de controles que permiten a una persona reconocer a simple vista, el estándar del sector y cualquier desviación del mismo. Es beneficioso ya que todos pueden entender a simple vista el estándar del sector y si las cosas están bien o fuera de lo normal.

Proporciona las bases para estandarizar, mejora la comunicación, apoya la autonomía del equipo de trabajo y promueve cero defectos. Ataca una de las pérdidas tal vez muchas veces invisibles que son los tiempos invertidos en “buscar herramental u otros objetos”.



5's es una herramienta que comprende una serie de actividades para eliminar desperdicios, los cuales generan errores, defectos y accidentes en el lugar de trabajo. Es el punto de partida para la Mejora Continua. Y es más que "sólo limpieza", ya que facilita el flujo de proceso a través de las aplicaciones estándares.



1. Selección: Organizar el lugar de trabajo, identificando los elementos innecesarios, y retirándolos del lugar. Dejando sólo lo que se precisa. Se puede usar el proceso de tarjeta roja (marca lo que no se usa en el área) para todos los procesos. Es beneficiosa ya que libera espacio útil y reduce tiempos para acceder al material. También mejora el control visual y elimina pérdidas de productos expuestos en lugares no adecuados.

2. Orden: Ubicar los objetos y etiquetarlos, de manera que cualquiera lo ubique rápidamente, eliminando tiempo de espera y movimientos innecesarios. Los operadores se adhieren y mantienen continuamente las técnicas de orden establecidas. Técnicas de orden implementadas, ejemplos: lay-out de c/área, estaciones de trabajo señalizadas, equipos y máquinas señalizados, etc. Elimina pérdidas, aumenta los órdenes de trabajo que se cumplen, mejora el estado de los equipos, se conserva y usa el conocimiento de la empresa y mejora productividad.

3. Limpiar: actúa como inspección, expone condiciones anormales o de pre-falla, que genera defectos de calidad o falla de equipos. Es parte de la rutina del operador, se adopta la limpieza como inspección y es un proceso para eliminar fuentes de contaminación. Reduce riesgos de accidentes, incrementa la vida útil del equipo, la calidad mejora, entre otros beneficios.

4. Estandarizar: Desarrollar sistemas y procesos para mantener y monitorear las 3 primeras “S”. Recordar que los mejores estándares son *simples, claros y visuales*. Es una forma de guardar el conocimiento, mejora el bienestar del personal, se evitan errores y aumenta la productividad.

5. Disciplina: Significa seguir los estándares y educar a las personas, para convertir las 5 s en hábito. Se logra crear una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado por los recursos de la empresa. La disciplina es una forma de cambiar hábitos, la moral del trabajo incrementa, se logra mayor satisfacción del cliente.

3.5 Trabajo estandarizado

Es una importante herramienta para la fabricación de productos de alta calidad, con un mínimo de procesos de trabajo. Se concentra en los movimientos, estableciendo la mejor secuencia para cada proceso de producción. Constituye la base del mejoramiento de las operaciones. Si los movimientos son ligeramente distintos cada vez que se realiza una operación, entonces no se puede definir con claridad, los problemas o ineficiencias.

“No hay mejoramiento sin estándares. El inicio de toda mejora es saber exactamente donde está usted. Primero se deben establecer los estándares, luego se mejora.”

3.6 Jidoka

Para lograr este punto, se busca que el Operador realice su operación, considerando que el proceso que le sigue al suyo es su propio “cliente”. Si entendemos que el próximo proceso es nuestro propio “Cliente”, entonces consideramos nuestro trabajo como si nuestro proceso fuera el último. Todo lo que hacemos se convierte en “producto terminado” y no podemos entregar algo con defecto a un cliente nuestro. Se busca desarrollar e implementar tecnología en procesos automatizados, de forma que el equipo detecte las anomalías a medida que ocurran y paren la operación automáticamente. Así ningún defecto se cuele y no hay posibilidades de transferir problemas de calidad. Se diferencia de tipos normales de automatización en que, estos últimos, no abarcan control de calidad como tal, y ciertamente no incluye la idea de que una máquina se apaga por sí misma cuando detecta un defecto.

La localización de cualquier problema o defecto es revelado automáticamente y es posible tomar medidas rápidas para corregir lo que está malo e impedir que siga ocurriendo.

Cuando se diseñan equipos bajo el concepto de Jidoka, estos incorporan “A prueba y error” (pokayoke). Este es un metodo para incluir calidad en el proceso mediante:

- La eliminación de defectos antes de que éstos ocurran (si es posible)
- La detección de errores en el momento en que ocurran en producción, para prevenir que las partes defectuosas sigan en el flujo productiv

Las clases de fallas son las siguientes:

1- Olvidos

2- Fallas debidas a desconocimientos

3- Fallas de identificación: Algunas veces juzgamos mal una situación, porque la revisamos demasiado rápidamente o está demasiado alejada para verla bien. Por ejemplo, confundir el valor de los billetes.

4- Fallas por inexperiencia

5- Fallas voluntarios: A veces ocurren errores debido a que decidimos ignorar las reglas bajo ciertas circunstancias. Por ejemplo, cruzar una calle con el semáforo en rojo porque no hay coches a la vista en ese momento.

6- Fallas por inadvertencia: A veces estamos distraídos y cometemos equivocaciones sin darnos cuenta.

3.7 Justo a tiempo

Se basa en: “Produzca el producto correcto, en el tiempo correcto, en la cantidad correcta.” Taiichi Ohno entendía que la creación de flujo, forzaba la corrección de problemas, resultando en una reducción de desperdicios. Se basa en crear un flujo continuo es el corazón de Manufactura Lean. El flujo fuerza al uso de otras herramientas y conceptos de Manufactura Lean. Reducir los inventarios expone problemas (desperdicios) y fuerza a una solución inmediata para reducirlos o eliminarlos. El flujo continuo:

- Mejora la calidad. En la producción en masa, los defectos no salen a la vista inmediatamente y cuando son detectados, ya se tiene una gran cantidad de productos defectuosos.

- Crear verdadera flexibilidad y genera más productividad reduciendo el Costo Total.

- Libera espacio en la Planta
- Mejora la seguridad y moral

- **Flujo de información:** Toda la información del Programa de Producción, transmitida en tiempo real, sin estancamiento (Proceso Batch).

- **Flujo de unidades (producto):** No hay estancamiento de unidades, sin línea externa de reproceso, sin buffer y las unidades fluyen a velocidad constante (Takt Time o Rate Demanda Cliente).

- **Flujo de partes (materiales):** Sincronizado de partes acorde a los tiempos de Línea.

- **Flujo del operador (movimientos):** Reducir pérdidas en la línea por nivelado a Takt Time.

- **Flujo de dinero:** Producir unidades más rápido que las ventas hace que tengas alto stock y el Lead Time es grande, mientras que producir más unidades a la velocidad de ventas apunta al cero stock y el Lead Time es corto.

4. Robótica industrial moderna

4.1. Robótica industrial

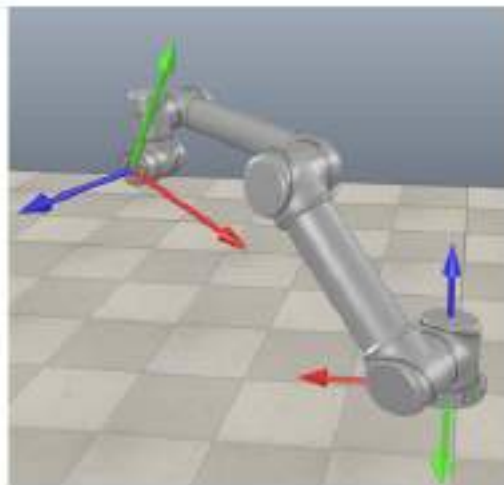
Como disciplina académica, la robótica es un campo relativamente joven con metas muy ambiciosas, siendo la creación de máquinas que puedan comportarse y pensar como humanos. Este intento de crear máquinas inteligentes naturalmente lleva primero a examinar la situación actual, a preguntarnos, por ejemplo, por qué nuestros cuerpos están diseñados de la manera que están, cómo se coordinan nuestras extremidades y cómo aprendemos y realizamos las múltiples tareas complejas que el cerebro humano realiza día a día. La sensación de que las preguntas fundamentales en robótica son, en última instancia, preguntas sobre nosotros mismos es parte de lo que hace que la robótica sea un esfuerzo tan fascinante y atractivo. En este trabajo en particular toma definitivamente un rol central, es una de las herramientas centrales que permitirán (siendo correctamente utilizadas) migrar a la Industria 4.0. Es de vital importancia entender la mecánica, la planificación y el control de los mecanismos de los robots, los brazos robóticos son un ejemplo familiar y comunmente utilizado en la industria.



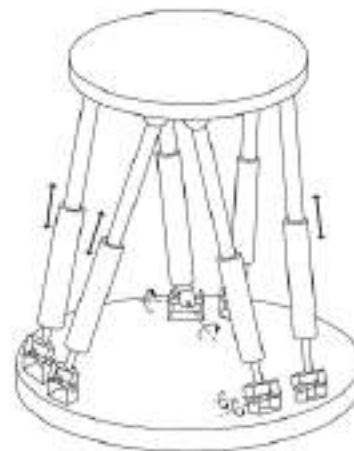
También lo son los vehículos con ruedas, al igual que los brazos robóticos montados en vehículos con ruedas. Básicamente, un mecanismo se construye conectando cuerpos rígidos, llamados eslabones, entre sí por medio de juntas, de modo que sea posible el

movimiento relativo entre eslabones adyacentes. La actuación de las articulaciones, típicamente por motores eléctricos, hace que el robot se mueva y ejerza fuerzas en las formas deseadas.

Los eslabones de un mecanismo robótico se pueden organizar en serie, como el familiar brazo de cadena abierta que se muestra en la figura 1.1(a). Los mecanismos de los robots también pueden tener enlaces que forman bucles cerrados, como la plataforma de Stewart-Gough que se muestra en la figura 1.1(b). En el caso de una cadena abierta, se accionan todas las articulaciones, mientras que en el caso de mecanismos con bucles cerrados, solo se puede accionar un subconjunto de las articulaciones.



(a) An open-chain industrial manipulator, visualized in V-REP [154].



(b) Stewart-Gough platform. Closed loops are formed from the base platform, through the legs, through the top platform, and through the legs back to the base platform.

Figure 1.1: Open-chain and closed-chain robot mechanisms.

Los eslabones se mueven mediante actuadores, que normalmente se accionan eléctricamente (por ejemplo, mediante motores de CC o CA, motores paso a paso o aleaciones con memoria de forma), pero también se pueden accionar mediante cilindros neumáticos o hidráulicos. En el caso de girar los motores eléctricos serían idealmente livianos, operarían a velocidades de rotación relativamente bajas (por ejemplo, en el rango de cientos de RPM) y serían capaces de generar grandes fuerzas y torques. Dado que la mayoría de los motores disponibles en la actualidad funcionan con torques bajos y hasta miles de RPM, se requiere una

reducción de la velocidad y una amplificación del par. Los ejemplos de tales transmisiones o transformadores incluyen engranajes, transmisiones por cable, correas y poleas, y cadenas y ruedas dentadas. Estos dispositivos de reducción de velocidad deben tener un deslizamiento y una holgura nulos o bajos (definidos como la cantidad de rotación disponible en la salida del dispositivo de reducción de velocidad sin movimiento en la entrada). También se pueden acoplar frenos para detener el robot rápidamente o para mantener una postura estacionaria.

Los robots también están equipados con sensores para medir el movimiento en las articulaciones. Tanto para las articulaciones giratorias como para las prismáticas, los codificadores, potenciómetros o resolutores miden el desplazamiento y, en ocasiones, se utilizan tacómetros para medir la velocidad. Las fuerzas y los pares en las articulaciones o en el efector final del robot se pueden medir utilizando varios tipos de sensores de fuerza-par. Se pueden usar sensores adicionales para ayudar a localizar objetos o al propio robot, como cámaras solo de visión, cámaras RGB-D que miden el color (RGB) y la profundidad (D) de cada píxel, telémetros láser y varios tipos de sensores acústicos. sensor.

El estudio de la robótica a menudo incluye la inteligencia artificial y la percepción de la computadora, pero una característica esencial de cualquier robot es que se mueve en el espacio físico.



4.2. Descripciones espaciales y transformaciones

Por definición, la manipulación robótica implica que se desplazarán piezas y herramientas en el espacio mediante algún tipo de mecanismo. Esto naturalmente conduce a una necesidad de representar posiciones y orientaciones de piezas, herramientas y del mecanismo en sí. Para manipular cantidades mecánicas que representen posición y orientación, debemos definir sistemas de coordenadas y desarrollar convenciones para la representación.

Se adaptará la filosofía de que en alguna parte existe un sistema de coordenadas universal, y que todo puede hacer referencia a este sistema.

La figura siguiente representa el dibujo de un sistema de coordenadas llamado $\{A\}$, con tres vectores unitarios mutuamente ortogonales con puntas sólidas. Un punto AP se representa como un vector y puede definirse de manera equivalente como una posición en el espacio, o simplemente como un conjunto ordenado de tres números. Dados los subíndices x, y y z, los elementos individuales de un vector son:

$${}^A P = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix}$$

A menudo necesitamos representar no solamente un punto en el espacio, sino también describir la orientación de un cuerpo en el espacio. Por ejemplo, si el vector AP de la figura siguiente ubica el punto directamente entre las puntas de los dedos de la mano de un manipulador, la ubicación completa de la mano no se especifica sino hasta que se proporciona también su orientación. Suponiendo que el manipulador tiene un número suficiente de articulaciones, la mano podría orientarse arbitrariamente y al mismo tiempo podría mantenerse el punto entre las puntas de los dedos en la misma posición en el espacio. Para describir la orientación de un cuerpo, adjuntaremos un sistema de coordenadas al cuerpo y luego daremos una descripción de este sistema de coordenadas relativo al sistema de referencia. En la figura se ha adjuntado el sistema de coordenadas $\{B\}$ al cuerpo de una manera conocida. Ahora basta con una descripción de $\{B\}$ relativo a $\{A\}$ para dar la orientación del cuerpo.

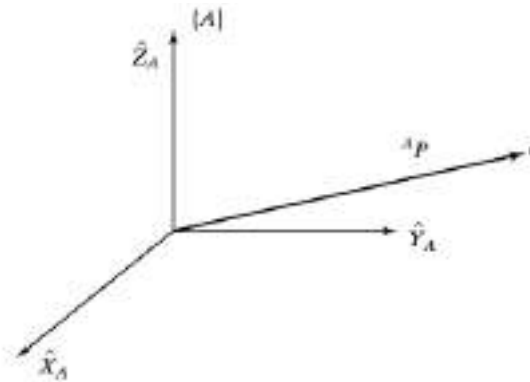


FIGURA 2.1: Vector relativo a la trama (ejemplo).

La información necesaria para especificar completamente en dónde se encuentra la mano del manipulador en la figura es una posición y una orientación. El punto en el cuerpo cuya posición describimos podría elegirse arbitrariamente. Por conveniencia, el punto cuya posición describiremos se elige como el origen de la trama adjunta al cuerpo. La situación de un par posición y orientación surge tan a menudo en robótica que definimos una entidad llamada trama, la cual es un conjunto de cuatro vectores que proporcionan información sobre la posición y la orientación. Por ejemplo, en la figura anterior un vector ubica la posición de la punta de los dedos y tres más describen su orientación. De manera equivalente, la descripción de una trama puede definirse como un vector de posición y una matriz de rotación.

$$\{B\} = \{ {}^A R, {}^A P_{BORG} \}.$$

5. CAD (Computer-Aided Design) & Manufactura digital

5.1. Digital manufacturing con Autodesk Fusion 360

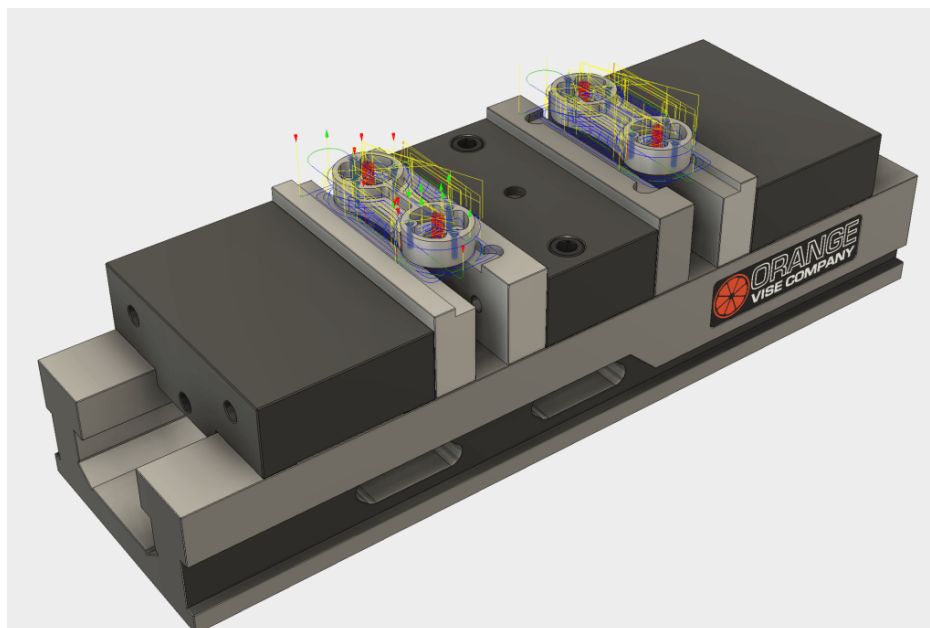
Las primeras herramientas de diseño asistidas por computadora eran poco más que replicas del tablero de dibujo en una pantalla de computadora. Poco después de su introducción, la gente se dio cuenta de que mientras que la creación de sus dibujos en la computadora no era necesariamente más rápido que hacerlo a mano, editarlos sin duda lo era. La mejora de la capacidad de edición permitió realizar modificaciones más significativas en el diseño con mayor frecuencia debido a la reducción del tiempo en el proceso de cambio. Las prácticas que se crearon para el tablero de dibujo se desarrollaron porque era imposible comunicar datos tridimensionales a las personas a lo largo del proceso de desarrollo. Luego, la gente empezó a preguntarse por qué la computadora no podía desarrollar las vistas bidimensionales requeridas por fabricar a partir de un modelo tridimensional, y algunos incluso cuestionaron si los dibujos bidimensionales iban a seguir siendo valiosos en el futuro. Se hicieron muchas predicciones y en la mayoría de los mercados siguen sin darse cuenta de un entorno de diseño sin papel. Estas tecnologías cambiaron el panorama del departamento de ingeniería donde había tres niveles: redactores, diseñadores e ingenieros, ahora existen nuevas opciones. Algunas empresas fusionaron los roles de redactor y diseñador, mientras que otras ponen más detalles del proceso de diseño en manos de los ingenieros. Una vez que el desarrollo del sistema de diseño 3D comienza en serio, la limitación se hizo menos acerca de la visión de las personas que crean las aplicaciones de software, y más sobre las limitaciones de la potencia informática disponible en ese momento. A mediados de la década de 1980, cuando CAD comenzó a expandir las noticias, el sistema básico que ejecutará AutoCAD era aproximadamente el costo de un coche nuevo. CAD, o diseño y dibujo asistidos por computadora (CADD), es una tecnología para el diseño y la documentación técnica, que reemplaza el dibujo manual con un proceso automatizado. Por supuesto los programas más conocidos, son CAD 2D o 3D como AutoCAD o AutoCAD LT. Estos programas de software ampliamente utilizados para formalizar documentación de construcción, explorar ideas de diseño, visualizar conceptos a través de representaciones fotorrealistas y simular cómo funciona un diseño en el mundo real. Un disco duro de 40 megabytes era demasiado grande para que el sistema operativo lo usara en una partición y 1 megabyte de RAM era excepcional. Las personas en la fabricación fueron algunas de las primeras en adoptar el modelado 3D, desarrollar modelos

3D a partir de los dibujos 2D dados a ellos por ingeniería para ayudar en la programación de las máquinas de control numérico computarizado que ha existido durante años pero que eran difíciles de programar. Con herramientas adicionales que son capaces de programar su comportamiento y el mayor poder de las máquinas CNC hizo posible añadir más ejes, se logran cortar formas cada vez más complejas. La precisión y la velocidad mejoradas de los actuadores, así como los avances en el material de corte, hacen que la precisión sea a su vez menos costosa.

En algunas industrias, la eficiencia del mecanizado de alta velocidad comenzó a hacer que el uso de piezas fundidas fuera menos atractivo. CAM (Computer-Aided Manufacturing) es el uso de software y maquinaria controlada por computadora para automatizar un proceso de fabricación. Según esa definición, necesita tres componentes para que funcione un sistema CAM:

- Software que le dice a una máquina cómo fabricar un producto generando trayectorias.
- Maquinaria que puede convertir la materia prima en un producto terminado.
- El procesamiento posterior convierte las trayectorias de herramientas en un lenguaje que las máquinas pueden entender.

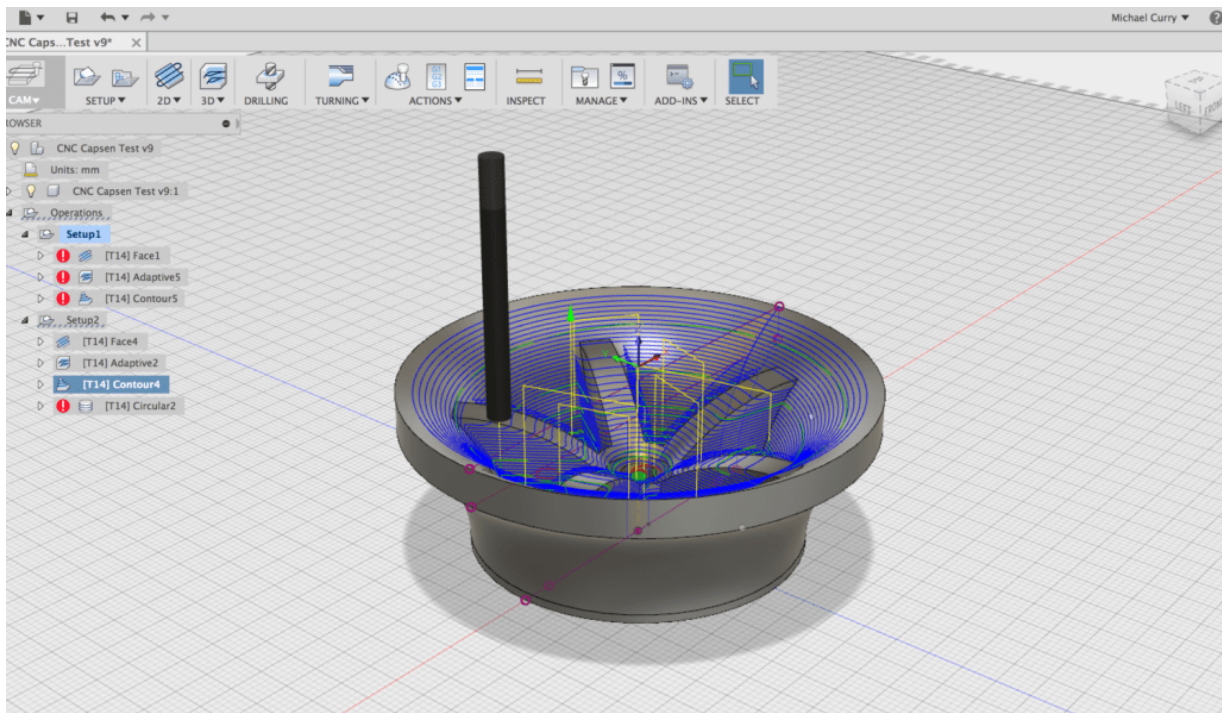
Estos tres componentes se unen con toneladas de trabajo y habilidad humana. En la industria, se han pasado años construyendo y refinando la mejor maquinaria de fabricación que existe.



Hoy en día, no hay diseño demasiado difícil de manejar para cualquier taller de maquinistas capacitado. Sin CAM, no hay CAD, CAD se centra en el diseño de un producto o pieza. Cómo se ve, cómo funciona, y por otro lado CAM se enfoca en cómo hacerlo. Puede diseñarse la parte más elegante en CAD, pero si no puede fabricarse de manera eficiente con un sistema CAM, entonces no sirve de absolutamente nada.

El inicio de todo proceso de ingeniería comienza en el mundo del CAD. Los ingenieros hacen un dibujo en 2D o 3D, ya sea un cigüeñal para un automóvil, el esqueleto interno de un grifo de cocina o la electrónica oculta en una placa de circuito. En CAD, cualquier diseño se denomina modelo y contiene un conjunto de propiedades físicas que utilizará un sistema CAM. Cuando un diseño está completo en CAD, se puede cargar en CAM. Esto se hace tradicionalmente exportando un archivo CAD y luego importándolo al software CAM. Si se está utilizando una herramienta como Fusion 360, tanto CAD como CAM existen en el mismo mundo, por lo que no es necesario importar/exportar (el caso de este proyecto).

Una vez que el modelo CAD se importa a CAM, el software comienza a preparar el modelo para el mecanizado. El mecanizado es el proceso controlado de transformar la materia prima en una forma definida a través de acciones como cortar, taladrar o taladrar.



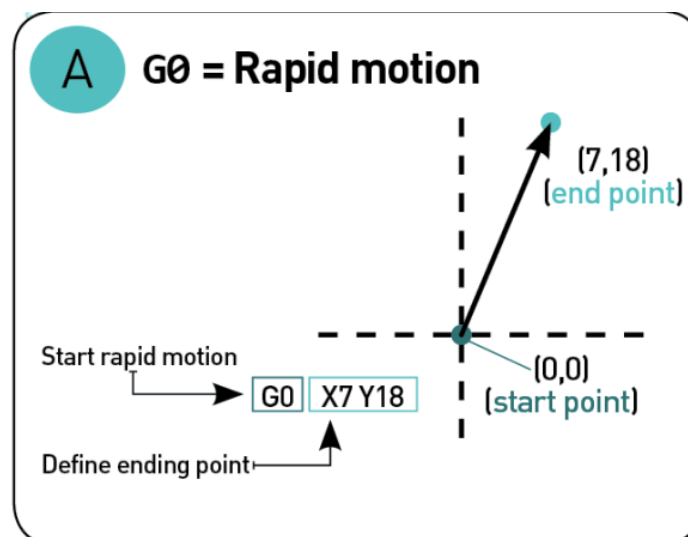
Fusion 360 Design

El software de fabricación asistida por computadora prepara un modelo para el mecanizado trabajando a través de varias acciones, que incluyen:

- Verificar si el modelo tiene algún error de geometría que afectará el proceso de fabricación.
- Crear una trayectoria para el modelo, un conjunto de coordenadas que la máquina seguirá durante el proceso de mecanizado.
- Configuración de cualquier parámetro requerido de la máquina, incluida la velocidad de corte, el voltaje, la altura de corte/perforación, etc.
- Configuración de anidamiento donde el sistema CAM decidirá la mejor orientación para una pieza para maximizar la eficiencia del mecanizado.

Una vez que el modelo está preparado para el mecanizado, toda la información se envía a una máquina para producir la pieza físicamente. Para esto se convierte toda la información de mecanizado a un lenguaje llamado G-code, este es el conjunto de instrucciones que controla las acciones de una máquina, incluida la velocidad, la velocidad de avance, los refrigerantes, etc. El código G es fácil de leer una vez que comprende el formato. Un ejemplo se ve así: G01 X1 Y1 F20 T01 S500. Esto se desglosa de izquierda a derecha como:

- G01 indica un movimiento lineal basado en las coordenadas X1 e Y1.
- F20 establece una velocidad de avance, que es la distancia que recorre la máquina en una revolución del eje.
- T01 le dice a la máquina que use la herramienta 1 y S500 establece la velocidad del eje.



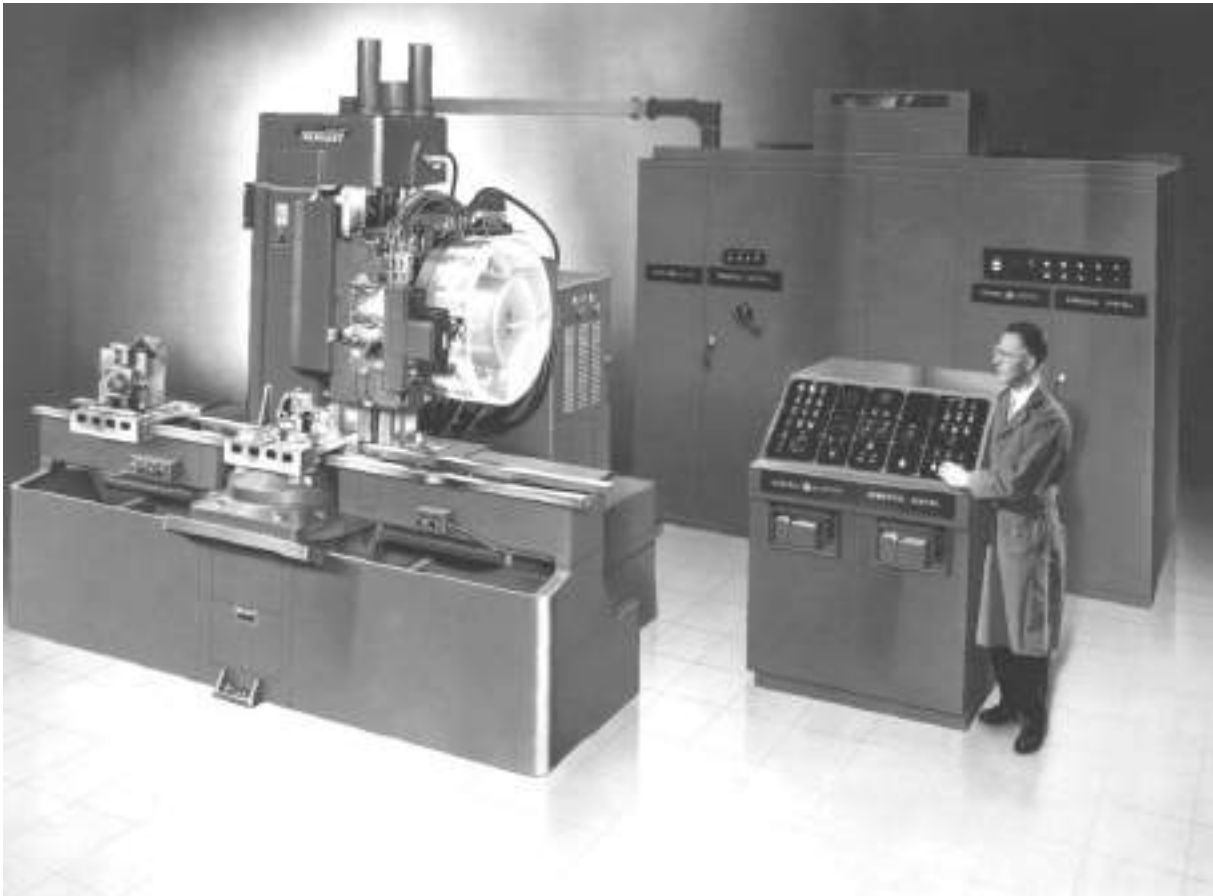
Una vez que el código G se carga a la máquina y un operador presiona el botón de inicio, es el momento de dejar que la máquina haga el trabajo de ejecutar el código G para transformar un bloque de materia prima en un producto terminado.

Todos los centros de fabricación modernos utilizarán varias máquinas de control numérico por computadora (CNC) para producir piezas de ingeniería. El proceso de programación de una máquina CNC para realizar acciones específicas se denomina mecanizado CNC.

En un flujo de trabajo típico, el programador entregará su programa al operador de configuración, quien luego cargará el código G en la máquina. Una vez que la máquina esté lista para rodar, el operador fabricará la pieza. En algunas fábricas, estos roles pueden combinarse y superponerse en las responsabilidades de una o dos personas.

Fuera de las operaciones diarias de la máquina, también está el ingeniero de fabricación en el personal. En una configuración de taller nueva, esta persona normalmente establece sistemas y determina un proceso de fabricación ideal. Para las configuraciones existentes, un ingeniero de fabricación controlará la calidad del equipo y del producto mientras se encarga de otras tareas administrativas.

John T. Parsons introdujo un método de tarjeta perforada para programar y automatizar maquinaria. En 1949, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos financió a Parsons para construir una máquina automatizada que pudiera superar a las máquinas NC (Numerical Control) manuales. Con algo de ayuda del MIT, Parsons pudo desarrollar el primer prototipo de NC (Numerical Control).



John Parsons con una máquina NC experimental, imagen de Industrias Cms.

A partir de ahí, el mundo del mecanizado CNC empezó a despegar. En la década de 1950, el ejército de los Estados Unidos compró máquinas NC (Numerical Control) y las prestó a los fabricantes. La idea era incentivar a las empresas a adoptar la nueva tecnología en su proceso de fabricación. Durante este tiempo, también el MIT desarrolló el primer lenguaje de programación universal para máquinas CNC: código G. La década de 1990 trajo la introducción de CAD y CAM a la PC y ha revolucionado por completo la forma en que se fabrica en la actualidad. Los primeros trabajos de CAD y CAM estaban reservados para aplicaciones automotrices y aeroespaciales costosas, pero hoy en día, el software como Fusion 360 está disponible para talleres de fabricación de cualquier forma y tamaño.

Code	Group	Description	Modal	Page
G00	1	Rapid Move	Y	10
G01	1	Linear Feed Move	Y	10
G02	1	Clockwise Arc Feed Move	Y	11
G03	1	Counter Clockwise Arc Feed Move	Y	11
G04	0	Dwell	N	14
G09	0	Exact stop	N	14
G10	0	Fixture and Tool Offset Setting	N	15
G12	1	Clockwise Circle	Y	18
G13	1	Counter Clockwise Circle	Y	18
G15	11	Polar Coordinate Cancel	Y	18
G16	11	Polar Coordinate	Y	18
G17	2	XY Plane Select	Y	20
G18	2	ZX Plane Select	Y	20
G19	2	YZ Plane Select	Y	20
G20	6	Inch	Y	20
G21	6	Millimeter	Y	20
G28	0	Zero Return	N	21
G30	0	2 nd , 3 rd , 4 th Zero Return	N	22
G31	1	Probe function	N	22
G32	1	Threading*	N	23
G40	7	Cutter Compensation Cancel	Y	23
G41	7	Cutter Compensation Left	Y	25
G42	7	Cutter Compensation Right	Y	25
G43	8	Tool Length Offset + Enable	Y	25
G44	8	Tool Length Offset - Enable	Y	25
G49	8	Tool Length Offset Cancel	Y	25
G50	9	Cancel Scaling	Y	25
G51	9	Scale Axes	Y	25
G52	0	Local Coordinate System Shift	Y	26

El sistema universal de código G (MachMotion)

Desde sus inicios, CAM ha aportado un montón de mejoras al proceso de fabricación, entre las que se incluyen:

- Capacidades mejoradas de la máquina. Los sistemas CAM pueden aprovechar la maquinaria avanzada de 5 ejes para producir piezas más sofisticadas y de mayor calidad.
- Mejora de la eficiencia de la máquina. El software CAM actual proporciona trayectorias de máquina-herramienta de alta velocidad que nos ayudan a fabricar piezas más rápido que nunca.
- Mejora del uso de materiales. Con maquinaria aditiva y sistemas CAM, podemos producir geometrías complejas con un desperdicio mínimo, lo que significa costos más bajos.

Por supuesto, estos beneficios tienen algunas desventajas. Los sistemas y la maquinaria de fabricación asistida por computadora requieren un costo inicial masivo. Por ejemplo, un Haas VF-1 cuesta alrededor de 45 mil dólares. También está el problema de la rotación, dado que la operación de máquinas se está convirtiendo en un oficio menos calificado, es difícil atraer y retener buenos talentos.



Haas VF-1

Las herramientas CAD (Computer-Aided Design) y CAM (Computer-Aided Manufacturing) se desarrollaron en gran medida en paralelo pero sin integración directa, debido a las diferentes necesidades de los usuarios. Algunas empresas adoptarían normas de diseño para facilitar la programación, pero las limitaciones de la innovación en el diseño resultaron demasiado costosas. El proceso se utiliza para crear componentes, controlando cómo se diseñaron esos componentes. Los componentes de fundición y moldeo deben incluir geometría como el desmoldeo para poder extraerse de las formas y moldes que los fabrican. Dado que este tipo de componente utiliza herramientas permanentes, es prohibitivo cambiar las herramientas con mucha frecuencia. Esto limita la voluntad de explorar nuevas ideas sobre un diseño existente. Los componentes de máquina tienen limitaciones en la profundidad de la función según las restricciones de herramientas o si una herramienta puede alcanzar un área. Todo esto debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar los componentes que necesitarían ser mecanizados. Las herramientas CAD y CAM comenzaron a desarrollar relaciones cada vez más estrechas y ahora en herramientas como Fusion 360, están integradas en un solo lugar. La flexibilidad para que el diseñador y el ingeniero trabajen de la manera que necesitan y el maquinista programa la moda que necesitan sin interferir entre sí es un avance fantástico. La conexión única mejora la comunicación entre el diseño en los lados de fabricación, facilitando el diseño de componentes que son más productivos. Luego vino la fabricación aditiva. La fabricación aditiva está barriendo los conceptos de diseño para la fabricación, o al menos reescribiendo el libro de reglas. De repente, la fabricación procesada congeló las opciones para el diseño. Inicialmente, estas herramientas se llamaban Rapid Prototyping o la Impresión 3D aún más desdeñosa. Sin embargo, el potencial de un cambio disruptivo en la fabricación está empezando a reconocerse. Todos los días en más materiales se puede utilizar en el desarrollo de componentes con mejores propiedades del material al final del proceso. Las tecnologías de diseño, como el diseño generativo, pueden aprovechar la flexibilidad de la fabricación aditiva para definir nuevas formas que serían imposibles de crear utilizando el mecanizado tradicional. Cuando se combinan la fabricación aditiva y el mecanizado de alta velocidad, se pueden crear nuevas formas, que no se pueden fundir, con menos precisiones de superficie de acabado, luego completadas con mecanizado de alta velocidad. Esto proporciona el ahorro de tiempo de tener una fundición con la flexibilidad de los componentes de la máquina para responder a los cambios de diseño, ya que no hay que mantener existencias. Tan potente como la evolución de

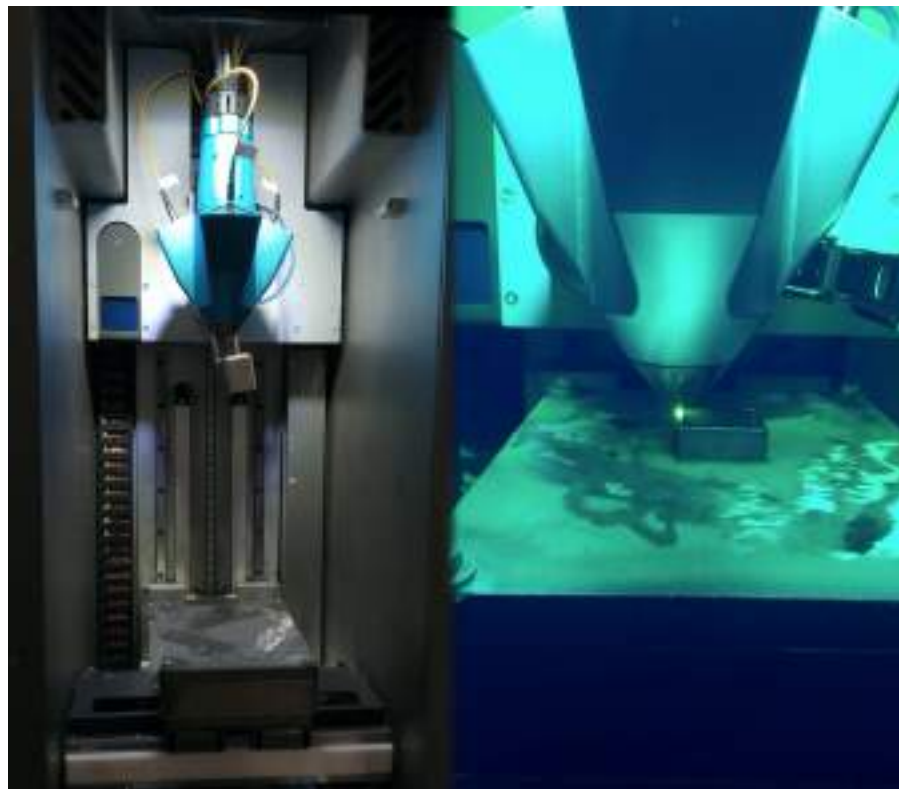
CAD y CAM como los procesos individuales ha sido, es su fusión la que ofrece la mayor promesa para el futuro. Cuando la capacidad de fabricación del diseño se puede evaluar a medida que el diseño está evolucionando, convierte un proceso en serie en un proceso paralelo. Al eliminar el intercambio de datos, se reduce el riesgo de que se corten piezas equivocadas. Vision 360 es un ejemplo perfecto de cómo difuminar sus funciones, responsabilidades y tecnologías tradicionales puede abrir oportunidades para personas que no son ingenieros o maquinistas profesionales. Explorar la creación de sus propias ideas, sin las limitaciones de las primeras herramientas colocadas en el proceso. Se ha tardado mucho tiempo en que CAD y CAM se unan de verdad, con el surgimiento de nuevas tecnologías, nuevos capítulos en la fabricación digital continúan escribiéndose el futuro.

A medida que el software CAD y CAM progresa en capacidad y complejidad, los maquinistas de la industria están observando un aumento en las piezas preparadas para la producción, con las propias piezas aumentando en complejidad. Combinar CAD y CAM en un único entorno integrado es aún más potente, lo que permite reducir significativamente el tiempo entre iteraciones. En un entorno CAD/CAM integrado, cuando hay mejoras en el diseño, el maquinista puede simplemente regenerar las trayectorias de cualquier herramienta existente utilizando la nueva geometría y, a continuación, realizar las adiciones o ajustes necesarios. La conversación entre diseñador, ingeniero y maquinista también se vuelve mucho más coherente, ya que el software de diseño y fabricación se llevan a cabo en la misma plataforma, dando un lugar común y familiar. Muy pocos diseños lo han hecho desde el diseño conceptual hasta la parte de producción sin cambios. La retroalimentación del maquinista sobre lo que puede y no puede fabricarse, dada la capacidad actual de sus herramientas, es imprescindible para el éxito de la producción de la pieza. La integración de CAD y CAM en fusion 360 ofrece la posibilidad de cambiar fácilmente entre el modelado CAD y la programación CAM, eliminando el tedioso proceso de exportar, cambiar software, importar y, finalmente, iniciar la conversación. Existen algunos procesos de fabricación comunes utilizados en la industria, una de ellas es la fabricación sustractiva, también conocida como mecanizado, es esencialmente la eliminación controlada del material. La fabricación sustractiva puede adoptar muchas formas, pero es típicamente un proceso en el que una herramienta de corte, como una fresa final, elimina material de un bloque sólido, llamado stock. El material a menudo se elimina en varias pasadas, ya que las herramientas solo pueden eliminar tanto material a la vez. Los parámetros básicos

utilizados para determinar la ruta que tomará la herramienta son paso y paso abajo. El paso es la cantidad lateral o radial de material que la herramienta está eliminando, por otro lado bajar es la cantidad vertical o axial de material que la herramienta está eliminando. Los tornos, donde el corte se controla a mano, fueron una vez comunes, pero cada vez son más difíciles de encontrar a medida que pasa el tiempo. Ahora, la fabricación sustractiva a menudo se logra usando una máquina CNC, donde el corte es ejecutado por una computadora pequeña llamada controlador. Aquí es donde el software CAM entra en la imagen, ya que el código que ejecuta el controlador se genera utilizando el software CAM. En un entorno de creación de prototipos pequeño, un taller podría tener una máquina CNC más pequeña y posiblemente una máquina manual. En una tienda de trabajo de tamaño mediano, habrá varias máquinas CNC con capacidades variadas, los trabajos en este entorno pueden pasar por varias máquinas antes de que se completen. En un entorno de producción completo, una planta de fábrica puede llenarse con máquinas del mismo tipo, todas con el mismo trabajo. Por lo general, el stock se alimenta automáticamente en la máquina, y la pieza se puede fabricar con una interacción humana mínima. Además de las máquinas CNC capaces, la calidad de las rutas de herramienta que genera el núcleo CAM es importante para el éxito de la fabricación. Tradicionalmente, las trayectorias de diferentes herramientas eran sencillamente pasadas de desfase calculadas utilizando los parámetros constantes de paso hacia abajo y paso. Estas trayectorias de herramienta son fiables, pero el aumento de las fuerzas en la herramienta y en las esquinas internas suele provocar roturas sin precauciones, como velocidades reducidas. Las rutas de herramientas de desbaste de interacción constante, como el borrado adaptativo de Autodesk, utilizan algoritmos para mantener una interacción constante en la herramienta. Mantener eficazmente una carga constante en la herramienta para permitir cortes más rápidos y profundos que los caminos tradicionales de la herramienta, es una de las ventajas más grandes de esta forma de maquinaria. Esto es importante para los talleres de producción, donde el ahorro de segundos por pieza multiplicado por cientos o miles de piezas producidas puede tener un impacto significativo en la productividad y la capacidad de cumplir los plazos de producción. Mantener la carga constante de la herramienta y distribuir el desgaste a lo largo de toda la longitud de la flauta también mejora la fiabilidad del proceso y reduce la rotura de la herramienta. Cada rotura de herramienta significa un reemplazo de herramienta, que puede tardar varios minutos, un proceso significativo en un entorno de producción donde los segundos

cuentan. Las estrategias de interacción constante permiten a los maquinistas de todos los niveles impulsar sus máquinas más rápido, aumentar la productividad y mejorar la fiabilidad del proceso, desde la creación de prototipos hasta entornos de alta producción.

Otro proceso de fabricación común es la fabricación aditiva, que es la adición de material controlado, y comúnmente se conoce como impresión 3D. Al igual que la fabricación sustractiva, la fabricación aditiva también puede adoptar muchas formas, pero normalmente implica agregar material capa por capa hasta que se logre la pieza final.



Meltio M450 DED (LMD) machine.

El material se está agregando en lugar de retirarlo de un bloque sólido, hay características y formas que la fabricación aditiva puede lograr que son casi imposibles en la fabricación sustractiva. Las celosías internas, las esquinas internas afiladas y las paredes verticales altas son mucho más accesibles cuando se producen con fabricación aditiva. Para los aficionados y fabricantes, la fabricación aditiva es muy accesible con máquinas de bajo costo que depositan capas relativamente grandes y utilizan plásticos como ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) y PLA (Ácido poliláctico). Estos generalmente son modelado de deposición fusionado, o FDM, donde el plástico se empuja fuera de una extrusora a alta temperatura. Y las máquinas FDM de gama inferior a menudo no admiten material. También están disponibles servicios de fabricación aditiva para aquellos que no quieren invertir en una máquina entera. En un taller mediano, hay máquinas aditivas de nivel profesional que tienen grandes volúmenes de construcción, utilizan varios materiales a la vez e imprimen un material de soporte separado, lo que permite una geometría más compleja. Estos también pueden ser FDM, y a veces son estereolitografía, o SLA, donde una resina líquida se cura utilizando una proyección de la geometría en capas. En el nivel más alto e innovador de fabricación aditiva, la sinterización láser selectiva, o SLS, se puede utilizar para fabricar piezas en plásticos y metales mediante el uso de un láser para solidificar un polvo en partes sólidas. La capacidad de crear características que son exclusivas de la fabricación aditiva en materiales fuertes, como el acero inoxidable y el aluminio, amplía los horizontes de lo que la fabricación puede lograr, lo cual continúa acelerando el desarrollo de software y hardware de diseño de fabricación. Tal vez el desarrollo más emocionante en la fabricación de producción sea la combinación de fabricación aditiva y sustractiva, o la fabricación híbrida. La fabricación aditiva ha abierto las posibilidades de lo que se puede producir al eliminar muchos de los desafíos de diseño asociados con la fabricación sustractiva. En particular, las estrategias de ponderación ligera, como la optimización de topología y el enrejado interno, son significativamente más accesibles utilizando estrategias aditivas. Desde pequeñas operaciones de puesta en marcha hasta productos de producción completa, la capacidad de reducir el peso mientras se mantiene la fuerza permite una mayor innovación y un alto rendimiento del producto. Hay, por supuesto, inconvenientes para el aditivo en comparación con el sustractivo. Los materiales que se pueden usar son limitados, es mucho más lento y es mucho menos preciso. Pero ahí es donde la fabricación híbrida entra en juego. Un método utilizado actualmente aprovecha una pieza aditiva completa que se

inspecciona y, a continuación, se termina utilizando la fabricación sustractiva para llevar las superficies críticas a la tolerancia o el acabado superficial requeridos. La puerta también está abierta para desarrollar verdaderas máquinas híbridas que depositen material y luego mecanicen el material depositado a las tolerancias requeridas. Existe un inmenso potencial en la fabricación híbrida para mejorar la calidad de las piezas producidas al mismo tiempo que reduce el desperdicio de materiales. La fabricación híbrida desempeñará realmente un papel importante en el futuro de la fabricación.

5.1.1 Diseño sustentable

En la era de la fabricación digital y los productos conectados, los objetos que se compran deberían comenzar con una huella ambiental mínima y mejorar con el tiempo. Existen tres estrategias en particular para lograr este objetivo:

- Minimizar el uso de materias primas
- Selección de materiales exhaustivamente analizados
- Extender la vida útil de su producto

La productividad de los recursos se define como el valor, financiero o de otro tipo, que se obtiene de algo dividido por los recursos que se utilizan para fabricarlo. En este sentido, diseñar de manera sostenible significa aprovechar al máximo los materiales y la energía que entran en el producto. Los productos pasan por un ciclo de vida básico, desde las materias primas hasta la fabricación, el uso y la eventual eliminación.



Y es importante pensar en ellos en este contexto más amplio, hay impactos ambientales en todas las etapas del ciclo de vida. Hay que tener en cuenta todos los impactos de la cadena de suministro que contribuyen a la huella ambiental incorporada del producto, así como en su fase de uso y lo que sucede con un producto al final de su vida útil.

Para reducir los impactos ambientales, podemos empezar minimizando la cantidad de materia prima que entra en un producto y la cantidad de residuos generados en su fabricación. Este enfoque reduce los impactos ambientales por varias razones, menos materias primas extraídas, ahorrando recursos naturales finitos y menos se envía al reciclaje de nuestro vertedero. También se ahorra la energía incorporada que se requiere para extraer y procesar material y eliminar el desperdicio de material y otros impactos ecológicos aguas arriba. El uso de menos material puede conducir a vehículos más ligeros o piezas de máquina. Una práctica llamada ligereza, que requiere menos energía para acelerar o ralentizar, reduciendo el consumo de energía de la fase de uso. La impresión 3D puede ofrecer una solución elegante para minimizar el uso de materiales mediante la reducción de peso ligero y de desperdicios. Permite la creación de nuevas formas internamente enrejado que no sería posible producir con técnicas tradicionales de fundición o sustracción. Los resultados pueden ser fuertes pero más ligeros que la alternativa sólida. Y a diferencia de los procesos de fabricación sustractivos, como el fresado o el enrutamiento, los procesos de impresión 3D suelen generar muy pocos desperdicios. Usando casi todo el material gastado en la pieza terminada en sí. Aunque genera una cierta cantidad de desperdicio o chatarra a partir de impresiones fallidas o estructuras de soporte que no forman parte del objeto neto terminado. Cuando se combina con herramientas de diseño generativo, la impresión 3D abre una serie de oportunidades de peso ligero. Por ejemplo, una partición de avión debe ser lo más ligera posible para reducir el costo de consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, asociadas con volar de un lugar a otro. Pero también tiene que hacer frente a las fuerzas estructurales. Airbus utilizó el software de diseño generativo DreamCatcher de Autodesk y la impresión 3D metálica para diseñar y fabricar una partición de celosía ligera que es 45%, un total de 66 libras más ligero que sus predecesores. Cuando esté en uso, cada una de estas particiones ahorrará más de 300 kilogramos de combustible al año. Eso equivale a 166 toneladas métricas de emisiones de CO2 evitadas por avión y año. También se ha ejecutado en Autodesk Fusion 360 que utiliza la simulación para identificar oportunidades de eliminar material estructural innecesario. En 2011, los estudiantes de la Universidad de Tongji utilizaron la simulación y Autodesk Inventor para ayudar a hacer más liviano el marco de aluminio de su galardonado vehículo eléctrico de ultra kilometraje. El resultado es un coche que pesa 55 kilogramos, y puede recorrer unos asombrosos 347 kilómetros con sólo 1 kilovatio-hora de potencia.

Optimizar una geometría de diseños utilizando el diseño generativo o la estimulación es un camino para mejorar la productividad de los recursos. Otras decisiones de diseño, como la elección de materiales, también tienen el impacto real. Debemos ser selectivos la selección de materiales, ya que actualmente son difíciles de reciclar y pueden tener otros impactos ecológicos. Como regla general, sólo debería cambiarse a los compuestos cuando la se beneficie de sustituirlos en más que cualquier impacto negativo adicional asociado a su producción y al final de la eliminación de la falta. El reciclaje mantiene el material base en juego, como polímeros plásticos o metales, obteniendo más valor de ellos a medida que circulan repetidamente a través del sistema. Podemos sacar más provecho de los materiales y energía para entrar en los productos mediante el uso de materiales reciclados que tienden a tener menos residuos asociados, y menos carbono, energía y agua incorporados que los materiales vírgenes.

Para maximizar la vida útil de su producto, es decir, extender su fase de uso o ciclo de vida, puede comenzar haciéndolo más duradero para que sea más difícil de romper y diseñado para durar. El análisis de elementos finitos, o FEA, es un método de simulación para predecir cómo un producto reacciona a las fuerzas del mundo real como la presión, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos. Puede ayudar a validar la durabilidad de un diseño antes de que se construya, mostrando si un producto se romperá, se desgastará o funcionará de la manera en que fue diseñado.

Existen dos principios globales del diseño sostenible:

- los sistemas completos
- el pensamiento del ciclo de vida

El desafío está en hacer que el diseño sea más sostenible sin aumentar los costos o reducir el rendimiento. Antes de empezar a sacar conclusiones y fijarse en cualquier solución de diseño final, el primer paso es definir más profundamente el problema mirando todo el sistema, en realidad, mirar el sistema aún más ampliamente. Obtener otras perspectivas más temprano siempre es útil, este tipo de conocimientos ayudan a entender y enlazar el problema. Para optimizar el rendimiento medioambiental, debe tenerse en cuenta los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto o servicio. En cada una de estas etapas, puede haber emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del agua, contaminación atmosférica, toxinas u otros impactos ambientales. El análisis debe medir estos impactos de la mejor manera posible. La forma más completa de hacerlo se llama evaluación del ciclo de vida.

Es posible que desee comparar sus resultados con algún punto de referencia, lo importante en esta etapa es darse cuenta de dónde provienen los impactos ambientales y cuantificarlos de alguna manera, para conocer cuales deben ser las prioridades y métricas conceptuales en torno a ellos. De esta forma, se puede abogar por los objetivos medioambientales y ajustarlos a otros requisitos del proyecto. Usando sistemas en el pensamiento del ciclo de vida, se logra reducir el desafío de construir un producto más sostenible. Ahora que hemos definido el problema, ¿cómo lo resolvemos? En lugar de hacer pequeñas mejoras en una parte del proceso, se deben buscar soluciones revisando de nuevo todo el sistema. Y aquí hay una oportunidad para innovar, abordar el problema con una pizarra en blanco puede ayudar a llevar a innovaciones más drásticas. A medida que se empieza a pensar en soluciones potenciales en el contexto de todo el sistema, se verán las relaciones entre ellas. Y una idea es probable que lleve a la siguiente, este es el tipo de pensamiento que está llevando a los mayores beneficios en sostenibilidad en todas partes. Para obtener consejos para guiar su lluvia de ideas y ayudar con este proceso de diseño, se puede acudir a Amory Lovins y Rocky Mountain Institute. Han desarrollado todo un conjunto de principios útiles para la eficiencia radical de los recursos, llamados los principios de ingeniería factor 10. Una vez que tienes muchas soluciones, ¿cómo se elige entre ellas?



Debe volverse a los objetivos que se establecieron al pensar en el impacto del ciclo de vida del diseño y evaluar cada opción. Una vez que se elige una solución para

desarrollar, se comenzará a resolver todo tipo de problemas de ingeniería técnica. Por ejemplo, hacer girar la arandela más rápido puede requerir un material diferente o crear la necesidad de suprimir las vibraciones, lo que genera nuevos costos e impactos. Cada vez que se pasa por este proceso se logra innovar, abre los ojos al panorama más amplio y ayuda a atacar el problema más importante. Luego, permite eliminar las formas tradicionales de pensamiento para encontrar ideas nuevas e innovadoras, como también ayuda a elegir las mejores herramientas o diseños para mejorar la sostenibilidad del producto. Así es como se obtiene la innovación de mayor alcance, ayudando a diseñar productos que sean mejores para sus usuarios y para el mundo.

5.1.2 Fusion 360/CAD/CAM Autodesk versus Tinkercard/SolidWorks

Fusion 360 es una plataforma de software CAD (Computer-Aided Design), CAM (Computer-Aided Manufacturing), CAE (Computer-Aided Engineering), y de circuitos impresos de modelado 3D basada en la nube para el diseño y la manufactura de productos.

- Diseña y proyecta productos en orden de garantizar su ajuste, estética, forma y función.
- Proyecta, diseña y crea amplios componentes electrónicos y las herramientas de diseño de circuitos impresos.
- Ahorra tiempo y dinero, fabricando piezas de calidad en menor.

Más que simplemente hacer CAD, CAM, CAE y simulación, Fusion 360 las hace de una manera que hace que la transición de un entorno a otro sea perfecta. Lo que es más importante, los flujos de trabajo dentro de ellos se sienten naturales. Muchos sistemas CAD paramétricos 3D pueden crear casi cualquier forma compleja, siempre y cuando sepa cuál es la forma antes de comenzar. Eso no es diseño, el entorno de modelado de forma libre de Fusion 360 permite al diseñador explorar formas, iterar y repetir hasta que lo que aparece en la pantalla es a lo que se les llevó su imaginación. Sin embargo, esa forma no es un callejón sin salida. Se puede editar con las herramientas de modelado sólido, tener trazados de herramienta hechos a partir de ella y, si es necesario, analizarlos. Para la ingeniería, Fusion 360 utiliza modelado paramétrico sólido, aprovechando bocetos y funciones paramétricas de una manera que las personas con experiencia están acostumbradas, pero con la flexibilidad para la estructura del modelo que es

nueva y mucho más accesible. El usuario puede explorar ideas sin tener que saber exactamente cuál es la estructura del diseño antes de comenzar. Fusion 360 está diseñado para construir diseños complejos en un solo archivo, a lo largo del boceto para ser reutilizado no solo en múltiples entidades sino en varios componentes. Durante años, la gente ha pedido a las empresas de software de diseño paramétrico hacer un sistema que realmente puede aprovechar un boceto de diseño, y Fusion 360 promete hacerlo. También para el ingeniero, es una herramienta de análisis de última generación integrada en Fusion 360. Al analizar un nuevo diseño, no hay necesidad de traducir ni mover los datos. Para analizar diseños de otros sistemas, Fusion 360 puede importar formatos de archivo neutros estándar, así como todos los principales formatos CAD 3D. Fusion 360 ofrece una tecnología probada y verdadera de programación de trayectoria de herramienta para el maquinista. Las capacidades de modelado directo dentro de una Fusion 360 facilitarán la fijación de modelos importados de otras herramientas de diseño y los prepararán para el mecanizado. Todo esto está conectado a la nube para que pueda colaborar con otros usuarios y acceder a sus datos desde cualquier lugar. La gestión de datos también está integrada en el núcleo para que sepa que siempre está trabajando con la versión más actual del componente. Los colaboradores pueden ofrecer comentarios, incluyendo marcas de revisión, comentarios e incluso sesiones de revisión en vivo para ayudarles a compartir su experiencia. Incluso las opciones de computación son flexibles. Fusion 360 se ejecutará en Mac OS X o Windows de 64 bits. Además, las sesiones de revisión de diseño se pueden ejecutar desde prácticamente cualquier dispositivo móvil u ordenador sin necesidad de que los colaboradores tengan instalado Fusion 360. La conclusión es que Fusion 360 es un tipo diferente de software de diseño, ingeniería y fabricación.

Tinkercad es una herramienta buena para la exploración en el mundo del diseño asistido por ordenador, al igual que Fusion 360 almacena sus datos en la nube y permite colaborar con otros. Fusion 360 tiene la capacidad de guardar automáticamente nuevas versiones de un archivo y mantener versiones anteriores, de modo que si se decide que el modelo era más interesante antes, se puede volver a una versión anterior e ir una nueva dirección sin perder el trabajo. Fusion 360 tiene la capacidad de usar comandos de figuras primitivas como caja, esfera o toroide, como hace Tinkercad. Pero también puede crear la misma geometría utilizando otras técnicas que le darán más flexibilidad a medida que el diseño se vuelva más elaborado. Utilizar bocetos para dibujar la forma y tamaño que desee y, a

continuación, convertirla en 3D, en lugar de combinar primitivas en una forma compleja, que sigue siendo una opción en Fusion 360. Fusion 360 también puede utilizar el modelado de forma libre para crear casi cualquier forma que pueda imaginar de una manera relativamente sencilla agarrando parte de la forma y presionando o tirando de ella como modelando arcilla. Fusion 360 también puede conectar diferentes partes juntas para crear mecanismos que permanecerán juntos cuando se mueva una u otra parte.

Solidworks ha sido un elemento básico en el espacio de ingeniería durante dos décadas. Y también se usa comúnmente en el diseño industrial. Solidworks logró desarrollar a nivel del usuario un nivel de confianza con la interfaz y ha crecido para comprender la estructura de archivos y tiene datos existentes. Las herramientas desarrolladas para la ingeniería son capaces de crear formas extraordinariamente complejas, siempre y cuando sepa exactamente lo que desea antes de comenzar. Construir una serie de planos para localizar el boceto es genial una vez finalizado el diseño. Y el técnico de ingeniería tiene que crear un modelo para mantenerse en el futuro. Sin embargo, en la fase conceptual, este flujo de trabajo se limita intrínsecamente al proceso creativo. La interfaz de Fusion 360 es una evolución basada en los sistemas paramétricos que han existido desde hace más de dos décadas. Su navegador se asemeja a las herramientas de otro sistema, pero funciona de manera diferente. Se utiliza principalmente para administrar la estructura del diseño y para contener elementos que son comunes en cualquier número de componentes, como geometría de construcción y bocetos. De hecho, cualquier boceto se puede utilizar para crear cualquier número de entidades en cualquier número de componentes en Fusion 360. El navegador Fusion 360 no contiene el registro de las funciones individuales. En su lugar, utiliza una línea de tiempo que se ejecuta en la parte inferior de la pantalla que muestra todas las entidades relevantes para el componente activo. Un simple doble clic de cualquiera de los iconos de la línea de tiempo, llevará directamente a la herramienta que creó la entidad y los valores utilizados. Esto puede parecer una diferencia sutil, pero puesto en práctica, te sorprenderá la flexibilidad añadida que ofrece. Los menús de marcado dentro de Fusion 360 colocan las herramientas más usadas que necesita en cualquier lugar de la pantalla en la que haga clic con el botón derecho. Esto ayuda a mantener su enfoque en el desarrollo de su diseño, en lugar de buscar herramientas. Fusion 360 mira los ensamblajes de manera diferente, también, al centrarse en el uso de juntas para conectar componentes. Estas uniones adoptan un enfoque diferente, lo que les permite reemplazar varias restricciones de

ensamblaje. Al igual que otras entidades de Fusion 360, no requieren que sepa qué tipo de unión desea colocar antes de comenzar a seleccionar geometría. Para que sea fácil realizar ajustes mientras se colocan, o después de haberlos colocado para definir un tipo de relación completamente diferente. En cuanto a los ensamblajes, le pedirá que considere si mantener varios archivos para cada concepto, ya sea mecánico o conceptual, u ofrece algún beneficio. Si está explorando un concepto para un mecanismo, ¿hay algún valor en tener que crear archivos de ensamblaje y archivos de pieza? Fusion 360 permite conectar archivos a varios diseños si es necesario. Pero si no, puede crear todos los componentes que necesita, conectarlos con uniones de ensamblaje, evaluar el mecanismo. Los sistemas de administración de datos para programas CAD tradicionales pueden requerir la adición de infraestructura adicional y aún así no le permiten acceder a sus datos fuera de su estación de trabajo, Fusion 360 no solo tiene la gestión de datos integrada directamente en él, sino que los datos se almacenan en la nube. Algunas personas tienen preocupaciones con la Nube, pero es casi imposible no estar involucrado con los datos de origen de la nube en su vida diaria ya. Tener sus datos de diseño en la nube significa nunca tener que mover sus archivos de casa al trabajo utilizando algún dispositivo de almacenamiento. Nunca tener que preguntarse si está trabajando en la versión actual, y poder invitar a cualquier persona a revisar y contribuir con su diseño en cualquier momento y desde cualquier lugar. En conclusión, Fusion 360 no es solo un sistema CAD, tiene modelado paramétrico sólido y de forma libre con la capacidad de crear documentos de trabajo 2D, renderizados y animaciones; ofrece un enfoque genuinamente diferente. Y para particulares y pequeñas empresas, ofrece muchas ventajas en torno a la gestión de datos, la simplicidad de su interfaz. Y, por supuesto, un precio increíblemente bajo, que cuesta una fracción del mantenimiento anual de un asiento de Solidworks sin coste inicial. De hecho, estudiantes, educadores y startups pueden acceder a Fusion 360 durante un período prolongado sin costo alguno.

5.1.3 Factory Design Utilities y análisis de proceso

Utilizar este módulo del software que ofrece Autodesk, permite maximizar el rendimiento de la producción, ya que ayuda a que se:

- Planifiquen y validen los diseños de su fábrica y planta con anticipación
- Diseñen los diseños de su fábrica y planta en 2D y 3D
- Programe la instalación y se realice la puesta en marcha de los equipos



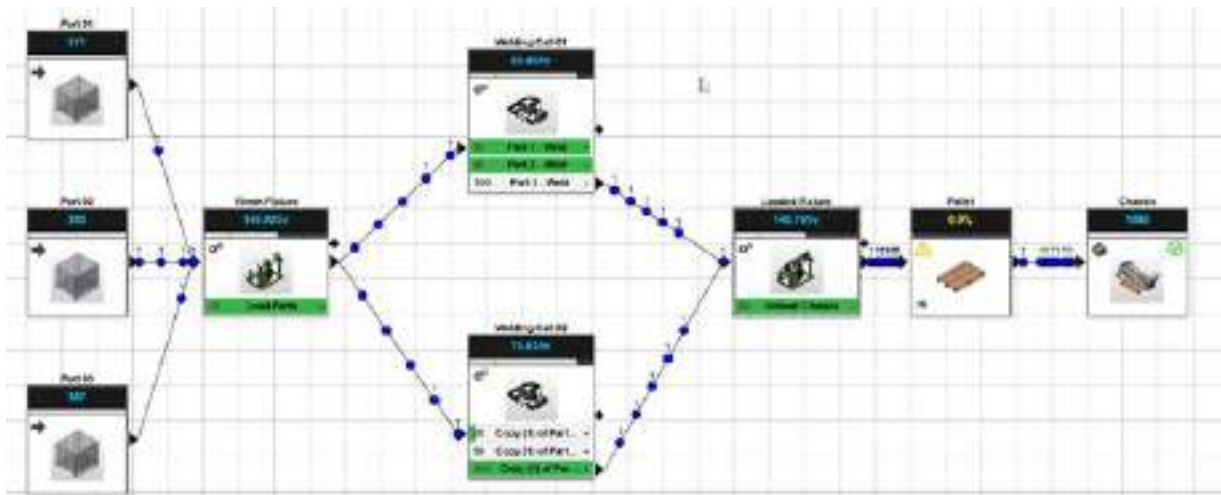
Factory Design Utilities es un layout de Factory en 2D y 3D interoperable y una solución de optimización que se utiliza para diseñar y comunicar diseños eficientes mediante la creación de un modelo digital de su fábrica. Factory Design mejora el software AutoCAD Inventor con el acceso directo a los flujos de trabajo de layout y contenido específico para fábricas. Factory Design permite a los diseñadores de plantas iniciar su proceso de layout en el entorno paramétrico 3D de Inventor o el entorno 2D de AutoCAD. Factory Design admite la asociatividad bidireccional entre AutoCAD e Inventor, lo que aporta exactitud y eficiencia en los flujos de trabajo de diseño.

Con Factory Design, se puede generar fácilmente diseños de layout en AutoCAD mediante la biblioteca de componentes en 2D. En cualquier momento, el diseño se puede sincronizar con Inventor. Los componentes 3D correspondientes se rellenan automáticamente sobre sus equivalentes 2D. Se pueden colocar más componentes y se pueden realizar modificaciones en el layout 3D. En cualquier momento, el ensamblaje 3D se puede sincronizar de nuevo con el dibujo 2D original, actualizando todos los dibujos de AutoCAD con los cambios realizados en el modelo 3D. La solución Factory Design Utilities no solo se utiliza para crear layouts de fábricas, sino que también se utiliza para diseñar y crear todo tipo de

layouts, desde supermercados a almacenes. Factory Design Utilities admite el formato de archivo DWG a fin de que pueda aprovechar y trabajar sobre datos de diseño existentes.



Luego se utilizarán técnicas de análisis de procesos de manufactura para entender los diferentes puntos de mejora del diseño:



6. Maquinaria de CNC en Autodesk

6.1. Introducción a CAD/CAM/CNC

Antes de que surgieran las máquinas CNC, los centros de fabricación eran operados manualmente por maquinista. Por supuesto, como todas las cosas que se asocian a las computadoras, pronto siguió la automatización. En la actualidad, la única intervención humana requerida para hacer funcionar una máquina CNC es cargar un programa, insertar materia prima y luego descargar un producto terminado.



Haas Automation

En las bibliotecas de Autodesk Pier 9, hay una muestra decente de máquinas CNC, que incluyen:

- **CNC Routers:** Estas máquinas cortan piezas y tallan una variedad de formas con componentes giratorios de alta velocidad. Por ejemplo, un enrutador CNC utilizado para trabajar la madera puede facilitar el trabajo de cortar madera contrachapada en piezas de gabinetes. También puede abordar fácilmente grabados decorativos complejos en el panel de una puerta. Los enrutadores CNC tienen capacidades de corte de 3 ejes, lo que les permite moverse a lo largo de los ejes X, Y y Z.



CNC Routers

- **Water, Plasma & Laser Cutters:** Estas máquinas utilizan láseres precisos, agua a alta presión o un soplete de plasma para realizar un corte controlado o un acabado grabado. Las técnicas de grabado manual pueden tardar meses en completarse a mano, pero una de estas máquinas puede completar el mismo trabajo en horas o días. Los cortadores de plasma

son útiles para cortar materiales eléctricamente conductores como los metales.



- Milling Machines: Estas máquinas trituran una variedad de materiales como metal, madera, compuestos, etc. Las fresadoras tienen una enorme versatilidad con una variedad de herramientas que pueden cumplir con requisitos específicos de materiales y formas. El objetivo general de una fresadora es eliminar la masa de un bloque de material en bruto de la manera más eficiente posible.



Milling Machines

- Tornos: Estas máquinas también trituran las materias primas como una fresadora. Lo hacen de manera diferente. Una fresadora tiene una herramienta giratoria y material estacionario, donde un torno gira el material y corta con una herramienta estacionaria.



Halsay
Manufacturing

- Electrical Discharge Machines (EDM): Estas máquinas cortan la forma deseada de la materia prima a través de una descarga eléctrica. Se crea una chispa eléctrica entre un electrodo y la materia prima, y la temperatura de la chispa alcanza entre 8000 y 12 000 grados centígrados. Esto permite que un EDM funda casi cualquier elemento en un proceso controlado y ultrapreciso.

Absolute Wire EDM



El elemento humano siempre ha sido un tema delicado desde que CAM apareció en escena en la década de 1990. En la década de 1950, cuando John T. Parsons introdujo por primera vez el mecanizado CNC, el operar hábilmente las máquinas requería una enorme cantidad de entrenamiento y práctica. En los días del mecanizado manual, ser maquinista era una insignia de honor que requería años de entrenamiento para perfeccionarse. Un maquinista tenía que hacerlo todo: leer planos, saber qué herramientas usar, definir avances y velocidades para materiales específicos y cortar cuidadosamente una pieza a mano. No se trataba solo de destreza manual precisa. Ser maquinista era, y sigue siendo, tanto un arte como una ciencia. En la actualidad, máquinas y software se combinan para hacer avanzar la industria. Habilidades que solía llevar 40 años dominar ahora se pueden conquistar en una fracción del tiempo. Las nuevas máquinas y el software CAM han dado más control que nunca para diseñar y fabricar productos mejores y más innovadores que nuestros antepasados.



ITABC.CA

El papel de un maquinista tradicional está cambiando. Hoy estamos viendo un entorno de maquinistas modernos con tres roles típicos:

- El operador: Este individuo carga las materias primas en una máquina CNC y pasa las piezas completas por el proceso de embalaje final.
- El operador de configuración: Esta persona realiza la configuración inicial de una máquina CNC, incluida la carga de un programa de código G y la configuración de herramientas.
- El programador: Este individuo toma el dibujo para un modelo CAD y decide cómo hacerlo con sus máquinas CNC disponibles. Su trabajo es definir las trayectorias, las herramientas, las velocidades y los avances en el código G para realizar el trabajo.



Operatoria actual.

6.2. Mecanizado de tres ejes

Aprender a programar máquinas CNC puede ser una tarea importante en complejidad. A diferencia de otras rutas de aprendizaje, hay una gran parte práctica con mecanizado CNC. Incluso cuando tiene algún conocimiento práctico con el mecanizado, existe una brecha tecnológica en la comprensión de cómo controlar los movimientos de herramientas

complejas. La buena noticia es que Fusion 360 hace que este proceso sea relativamente fácil. Con una excelente interfaz de usuario y un enfoque común para configurar trayectorias, ahora podemos tomar la base que hemos construido con trayectorias de dos y 2 1/2 ejes y aplicar ese conocimiento a las diversas trayectorias de tres ejes. Saltemos y lleguemos al fondo de las trayectorias de herramientas de tres ejes en Fusion 360.



7. Diseño generativo para la manufactura digital

El diseño generativo le permite explorar soluciones de productos en función de sus necesidades de fabricación y rendimiento. Mientras que el proceso tradicional puede conducir a interminables iteraciones , ciclos de retroalimentación y reinicios, el diseño generativo le ofrece cientos de soluciones de diseño viables y listas para CAD para elegir al principio, amplificando la capacidad de su equipo para innovar y llegar al mercado más rápido. Mejora el talento humano con tecnología al unir a los diseñadores con herramientas de aprendizaje automático y potencia informática en la nube. Es una forma totalmente nueva de resolver problemas.

Fusion 360 tiene mucho que ofrecer en términos de optimización de sus diseños. Tenemos un estudio de simulación de optimización de formas y tenemos un diseño generativo construido en el Fusion 360. Existen diferencias entre la optimización de la topología, que es un estudio de simulación de optimización de formas en diseño generativo. En la siguiente imagen hay dos diseños en la pantalla, el del lado derecho es nuestro diseño generativo basado en nuestros criterios. La de la izquierda es la malla generada por nuestro estudio de simulación

de optimización de formas. Se utilizó el mismo criterio para ambos, dándoles una placa fija contra una pared y aplicando una carga a los cuatro.



La gran diferencia que hay en el resultado se basa en las reglas que se utilizan para generar estos cuerpos. La optimización de la forma, o optimización de la topología, que vemos en el cuerpo de la malla se hizo en función de rutas de carga. Así que toma la placa fija, asumiendo que toda la placa está fija y preservada, y luego le aplica una carga. Ahora, no tiene en cuenta el estrés o la tensión en la estructura real de la que estamos hablando. Solo está mirando realmente hacia dónde quiere ir la carga entre nuestra restricción fija y nuestras cargas. Todavía tenemos nuestra restricción fija y nuestras cargas en nuestros jefes, y tenemos nuestras regiones reservadas, muy similares a las que tenemos dentro de nuestra optimización de formas. Sin embargo, la diferencia es que a medida que comienza a construir este diseño, en realidad está mirando la distribución del estrés. Así que comienza con el bloque grande similar a lo que tenemos para nuestro cuerpo de malla de optimización de topología. Cuando estamos usando la optimización de formas, tenemos una masa objetivo del 30% del cuerpo original con el que estamos tratando. Por lo tanto, a medida que configuramos estos dos diseños, tenemos que tener en cuenta el hecho de que una optimización de la forma realmente está buscando un cuerpo original como su caja de unión.

8. Re-ingeniería

8.1. Descripción general del proceso productivo

La planta de Wolfsburg en Alemania, perteneciente a la empresa Volkswagen, situada a orillas del Mittellandkanal, un canal de agua artificial, tiene una superficie de más de seis kilómetros cuadrados, y solo las naves de la fábrica ocupan una superficie de 1,6 kilómetros cuadrados, un área tan grande como todo el Principado de Mónaco. La red de calles que conectan las instalaciones de producción individuales, los almacenes, los edificios administrativos y las instalaciones al aire libre tiene una longitud total de 75 kilómetros, con 60 kilómetros de vías férreas que atraviesan adicionalmente los terrenos. Seis trenes, dos robots de maniobras y una poligonal que funcionan en las vías.



Se desarrolla en este trabajo particular el caso de esta planta siendo que es una de las mayores referencias a nivel mundial dentro de la industria automotriz y es la que se tomará como referencia para demostrar como ya en una planta líder a nivel mundial la implementación de los conceptos de la manufactura 4.0 tendrían como consecuencia beneficios significativos. Esta planta tiene más de 19 km de líneas de montaje y presenta un alto nivel de automatización constando de más de 600 robots asistiendo la producción. Requiere un alto nivel de ingeniería hacer todo de forma tan prolija, cada 16 segundos un auto terminado sale de la línea de producción. Actualmente la planta tiene como objetivo producir un millón de autos por año.

Esta plantea posee a su vez ciertas temáticas controversiales, para empezar fue fundada justo antes de la segunda guerra mundial para hacer los autos más baratas posibles en 1938. En esa época el partido nazi había subido al poder, una de las ambiciones que se tenía

con esta planta era dar movilidad a sus seguidores creando un auto popular o el Volkswagen. Para tal objetivo contrato al diseñador de autos y futuro acompañante político Ferdinand Porsche, quien creó el Volkswagen original. Este modelo tuvo que crearse ante gran cantidad de exigencias, pero la más restrictiva de todas era que debía costar menos de 1000 marcos, en esa época con esa cantidad de dinero se compraba una moto usada. Otras fábricas alemanas como la Rüsselsheim de Opel no podían hacer autos tan baratos, había sólo una única opción que era la de una nueva fábrica construída para una fabricación que fuera revolucionaria. Hoy en día tenemos el común conocimiento que de querer producir autos o cualquier otro producto de forma masiva y rápida es con la producción en masa. Esta última no era conocida en Alemania, Porsche se dio cuenta que para cumplir los objetivos necesitaba saber más sobre cómo se fabricaban los autos norteamericanos. Porsche, entonces, viajó a EE.UU. para conocer a Henry Ford quien era el experto en producción masiva. Su planta en Rouge River, comentada al principio de este trabajo, era conocida por su velocidad y eficiencia y tenía su propia red de ferrocarriles. Porsche entonces tomó de EE.UU. las ideas y conceptos de instalaciones de producción más avanzadas de la época y los incorporó al diseño de la nueva planta. Un segundo inconveniente en el diseño de este proyecto fue donde ubicar esta nueva planta, debería estar en el centro y buenas vías de transporte. Finalmente se instaló en el sur de Sajonia, donde tenían pasos de ferrocarriles y estaba cerca de una mina de hierro. En consecuencia, en ese momento todo lo necesario para fabricar autos se encontraba a una distancia de 50 km a la redonda.



Los volúmenes de producción a los que apuntaban de 800 mil autos al año eran mucho más de lo que se producía en Europa y superaba la producción automotriz de norteamérica. Los nazis en su momento invierten más de 500 mil millones de dólares en dinero actual en la fábrica. Y su vez empiezan a construir una ciudad planeada para miles de trabajadores. En sólo un año lograron construir las primeras cuatro salas que estaban listas para construir el primer auto, el mismo sería posteriormente conocido como el Beetle o escarabajo.



Invirtieron en el mejor equipamiento, tenían una prensa extremadamente avanzada que troquelar el techo entero del Beetle.



Pero con el comienzo de la segunda guerra mundial la fábrica de Wolfsburg pasó a producir vehículos y municiones militares. Los nazis emplearon el trabajo forzado, muchos de hecho provenían de los campos de concentración y eran brutalmente tratados por los guardias de la CCS. En 1944 la fábrica casi queda destruída, ya que durante la guerra la planta fue

bombardeada y un bombardero Lancaster cayó en la sala mayor y causó un daño tremendo en la parte del techo de la planta que incluso logró atravesarlo por completo. En vez de ser el fin de la planta, es rescatada por los británicos luego de la guerra y en 1945 el mayor, Ivan Hirst, supervisa las reparaciones y gestiona el pedido de 20000 de los autos que la fábrica estaba preparada para fabricar. Comienza la producción rápidamente, el Beetle de ese entonces no tenía cuatro puertas, incluso tenía el motor en el lugar equivocado, no tenía suficiente espacio en el baúl ni calefacción. Pero, por suerte, los clientes no pensaban lo mismo y era un modelo altamente comercial en su época.

Comenzaron a producir en Diciembre de 1945, y diez años después se fabricó el Beetle número un millón. Para 1972 es el auto más vendido de todos los tiempos, y al crecer su popularidad creció la de la fábrica de Wolfsburg.

En la actualidad se ha más que triplicado su tamaño, cubre unos 6,503,212 metros cuadrados, la superficie más grande de una sala automotriz. Las salas de producción en ladrillos forman el corazón de la operación, pero las prensas del Beetle fueron reemplazadas por cuatro talleres de prensado, que hacen casi medio millón de partes de carrocería por día. Y las líneas de montaje dirigidas por unos 6000 robots de alta tecnología. Cada día pueden ensamblar unos 3500 automóviles.



La central eléctrica original fue expandida y para conectar este lugar hay un sistema de rieles privados y extensos. Es la estación de trenes privada más grande de Europa, y hay más de 64 km de vías en la fábrica.

Todos los días, más de 1600 toneladas de acero se traen a la fábrica, 11 vagones por día traen materia prima y es una tarea desafiante por supuesto. Dirigir cada tren a la parte indicada de la planta sería imposible sin un sistema de control sofisticado que se maneje de una torre central.



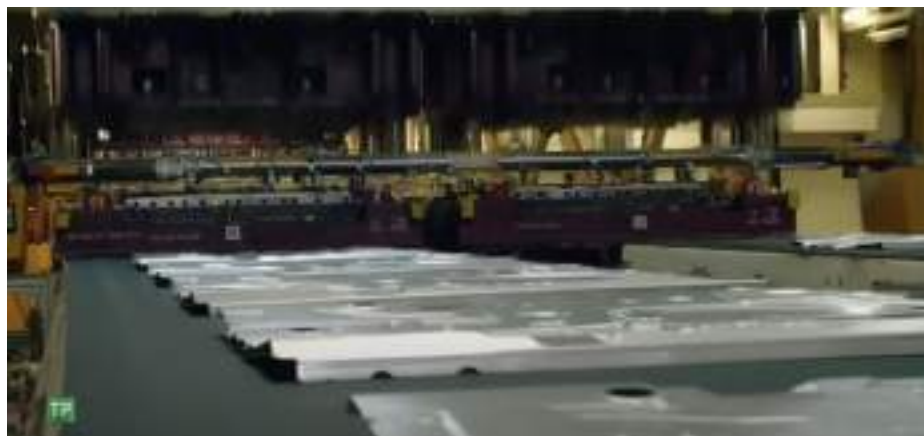
Las líneas amarillas son vías libres, en las rojas hay va y por las azules estan pasando en ese momento trenes. Una vez que ingresan los vagones con acero bruto listo para comenzar el proceso productivo, con 24 toneladas de rollos de acero bruto. Una vez dentro de la estación los rollos van directamente del vagón a las cortadoras gigantes. El primer paso en al fabricación es convertir la materia prima en componentes dentro del proceso, llegan por cada vagón 24 toneladas de rollos de acero bruto. Una vez posicionado el vagón los rollos van directo hasta las cortadoras gigantes, con una grúa manualmente operada un trabajador de planta se coloca en el sector de las cortadoras. Lo más importante es mantener el ritmo de producción y no generar demoras.



En el proceso productivo original habían prensas enormes que daban forma a la carrocería, las planchas de acero cortadas eran manualmente colocadas a mano por el operador, como muestra la siguiente imagen, también eran retiradas por ellos mismos. Esto último es una gran pérdida de tiempo.



Esta planta cuenta con un nuevo sistema de presado de paneles, seis de esas máquinas enormes están conectadas, los brazos mecánicos mueven el acero de una prensa a la otra con más precisión y velocidad que cualquier persona. Estas prensas para que el acero tome la forma deseada necesitan aplicar 8000 toneladas de peso, la única forma que tienen para generar esa fuerza es mediante cilindros hidráulicos. Cada prensa presiona su respectiva placa de acero hasta que consigue la forma deseada y en la línea de montaje siempre hay un flujo de paneles idénticos.



No se puede hacer una línea de prensado para cada pieza, cada taller de prensado tiene que ser lo suficientemente versátil para fabricar todos los componentes. Dentro de cada prensa hay un troquel que es lo que corta los componentes y obviamente le da la forma que cada uno necesita por especificación. Para fabricar las diferentes partes se deben cambiar los troqueles de las prensas, y eso conlleva un gran trabajo. Tradicionalmente cuesta unas 2 o tres horas cambiarlos por la complejidad de la tarea y la máquina está parada durante ese tiempo lo que es altamente desventajoso por el impacto en productividad. Si bien la prensa como componente no es frágil, es común que sufran desgastes y esto, en caso de generar paradas de máquina, frenaría a la brevedad todo el proceso.

Luego se procede a la unificación de partes, los componentes de la carrocería se dirigen a la segunda parte del proceso productivo que en esta planta es conocido como "el salón de brazos mecánicos" donde se monta el chasis del auto:

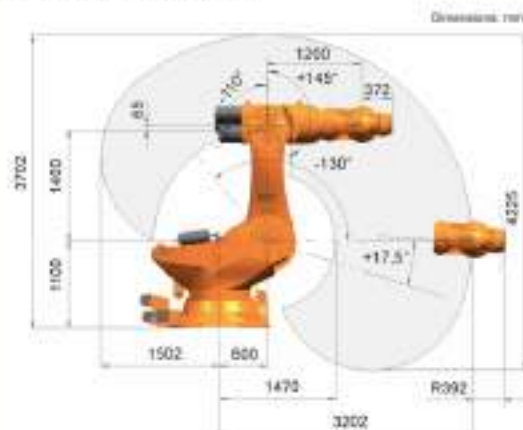


Se debe producir cada parte de forma individual teniendo en cuenta el sitio exacto y el orden correcto de montaje. Programar a los robots para que sean más rápidos en la operación que los operarios no es una tarea sencilla.



Es muy importante tener en cuenta que se debe estudiar seriamente en qué sectores se permite la coexistencia en el mismo sector de trabajo de brazos robóticos con seres humanos. Los robots son un elemento de riesgo si comparten el mismo espacio de trabajo que un ser humano, pueden lesionar a las personas que se mueven por el lugar de trabajo. Una carga útil de 90 a 180 Kg puede provocar grandes daños a cualquier ser humano. Han provocado incluso la muerte de algunos trabajadores, con lo cual debe tenerse en cuenta al diseñar cualquier proceso productivo. En la Planta Wolfsburg hay más de 6000 brazos robóticos con un costo aproximado de cada uno de 100 mil dólares.

Gráfica del campo de trabajo



En esta planta se redujo la cantidad de materiales que tenían alrededor de las líneas, con lo cual buscan trabajar con el sistema de Just in Time. Este método, se basa en reducir al mínimo posible el almacenamiento tanto de materiales como de producto terminado de manera de reducir el espacio físico que se tiene que ceder para almacenamiento de material. Esto último es aplicable en lugares donde realmente sea viable construir con proveedores y clientes un sistema robusto, que no culmine en la parada de planta por falta de materiales o lugar para colocar producto terminado. La idea es que la pieza correcta llegue en el momento justo para instalarse y no antes.

Luego continúa el chasis continúa por el taller de pintura y sellado, que probablemente en uno de los sectores de mayor peligro para el ser humano. En realidad, los trabajadores ni siquiera tienen permitido ingresar. La pintura genera gases nocivos, con lo cual no se permite ningún ingreso de personal en este sector.



Para pintar la carrocería se traslada el chasis a una sala completamente cerrada, primero se le da una capa con una carga electrostática. Primero, entonces, los gases automáticos y luego se somete al chasis con la previa capa de pintura electrostática a paneles de calor que ayudan a la adhesión de las capas finales.



Como se ha especificado en este trabajo anteriormente no todos los procesos necesariamente deben ser automatizados, ya que no es siempre la mejor opción. El proceso más complejo es producir el sistema de propulsión, necesitan un grupo de trabajadores con las habilidades suficientes para transformar el motor, el ambriague, la caja de cambios y el eje motor en un solo elemento.

El sistema de propulsión es complejo ya que está hecho con un montón de componentes distintos, y cada uno debe estar correctamente colocado para recibir energía del combustible para convertirla en movimiento.

Luego sigue la parte del proceso que se conoce como "la boda" que es la parte del chasis que une el chasis con el tren de potencia.



El consumidor quiere cada vez un auto más personalizado, con lo cual no puede producirse una cantidad reducida de modelos. Por supuesto, se trabaja con una gran cantidad de modelos y especificaciones de autos. Es de vital importancia que se pueda asegurar que el chasis



y el tren de potencia correcto se montan juntos. Para asegurar esto último utilizan identificación por radiofrecuencia o RFID. La etiqueta guarda toda la información necesaria para producir el coche, el set de piezas específico e incluso el color. Puede definirse RFID (identificación por

radiofrecuencia) como una forma de comunicación inalámbrica que incorpora el uso de acoplamiento electromagnético o electrostático en la porción de radiofrecuencia del espectro electromagnético para identificar en este caso piezas de un proceso productivo que necesitan instalarse en un determinado modelo de auto con una especificación determinada.

Cada sistema RFID consta de tres componentes: una antena de exploración, un transceptor y un transpondedor. Cuando se combinan la antena de exploración y el transceptor, se les denomina lector o interrogador RFID. Hay dos tipos de lectores RFID: lectores fijos y lectores móviles. El lector RFID es un dispositivo conectado a la red que puede ser portátil o estar conectado de forma permanente. Utiliza ondas de radio para transmitir señales que activan la etiqueta. Una vez activada, la etiqueta envía una onda de regreso a la antena, donde se traduce en datos.

En la fábrica de Wolfsburg hay cuatro líneas de producción y entre los modelos que se producen se encuentran los modelos: Tiguan, Turan y Terraco. Aunque no parezca, que dos coches iguales salgan de la línea de producción uno detrás de otro es altamente improbable por la alta personalización que hoy en día se demanda de la planta.



Luego de la unión del chasis con el tren de potencia, se traslada el auto hacia la colocación de ruedas la cual es una parte del proceso híbrida ya que ese realiza manualmente pero con asistencia hidráulica.

Luego se realizan diferentes testeos en tuneles de viento para simular que se conduce a 250 Km/h.



Una vez aprobados por calidad, se despachan los autos por plataformas deslizantes. Cargan muchos vagones en serie de forma muy rápida, ajustandose al Just in Time que busca lograrse.



Aquellos autos que no son inmediatamente entregados a clientes se almacenan en torres de almacenamiento hasta que se los lleva a su consumidor final.



Como se explicó previamente, en el proceso productivo de la industria automotriz todo comienza en la línea del chasis. Una grúa traslada de una cinta transportadora controlada por un operador en todo momento, a la línea de ensamblaje y se coloca del revés (ruedas para arriba) a propósito. Otro operador, con una grúa de menor tamaño, lleva el eje trasero al nivel del suelo y un tercer operador lleva este eje también a la línea de ensamblaje.



Esta es una parte clave del proceso, la cual es continuada por otros dos operadores que colocan el eje trasero en su sitio:



Esta es una parte clave del proceso, la cual es continuada por otros dos operadores que colocan el eje trasero en su sitio y atornilla la primera pieza de un total de aproximadamente 3000 (tomado como estándar) con llaves manuales eléctricas.



A medida que avanza el chasis se van añadiendo más piezas de la suspensión, el chasis es la espina dorsal del automóvil empieza con un cuerpo básico al que se añaden piezas. Se coloca entonces el eje trasero, los brazos de la suspensión, el depósito de gasolina, los amortiguadores, entre otros, esta tarea es realizada por dos operadores a los costados de la línea.

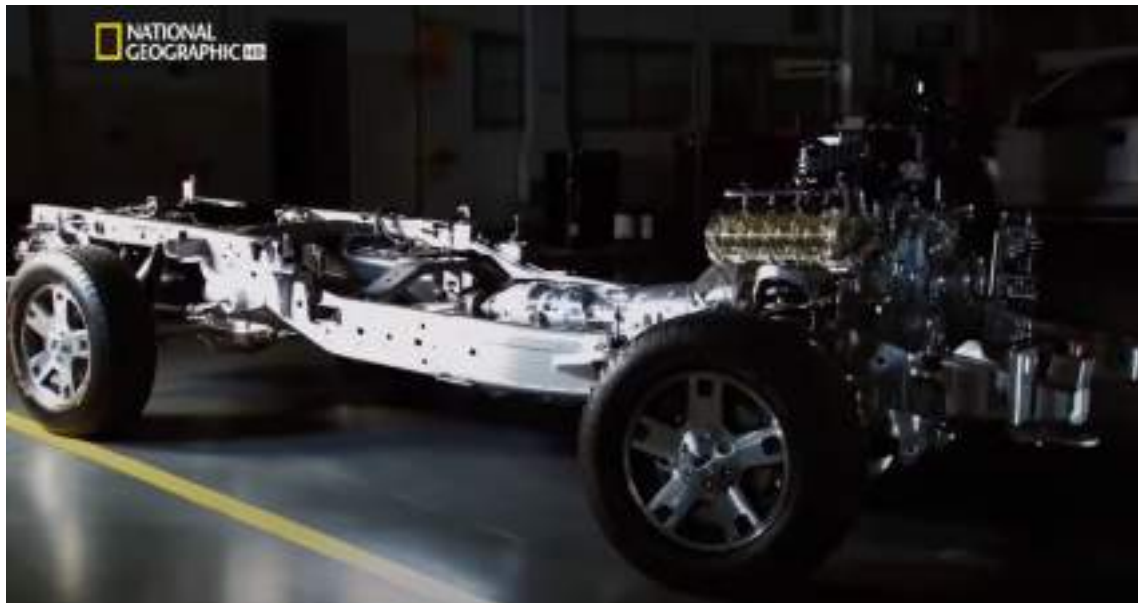




Los controles de calidad son realizados por personal calificado en esta especialidad en cada sector de la línea de ensamble, en todos los turnos de producción. El siguiente paso es encajar el motor en el chasis, a este último hay que darle la vuelta paso que nuevamente se realiza manualmente operando una grúa lo cual es una de las partes más complejas dado que debe quedar en la posición correcta (perfectamente horizontal). Se instalan manguitos de combustible, circuitos de frenado y otras piezas pequeñas.



Estos mismos dos operarios atornillan los parachoques, como también se atornillan al chasis los neumáticos incluido el de repuesto. Tenemos entonces un tren de fuerza, motor, transmisión, árbol motor, escape y eje trasero básicamente podría conducirse si tuviéramos un volante.



A continuación, se colocan los laterales y la parte posterior si es una camioneta, se le colocan las puertas y el parachoques a la cabina del vehículo mientras se sueldan las piezas. Luego comienza el proceso de pintura, pero antes deben controlarse a nivel de calidad y pasar un proceso de limpieza exhaustivo (con un baño químico). Se colocarán dos capas de pintura y una capa protectora. Todos los procesos anteriormente nombrados se realizan en el caso inicial de forma manual. Luego, en la línea de ensamblaje final se colocan los elementos interiores entre ellos paneles, asientos, conexiones, ventanas, etc.

En la reingeniería propuesta se evaluará y justificará objetivamente qué partes del proceso conviene ser reemplazadas por una automatización del mismo proceso no sólo de la gestión operativa, sino que además de los controles de calidad (reemplazándolos por sensores digitales).

8.2. Tecnologías y materiales aplicados a la construcción de vehículos

A continuación se enumeran los principales procesos tecnológicos aplicados a la producción de piezas mecánicas específicas y al montaje de sistemas de propulsión, carrocerías y vehículos finales:

1. **Procesos de Fundición y Tratamientos de Liga:** fundiciones de fundición de hierro y aluminio por vaciado en arena o semipermanente. Estos procesos requieren inversiones básicas y son intensivos en mano de obra, minería y energía. Además, se requieren costos de agotamiento y regeneración para el procesamiento de materiales residuales.

2. **Impresión masiva de piezas de acero:** forja, extrusión en frío y en caliente, ciclos combinados. Estos procesos requieren una gran inversión, son intensivos en consumo de energía eléctrica y utilizan materiales procesados con altos costos (rapid wear molding). Su mérito es la obtención de piezas que no requieren otras operaciones de mecanizado para el desbaste.

3. **Sinterización de Polvos Metálicos Compuestos:** estos procesos requieren una tecnología especial y una importante inversión básica. Mismas consideraciones que el punto anterior.

4. **Mecanizados de Decapado, Tratamientos Térmicos y Superacabados:** mediante máquinas-herramienta especiales, centros de mecanizado, sistemas multiestación y multiherramienta, y equipos para tratamientos térmicos y antimercancías especiales. Estos procesos requieren inicialmente una alta inversión básica y luego dedicada al producto.

5. **Impresión de piezas de aluminio y acero laminado delgado,** mediante cizallamiento, impresión, refinación, plegado y acuñado bajo máquina de prensa. Estos procesos requieren inicialmente una inversión básica muy alta y luego dedicada al producto. El grado de especificaciones de construcción para molduras y el uso de materia prima influyen en la conveniencia económica del proceso y la calidad del producto final.

6. **Estampado de Piezas de Plástico,** por inyección, inyección-compresión, extrusión y procesos relativos al recubrimiento y unión de piezas. Estos procesos requieren inicialmente una alta inversión básica y luego dedicada al producto. Los requisitos de las características del material y la construcción influyen en gran medida en la conveniencia económica del proceso y la calidad del producto final.

7. Ensamblaje y Unión de Piezas de Acero: por soldadura por resistencia, soldadura láser con o sin aporte de metal, soldadura MIG/TIG, soldadura en frío, etc. Estos procesos requieren una inversión inicial alta básica y luego dedicada al producto y también son intensivas en mano de obra. . El grado de características técnicas de la utilización de herramientas y equipos influye en la conveniencia económica del proceso y la calidad del producto final.

8. Proceso de Recubrimiento y Pintura de Protección para Carrocerías, Cabinas y Estructuras Espaciales: estos procesos requieren una alta inversión básica, y son intensivos en energía, materiales de proceso e incluso mano de obra. El grado de las características técnicas del material y la utilización de estos recursos influyen en gran medida en la conveniencia económica del proceso y la calidad del producto final.

9. Montaje de Grupos Mecánicos e Instalación en Vehículo: estos procesos requieren inversiones básicas elevadas, y son intensivos en energía, material de proceso e incluso mano de obra. También implican una alta complejidad logística y tienen un alto impacto en la disponibilidad del producto y el nivel de calidad desde el punto de vista del cliente.

10. Montaje Final de Módulos y Vehículos: estos procesos requieren una alta inversión básica y son intensivos en mano de obra. También implican una alta complejidad logística y tienen un alto impacto en la disponibilidad del producto y el nivel de calidad desde el punto de vista del cliente.

Los fabricantes de automóviles y los productores de piezas mecánicas deben ejercer un estricto control sobre estos diez áreas tecnológicas mencionadas anteriormente, de forma directa, cuando los procesos se desarrollan al interior de la empresa, e indirecta, cuando son obra de proveedores externos, pero aún controlados por las automotrices. Estas áreas tecnológicas están estrictamente relacionadas con las fases de la “cadena de suministro” y requieren inversiones específicas para el diseño del producto, normalmente proporcionadas por el comprador.

Además, la producción de automóviles también requiere otras contribuciones tecnológicas importantes, típicamente desarrolladas de manera autónoma por proveedores especializados, que son independientes de los fabricantes de automóviles.

Estas tecnologías están conectadas a los siguientes elementos o subsistemas del vehículo:

(a) Sistemas de tren motriz

– Componentes Mecánicos Estándar de Alta Especialización (pistones, válvulas, bombas de aceite, turbocompresores, etc.)

– Módulos funcionales de alimentación del motor

– Sistemas Funcionales de Agotamiento y Silenciamiento

– Sistemas Térmicos del Motor

– Módulos funcionales de transmisión del tren motriz y componentes especiales

– Elementos de plástico de capacidad hermética a los fluidos

– Componentes del sistema eléctrico del motor

– Sistemas de control electrónico del tren motriz

(b) Sistemas generales de ensamblaje de vehículos

– Instrumentos a bordo y sistemas de información

– Sistemas de aire acondicionado

– Módulos Funcionales de Iluminación y Visión – Módulos de Asiento

– Palancas de apertura y cierre de puertas

– Sistemas de Seguridad para Body Cell (air bag, cinturones de seguridad, etc.)

– Elementos Plásticos de Capacidad Estanco a los Fluidos

(c) Sistemas generales del vehículo

– Neumáticos y Llantas

– Módulos Funcionales y Componentes Especiales del Sistema de Rotura

– Módulos Funcionales de Suspensión y Componentes Especiales

– Módulos funcionales de palanca del volante y componentes especiales

– Módulos funcionales de bomba y depósito de combustible

– Módulos de Suministro de Energía Eléctrica

– Cableado Eléctrico y Conexiones

– Elementos de Equipos Oleo Dinámicos y Neumáticos

– Elemento de Aislamiento Acústico y Térmico

– Sistemas de Control Electrónico de Vehículos

Dichos elementos y sistemas se basan en “soluciones tecnológicas evolucionadas”, cuyo “know-how” generalmente pertenece a empresas especializadas en la producción de componentes; estas empresas pueden abastecer a todos los fabricantes de automóviles a gran escala del mercado, siendo propietarias de departamentos autónomos de I+D. De todos modos, es necesaria una fuerte cooperación entre esas empresas y los fabricantes de automóviles en el caso del desarrollo de proyectos técnicos y la experimentación y homologación en las fases del vehículo.

Es relevante observar que los contenidos eléctricos y electrónicos incluidos en los vehículos han crecido exponencialmente durante la última década, tendencia que probablemente sólo aumentará en el futuro. Al mismo tiempo, la evolución tecnológica de los microchips permitirá reducir el impacto en el costo y la disponibilidad de los productos.

Para completar la visión de la “cadena de suministro” involucrada en los procesos de fabricación del automóvil, también tenemos que hablar de las tecnologías básicas de transformación de materiales que intervienen en la composición estructural del vehículo:

- fundición, laminación, extrusión y refinación de acero
- fundición, laminación, extrusión y refinación de la liga de aluminio
- lanzamiento de la liga de magnesio
- tecnologías de materiales poliméricos simples y reforzados
- laminación, forjado y corte de piezas de vidrio
- tecnologías de materiales de pintura y protección corporal
- tecnologías de lubricación
- tecnologías de conductores eléctricos y fibra óptica
- tecnologías de materiales especiales de acumuladores eléctricos y convertidores catalíticos.
- tecnologías de sistemas de iluminación y reflectores.

Incluso las tecnologías típicas de estos productos requieren conocimientos altamente especializados, reservados para los proveedores. En la fase de diseño, los proveedores son llamados a definir las características de aplicación y transformación de los materiales.

La cantidad total de artículos contribuye a la creciente complejidad de las tecnologías aplicadas en las industrias automotrices. En el establecimiento y gestión de

colaboraciones industriales, es necesario tener una propiedad sistémica, de modo que sea posible aplicar las diferentes especialidades en relación con los objetivos de producto/mercado para generar valor para las empresas.

El siguiente diagrama de composición muestra la incidencia media del peso de la principal materia prima utilizada en la fabricación de automóviles. Son valores indicativos, provenientes de un análisis sobre modelos con mayores volúmenes en la Comunidad Europea en el período 2001/2003, con referencia a la tendencia de los próximos siete/ocho años.

Es posible notar que las ligas de metal y hierro, a pesar de varias reducciones en el pasado, representan más del 75 % del peso total del vehículo, si bien en el futuro su incidencia se reducirá como consecuencia del empleo de aceros de alta resistencia y ligas ligeras (aluminio y magnesio) y, además, materiales plásticos reforzados. Otra tendencia será el crecimiento de la cerámica y los materiales compuestos de matriz metálica, útiles para mejorar la eficacia de los sistemas de transmisión y frenado y reducir las emisiones contaminantes. Con la introducción de la tracción eléctrica e híbrida en el futuro, tendremos un mayor impacto del uso de cobre, silicio y metales especiales para convertidores de catalización y acumuladores eléctricos a largo plazo.

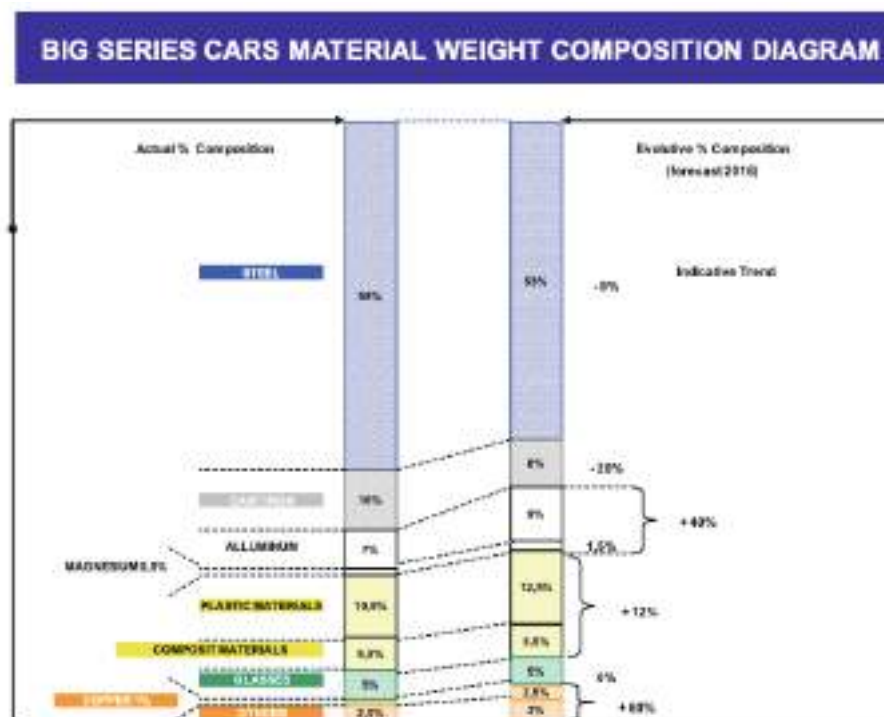


Fig. 1.7 Cars mass production material weight composition diagram

Para los diversos tipos de tecnologías, se resumen las características principales y la configuración del sistema de logística del proceso. También se considera un indicador del nivel de productividad en relación con la escala económica. Esto no implica que se deba alcanzar el nivel máximo de la escala, ya que en el nivel de actividad influyen otras variables (fabricación de automóviles de alta gama para clientes de élite, fabricación de vehículos industriales, etc.).

En primer lugar, se describe el proceso de ensamblaje general final de los automóviles, que normalmente se organiza en cuatro plantas diferentes y separadas con equipos generales autónomos en cada una. Estos pisos de producción están interconectados para garantizar un flujo logístico integrado, con plazos de entrega y stocks mínimos.

Los bloques anteriores incluyen:

- (a) impresión de las principales piezas de chapa de la carrocería (taller de prensa)
- (b) montaje y acabado de carrocerías en bruto (carrocería en taller blanco)
- (c) revestimiento protector y pintura de las carrocerías (taller de pintura)
- (d) cubierta y ensamblaje final de vehículos (taller de ensamblaje general)
- (e) pruebas funcionales, líneas de venta y entrega (área de prueba y entrega).

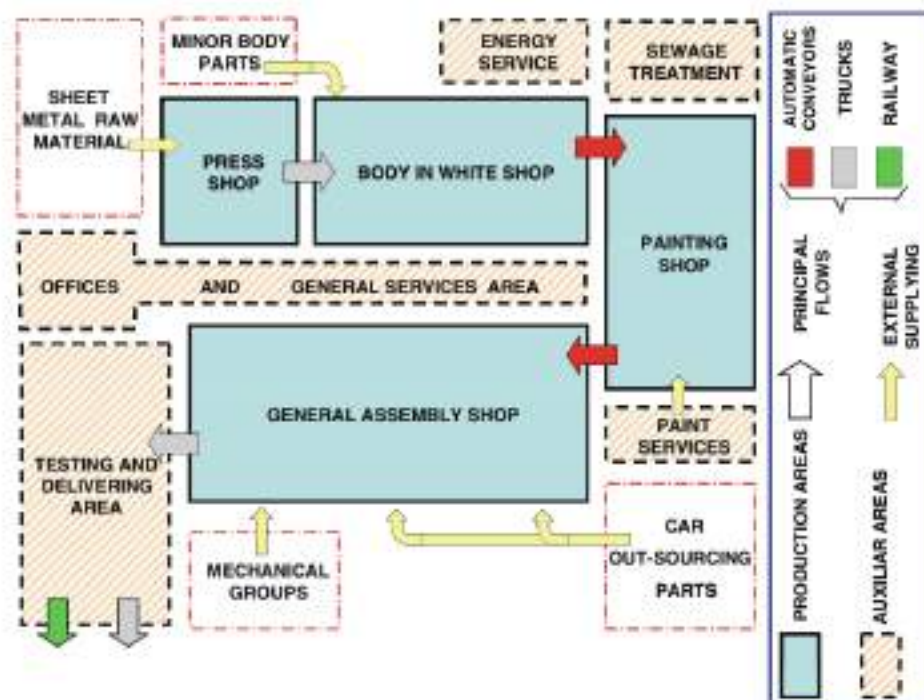


Fig. 1.8 General layout for a car assembly plant

8.3. Etapa 1: proceso de estampado en frío y soldadura

8.3.1. Acero bajo en carbono

El primer paso del proceso productivo es tomar los rollos de acero con grúas y se los coloca en posición para cortarlos de acuerdo a los troqueles de las prensas.

Para este Proyecto Final de Ingeniería se analizará el proceso partiendo de las prensas, para la cual las láminas de acero ya se encontrán cortadas en las medidas adecuadas para los troqueles.

La materia prima principal de esta parte del proceso productivo es el acero bajo en carbono, el cual es una aleación férrea cuyo principal componente es el hierro, y son las que más se producen por su amplia gama de aplicaciones.

Este uso generalizado se debe a tres factores:

- en la corteza de la tierra abundan los compuestos de hierro,
- los aceros se fabrican mediante técnicas de extracción, afino, aleación y conformación relativamente económicas,
- las aleaciones férreas son extremadamente versátiles, ya que se pueden adaptar para que tengan una gran variedad de propiedades físicas y mecánicas.

El principal inconveniente de las aleaciones férreas es la susceptibilidad a la corrosión. Los aceros son aleaciones hierro-carbono con concentraciones apreciables de otros elementos aleantes.

Existen miles de aceros que tienen distintas composiciones y/o tratamientos térmicos. Las propiedades mecánicas dependen del contenido en carbono, que suele ser inferior al 1%. Los aceros más comunes se clasifican según el contenido en carbono: bajo, medio y alto en carbono. Además, en cada grupo existen subclases de acuerdo con la concentración de otros elementos de aleación.

Los aceros al carbono sólo contienen concentraciones residuales de impurezas distintas al carbono. En los aceros aleados, los elementos de aleación se añaden intencionadamente en concentraciones específicas.

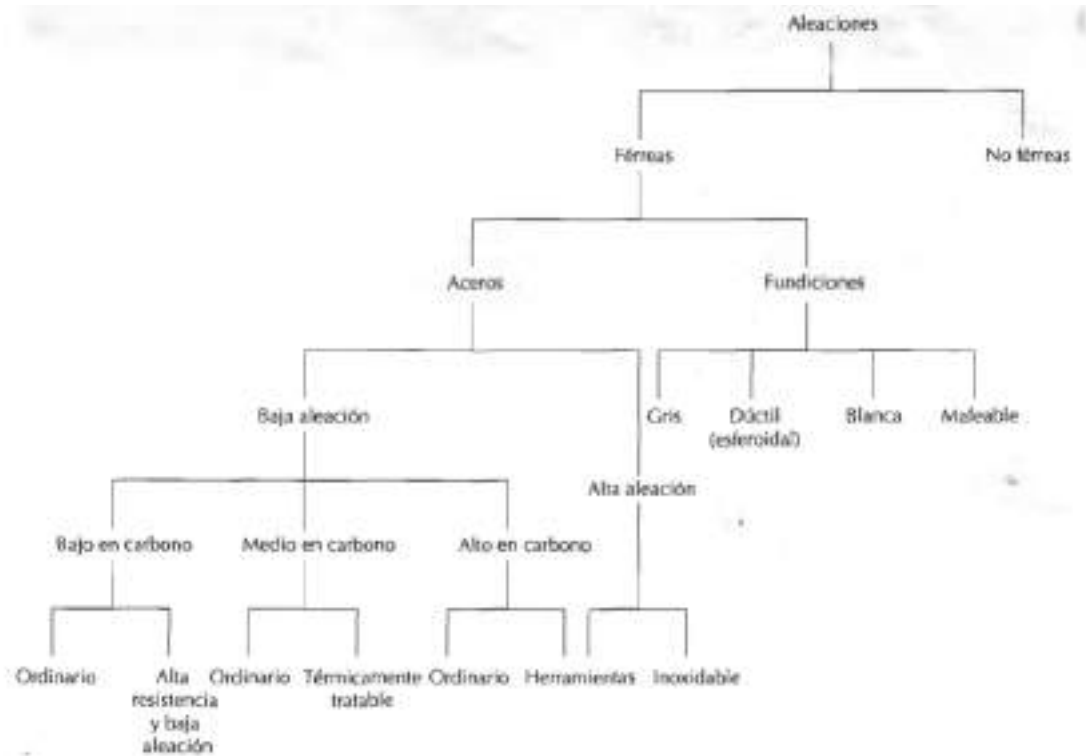


Figura 12.3 Clasificación de varias aleaciones férricas.

William D. Callister, Ciencia e ingeniería de los materiales, Editorial Reverté, S.A.

La mayor parte de todo el acero fabricado es bajo en carbono. Este tipo de acero contiene menos del 0,25%C, no responde al tratamiento térmico para formar martensita y es endurecible por acritud. La microestructura consiste en ferrita y perlita, su estructura entonces es ferrítica con poca perlita. Como consecuencia, estos aceros son relativamente blandos y poco resistentes, pero con extraordinaria ductilidad y tenacidad. Además, son de fácil mecanizado, soldables y baratos. Se utilizan para fabricar carrocerías de automóviles, vigas (en forma de I, canales y ángulos) y láminas para construir tuberías, edificios, puentes y latas estañadas. Las Tablas 12.1a y 12.1b del libro “Ciencia e ingeniería de materiales” del autor Callister, indican las composiciones y las propiedades mecánicas de varios aceros bajos en carbono, respectivamente. Estos aceros suelen tener un límite elástico de 275 MPa, una resistencia a la tracción comprendida entre 415 y 550 MPa y una ductilidad del 25% EL.

Otro grupo de aceros bajos en carbono está constituido por los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), que contienen elementos de aleación como cobre, vanadio,

níquel y molibdeno en concentraciones combinadas de aproximadamente el 10% en peso y poseen mucho mayor resistencia mecánica que los aceros bajos en carbono. Se aumenta la resistencia por tratamiento térmico y el límite elástico excede de 480 MPa; además son dúctiles, hechurables y mecanizables: en la Tabla 12.1 se destacan algunos. En el ambiente atmosférico, los aceros HSLA son más resistentes a la corrosión que los aceros al carbono, a los que suelen reemplazar en muchas aplicaciones donde la resistencia mecánica es crítica: puentes, torres, columnas de soporte de altos edificios y recipientes a presión.

Tabla 12.1a Composiciones de cinco aceros bajos en carbono y de tres aceros de baja aleación y alta resistencia

Designación ^a		Composición (% en peso) ^b		
AISI/SAE o número ASTM	Número UNS	C	Mn	Otros
Aceros bajos en carbono				
1010	G10100	0,10	0,45	
1020	G10200	0,20	0,45	
A36	K02600	0,29	1,00	0,20 Cu (mín)
A516 Grado 70	K02700	0,31	1,00	0,25 Si
Aceros de baja aleación y alta resistencia				
A440	K12810	0,28	1,35	0,30 Si (máx), 0,20 Cu (mín)
A633 Grado E	K12002	0,22	1,35	0,30 Si, 0,08 V, 0,20 N, 0,03 Nb
A656 Grado 1	K11804	0,18	1,60	0,60 Si, 0,1 V, 0,20 Al, 0,015 N

^a El código utilizado por el American Iron and Steel Institute (AISI), la Society of Automotive Engineers (SAE) y la American Society for Testing and Materials (ASTM) y el sistema numérico uniformado (UNS) se explican en el texto.

^b También (salvo indicación contraria) los siguientes elementos con composición máxima: 0,04% P, 0,05% S y 0,30% Si.

Fuente: Adaptada de *Metals Handbook: Properties and Selection, Iron and Steels*, Vol.1, 9ª edición. B. Bardes (Editor), American Society for Metals, 1978, pp. 185, 407.

Tabla 12.1b Características mecánicas de material laminado en caliente y aplicaciones típicas de aceros de bajos en carbono y aceros de alta resistencia y baja aleación

AISI/SAE o número ASTM	Resistencia a la tracción [psi × 10 ³ (MPa)]	Límite elástico [psi × 10 ³ (MPa)]	Ductilidad (% EL en 2 pulg.)	Aplicaciones típicas
Aceros bajos en carbono				
1010	47 (325)	26 (180)	28	Paneles de automóvil, clavos y alambre
1020	55 (380)	30 (205)	25	Tubos; aceros laminados y estructurales
A36	58 (400)	32 (220)	23	Estructurales (puentes y edificios)
A516 Grado 70	70 (485)	38 (260)	21	Recipientes a presión a baja temperatura
Aceros de baja aleación y alta resistencia				
A440	63 (435)	42 (290)	21	Estructuras atornilladas o remachadas
A633 Grado E	75 (520)	55 (380)	23	Estructuras utilizadas a bajas temperaturas
A656 Grado 1	95 (655)	80 (552)	15	Bastidores de camiones y vagones de tren

Fuente: Adaptada de *Metals Handbook: Properties and Selection, Iron and Steels*, Vol.1, 9ª edición. B. Bardes (Editor), American Society for Metals, 1978, pp. 190, 192, 405, 406.



Aplicaciones de aceros bajos en carbono.

Los aceros bajos en carbono se someten a procesos de endurecimiento, los cuales son:

- Deformación en frío
- Refinamiento en grano
- Precipitación (microaleantes)

Los mecanismos de endurecimiento tiene el objetivo de dificultar el movimiento de dislocaciones a nivel molecular, en el desarrollo de la ingeniería metalúrgica y de materiales se suele solicitar el diseño de aleaciones con alta resistencia pero también cierta ductilidad y tenacidad, ya que , normalmente, se sacrifica la ductilidad al endurecer una aleación. Varias técnicas de refuerzo se hallan a disposición de la ingeniería y, frecuentemente, la selección de la aleación depende de la capacidad de un material para ser elaborado a medida, es decir, con las características mecánicas exigidas para una determinada aplicación.

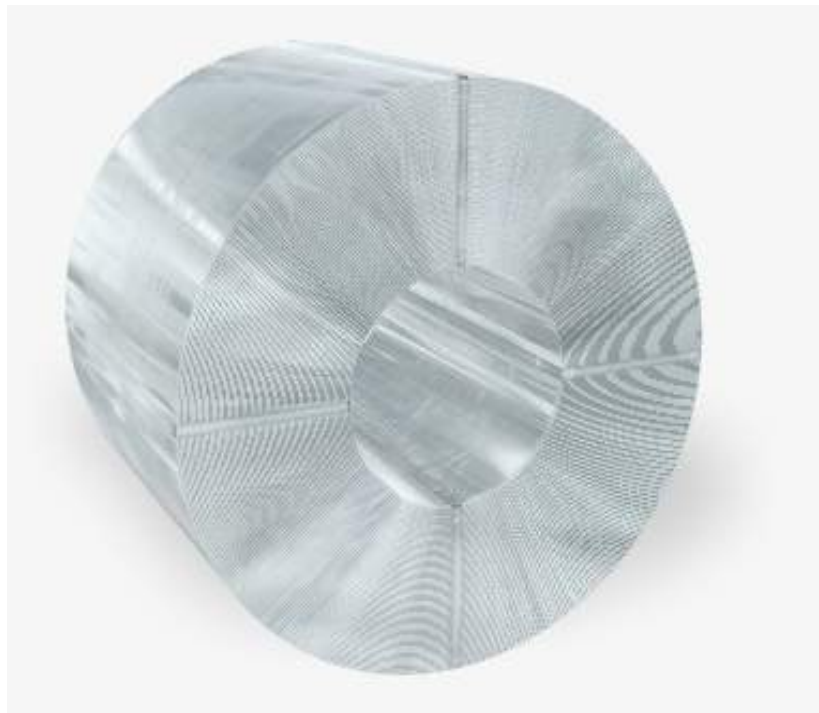


Dado que la capacidad de un metal para deformarse plásticamente depende de la capacidad de las dislocaciones para moverse. Todos los mecanismos de endurecimiento se basan en la restricción y el impedimento del movimiento de las dislocaciones lo que culmina en convertir al material en más duro y resistente.

A la hora de elegir el acero a utilizar para la industria automotriz los factores que juegan un rol central son la resistencia, durabilidad, liviano y seguro.

La empresa Ternium ofrece una amplia variedad de aceros para la industria automotriz, que cumplen con todas las certificaciones que avalan la calidad de los procesos y productos, como las normas IATF 16949 y la ISO 90001. Dispone de dos procesos de recubrimiento:

1. Galvanizado: Recubrimiento a base de zinc que prolonga la vida útil del producto y evita la corrosión.
2. Galvanneal: Recubrimiento a base de zinc y fierro que brinda mejor soldabilidad, pintabilidad y mejor adherencia del recubrimiento.





		Producto / Product			
Grado / Grade		Laminado en caliente / Hot rolled steel	Laminado en frío / Cold rolled steel	Galvanizado / Hot dip galvanized	Galvanneal / Galvanneal
Troquelables / Casting	OQ	*	*	*	*
	FS	*	*	*	*
	DQ	*	*	*	*
	DDQ	*	*	*	*
	EDDQ	*	*	*	*
	SEDDQ	*	*	*	*
Resistente a abolladuras / Dent Resistance	180BH		*	*	*
	210BH		*	*	*
	180P		*	*	*
	210P		*	*	*
Alta Resistencia / High Strength / Low Alloy	240LA	*	*	*	*
	260LA	*	*	*	*
	280LA	*	*	*	*
	300LA	*	*	*	*
	340LA	*	*	*	*
	380LA	*	*	*	*
	420LA	*	*	*	*
	500LA	*	*	*	*
	550LA	*			
	620LA	*			
700LA	*				
Avanzados de Alta Resistencia / AHSS	FB540	*		*	*
	FB590	*		*	*
	FB780	*		*	*
	DP590	*		*	*
	DP780	*		*	*
	DP980	*		*	*
	CP800	*			
Ultra Alta Resistencia / UHSS	PHS1500	*	*		

8.3.2. Materiales metálicos alternativos para la carrocería

Después de la Segunda Guerra Mundial, el impulso para producir una estructura más eficiente para los automóviles de pasajeros condujo al desarrollo de formas de construcción semiintegrales. Estos conservan una estructura de chasis fuerte pero, al montar la carrocería de una manera más rígida, se requiere que esta última soporte una proporción de las cargas aplicadas. Por supuesto, la carrocería debe diseñarse para soportar estas cargas y debe prestarse aún más atención a los puntos de montaje entre el bastidor y la carrocería debido a la importante transmisión de fuerza entre las dos estructuras. Además, los vehículos semiintegrales siguen siendo relativamente pesados y deben ensamblarse cuidadosamente con tolerancias estrictas, ya que las pequeñas desalineaciones pueden aumentar considerablemente las concentraciones de tensión cerca de los puntos de montaje. La forma final en el desarrollo de la estructura de los automóviles de pasajeros producidos en masa fue la aparición de formas de construcción unitarias o integrales. Como sugiere el nombre, estos vehículos no tienen un chasis separado perceptible y toda la carrocería está diseñada como una unidad integral capaz de reaccionar a las cargas aplicadas y proporcionar la rigidez necesaria al vehículo. Esta forma de construcción produce una estructura que es verdaderamente 3D en la forma en que se deforma y soporta la carga.



Fig. 4.2 Aluminium integral body shell during manufacture.
Reproduced with kind permission of Jaguar Land Rover © Jaguar Land Rover Ltd

Por lo tanto, puede diseñarse para que sea significativamente más liviano que los vehículos tradicionales con estructura de chasis debido a la profundidad relativamente grande de las estructuras fabricadas que se usan para resistir las cargas de flexión y torsión. Sin embargo, dado que estas estructuras se fabrican convencionalmente a partir de chapas de acero o aluminio relativamente delgadas, muy a menudo tienen que reforzarse con refuerzos o fabricarse por secciones. Esto requiere herramientas y técnicas de ensamblaje complejas, cuyo costo solo puede justificarse para vehículos producidos en masa.

Además de los vehículos con estructura integral de acero bajo en carbono como es el caso de este Proyecto Final de Ingeniería y, más recientemente, de aluminio producidos en masa, existen varias formas alternativas de construcción para vehículos de pasajeros más especializados y de bajo volumen. Estos van desde el chasis convencional más la carrocería separada que se usa en los autos deportivos tradicionales como el Morgan, hasta la construcción de aluminio más compuesto de alta tecnología que se emplea en los vehículos deportivos de alto rendimiento más recientes, como los fabricados por Lotus. Compuestos que consisten de un epoxi termoendurecible o una resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio se han utilizado durante mucho tiempo en la construcción de piezas de carrocería para automóviles deportivos de nicho (o como reemplazos de piezas de acero corroídas en vehículos producidos en masa). Recientemente, se han introducido compuestos más avanzados que utilizan una matriz termoplástica más dura y fibras más fuertes y rígidas, como el carbono o el Kevlar, como miembros de carga en autos deportivos y otros vehículos especializados. Por supuesto, la estructura de la carrocería de los autos F1 Grand Prix y similares se basa casi exclusivamente en el uso de materiales compuestos de fibra de carbono para brindar la excepcional rigidez, resistencia y ligereza de estos vehículos.

Los requisitos obligatorios para que los fabricantes de vehículos reduzcan las emisiones medias de CO_2 de su flota han dado lugar no solo a desarrollos en sistemas de propulsión como motores de combustión interna reducidos y propulsores híbridos/eléctricos, sino también a una fuerte motivación para reducir el peso de los vehículos. La masa reducida del vehículo reduce el consumo de combustible y mejora el rendimiento de aceleración/desaceleración/manejo. También puede reducir los daños a las superficies de las carreteras y, en general, mejora la seguridad vial porque se reduce la energía cinética de los vehículos. Incluso los vehículos comerciales pueden beneficiarse de la construcción de chasis

livianos porque los transportistas pueden aumentar la carga útil para un peso bruto del vehículo (GVW) específico.

En términos de formas integrales de construcción, se han introducido aceros libres de intersticios (aleados con pequeñas cantidades de titanio para eliminar el carbono de los sitios intersticiales) para reducir el grosor y, por lo tanto, el peso de los paneles de la carrocería.

Los aceros de baja aleación y alta resistencia (HSLA) (aleados con manganeso para aumentar la resistencia y con niobio/vanadio para proporcionar refinamiento de grano) también se han utilizado ampliamente. Más recientemente, se han introducido aceros avanzados de alta resistencia (AHSS) debido a sus propiedades mecánicas mejoradas, incluido un buen comportamiento de absorción de energía de impacto (excepto los aceros de muy alta resistencia que son relativamente frágiles). Estos AHSS suelen incluir fases de acero duro, como martensita, bainita o austenita, además de la microestructura de ferrita/perlita más habitual. El esfuerzo de fluencia mejorado resultante permite que se reduzcan aún más los espesores de los paneles, pero también causa dificultades de fabricación debido a la ductilidad reducida y las altas cantidades de energía elástica almacenada que pueden exacerbar problemas tales como el “recuperamiento elástico” después de las operaciones de conformado (recuperación elástica es la tendencia de un panel prensado para volver a su forma original después de la operación de formado).

Una forma de mitigar las dificultades de formación es el uso de espacios en blanco soldados a medida (TWB). Estos consisten en múltiples láminas de diferentes formas y espesores que se sueldan y luego se presionan hasta obtener la forma requerida. Esto significa que el grosor se puede mejorar donde sea necesario para la rigidez estructural, pero en otros lugares se puede hacer más delgado para mejorar la formabilidad y reducir aún más el peso. La optimización de los beneficios de los TWB requiere una comprensión y un análisis detallados de la carga en servicio de la carrocería. También se requiere conocimiento de las propiedades de conformabilidad relevantes de los materiales, así como de sus costos.

En los últimos años, se ha prestado mucha atención en la gama alta del mercado a la sustitución de las carrocerías de acero por una aleación de aluminio que tiene una densidad mucho menor (alrededor de 2700 kg/m³ en comparación con los 7800 kg/m³ del acero).

Al igual que con el acero, hay muchos grados diferentes de aleación de aluminio y diferentes tratamientos térmicos son posibles para dar una amplia gama de propiedades del material con límites elásticos que varían desde alrededor de 70 MPa hasta 700 MPa después del endurecimiento por envejecimiento.

Al igual que con cualquier material metálico, las aleaciones de mayor límite elástico tienen menor ductilidad y, por lo tanto, son más difíciles de formar. Por esta razón, las carrocerías avanzadas a menudo emplean una mezcla de láminas prensadas, componentes de aluminio extruido y fundido, como en el diseño de Audi que se muestra en la siguiente imagen, que utiliza componentes de acero, compuestos de fibra de carbono e incluso magnesio, así como aluminio para formar una estructura híbrida que puede considerarse como un marco espacial.

Tanto las aleaciones de aluminio como las de magnesio pueden ser fundición a presión (con o sin asistencia de vacío) que produce piezas complejas con buenas propiedades, especialmente en relación con la carga dinámica.

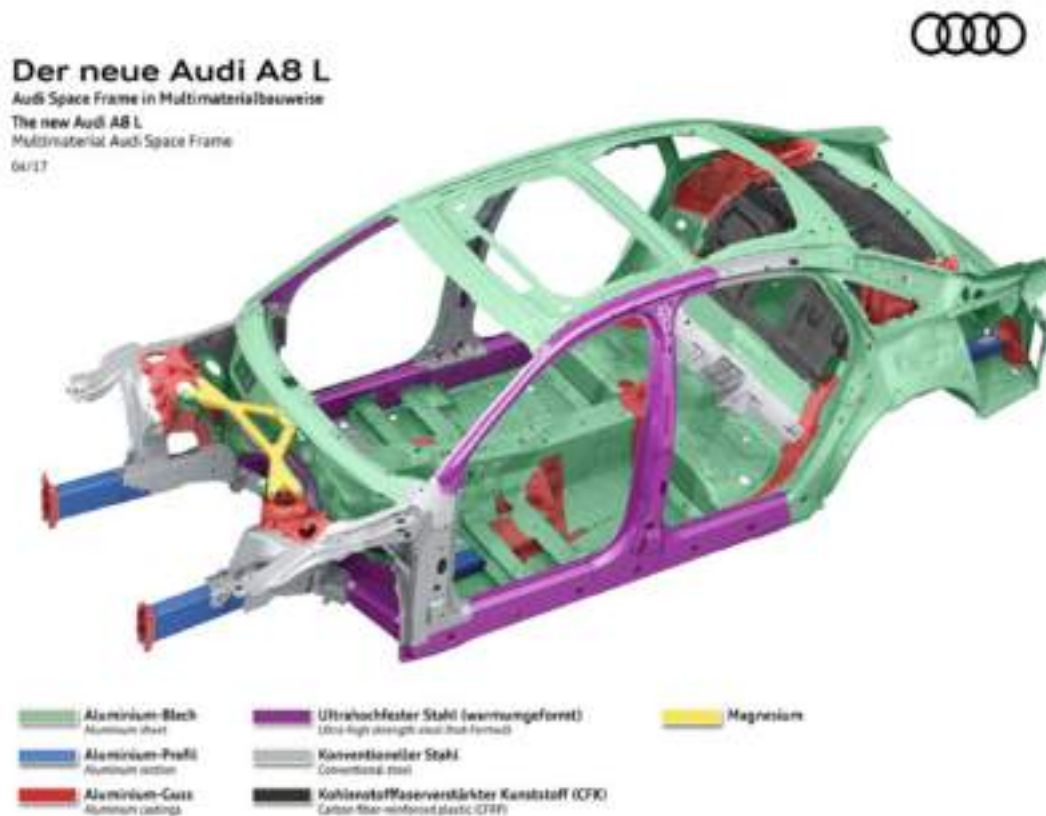


Fig. 4.4 Audi A8 multi-material body shell.
Reproduced with kind permission of Audi © Audi AG

Las aleaciones de aluminio pueden soldarse con láser, por puntos o con gas inerte metálico (MIG) y también son muy adecuadas para la unión adhesiva. Las aleaciones de mayor resistencia (por ejemplo, la serie 6000 comúnmente utilizada en aplicaciones aeroespaciales) se utilizan cada vez más, a menudo con composiciones de endurecimiento rápido para que el endurecimiento por envejecimiento pueda ocurrir durante los procesos de recubrimiento o pintura. Los desarrollos en las propiedades de las aleaciones fundidas han llevado a considerar el aluminio para aplicaciones exigentes, como los rieles longitudinales de impacto frontal que se muestran en azul en la figura anterior e incluso en los rotores de freno donde actualmente se usan materiales ferrosos pesados.

Además de su mayor costo en comparación con el acero, otro problema con el aluminio es que es más difícil de reciclar. Una vez más, se han desarrollado aleaciones y procesos especiales para facilitar el reciclaje, por ejemplo la aleación RC5754 utilizada ampliamente por Jaguar Land Rover en carrocerías, como se muestra en la Fig. 4.2, contiene hasta un 50 % de material reciclado. De hecho, Jaguar pretende utilizar un 75 % de material reciclado en sus carrocerías de aluminio en un futuro próximo.

Junto con los desarrollos en materiales metálicos de alto rendimiento, los compuestos de matriz polimérica se utilizan cada vez más en estructuras de chasis. En los últimos 10 años más o menos, la fibra de vidrio de baja tecnología y bajo costo y las tecnologías de fibra de carbono de alta tecnología y más costosas han convergido para que los compuestos de alto rendimiento se hayan convertido en una opción asequible para las partes de la carrocería en los autos de carretera normales. Ahora existe una amplia variedad de tipos de refuerzo (fibras de carbono, vidrio o aramida cortas o continuas, alineadas aleatoriamente o completamente) en matrices de polímeros termoendurecibles (epoxi, poliéster, viniléster) y termoplásticos (PP, PEEK). Los procesos de producción de compuestos se han vuelto más automatizados con tiempos de ciclo mucho más cortos. Entre estos procesos destaca el moldeo por transferencia de resina (RTM), mediante el cual las preformas de refuerzo de fibra se infiltran con polímero líquido en condiciones cuidadosamente controladas para lograr la forma neta casi final en un tiempo de ciclo corto.

Dado que es probable que las carrocerías compuestas completas sigan siendo la reserva de los autos deportivos y de carreras de alto rendimiento, un problema para más vehículos producidos en masa es la unión de un componente compuesto con sus vecinos

metálicos dentro de una carrocería híbrida. Dado que los compuestos generalmente no se pueden soldar, la técnica de unión obvia es la unión adhesiva, pero tales uniones deben diseñarse y probarse cuidadosamente para demostrar su integridad. Una alternativa es incorporar dispositivos de fijación de metal dentro del compuesto durante el proceso de fabricación.

El diseñador de estructuras de vehículos modernos se enfrenta a una amplia variedad de diferentes materiales y técnicas de fabricación. La carrocería completa no sólo debe ser ligera y lo suficientemente rígida y resistente, sino que también debe ser barata y relativamente fácil de fabricar. También tiene como objetivo proteger a los ocupantes del vehículo y otros usuarios de la carretera de lesiones graves durante los accidentes de tráfico. Desde un punto de vista ambiental, es importante reducir el peso del vehículo y al mismo tiempo mejorar la huella de carbono y la reciclabilidad de los materiales utilizados en su construcción. Existen técnicas avanzadas de simulación por computadora que permiten a los diseñadores predecir tanto la capacidad de fabricación como el rendimiento en carretera de los materiales y componentes seleccionados. En general, con esta elección aparentemente interminable de materiales y técnicas de fabricación, es un momento emocionante y desafiante para el diseñador de estructuras de vehículos.

8.3.3. Conformación metálica

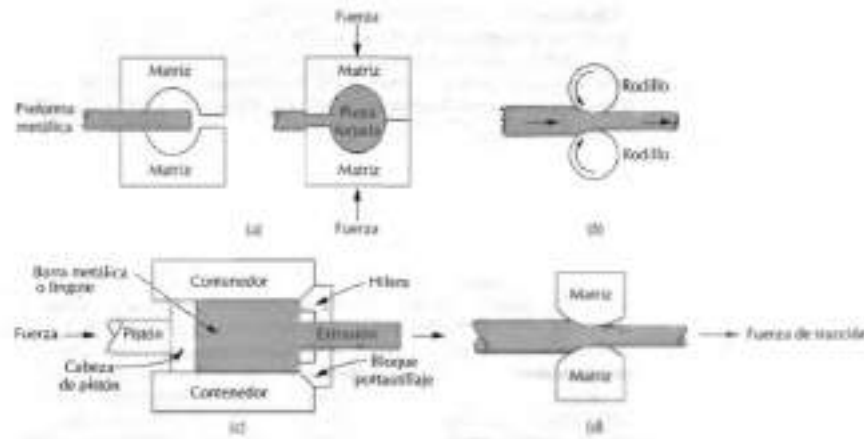
El estampado o estampación es un tipo de proceso de fabricación por el cual se somete un metal a una carga de compresión entre dos moldes.

La carga puede ser una presión aplicada progresivamente o una percusión, para lo cual se utilizan prensas y martinets. Los moldes, son estampas o matrices de acero, una de ellas deslizante a través de una guía (martillo o estampa superior) y la otra fija (yunque o estampa inferior). En resumen, es un proceso de fabricación que consiste en hacer caer un peso sobre una plancha metálica de acero bajo en carbono para el caso de esta aplicación. La plancha metálica entonces toma la forma de las matrices que tiene por encima y por debajo de ella, actualmente se pueden estampar piezas hechas con chapas de distinto grosor, previamente soldadas entre sí. El estampado es una de las tareas de mecanizado más fáciles que existen, y permite un gran nivel de automatismo del proceso cuando se trata de realizar grandes cantidades de un producto.

Es un proceso de elaboración de piezas metálicas o no, a partir de su forja, para obtener formas y tamaños de mayor exactitud, empleando las prensas. La forja forma es una de las técnicas de hechurado, las operaciones de hechurado cambian la forma de una preforma metálica por deformación plástica.

Las técnicas de hechurado más utilizadas son:

- a) Forja
- b) Laminación
- c) Extrusión
- d) Trefilado



En la forja, la deformación se lleva a cabo mediante una fuerza o tensión externa, cuya magnitud debe exceder al límite elástico del material. La mayoría de los materiales metálicos son susceptibles al hechurado, puesto que son moderadamente dúctiles y capaces de experimentar deformación permanente sin romperse.

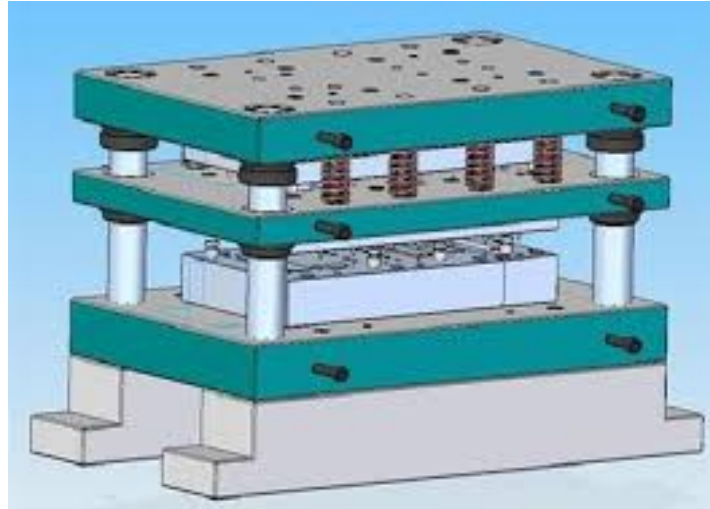
Si la deformación plástica se realiza a temperatura superior a la de recristalización, el proceso se denomina hechurado en caliente, de lo contrario, se denomina hechurado en frío. La mayoría de las técnicas de hechurado pueden trabajar en caliente y en frío. En el hechurado en caliente se generan grandes deformaciones puesto que el metal permanece blando y dúctil y es posible la sucesiva repetición. Además la energía necesaria para la deformación es menor que en el hechurado en frío. Sin embargo, la mayoría de los metales experimentan alguna oxidación superficial, lo que origina pérdida de material y mal acabado superficial.



El hechurado en frío aumenta la resistencia y disminuye la ductilidad, ya que el metal adquiere acritud; las ventajas con respecto al hechurado en caliente son: alta calidad del acabado superficial, mejores propiedades mecánicas, y más variadas, y gran control dimensional de la pieza acabada. A veces la deformación total se alcanza con una serie de etapas en las que la pieza se deforma en cierta extensión y luego se recuece; sin embargo, éste es un procedimiento caro y laborioso.

Durante cualquier proceso de forja de material se aplica súbitamente una fuerza a dos semimatrices en cuyo interior está alojada la preforma, de modo que se deforma ocupando la cavidad que dejan las matrices. Las piezas forjadas tienen una extraordinaria microestructura y la mejor combinación de propiedades mecánicas.

Para este caso donde el proceso de estampado se utiliza para producir el chasis del auto se utiliza la técnica de estampado en frío, que se realiza con el material a menor temperatura que la temperatura de recristalización, por lo que se deforma el grano durante el proceso, obteniendo anisotropía en la estructura microscópica. Suele aplicarse a piezas de menor espesor que cuando se trabaja en caliente, usualmente chapas o láminas de espesor uniforme, como es el caso del chasis del auto. El procedimiento de estampado brinda mayores precisiones y rendimientos que el de forjado con matriz abierta. En este forjado con estampa se reducen los sobre espesores que se necesitan para el mecanizado de la pieza, así como las tolerancias que se dan a las dimensiones de las piezas forjadas. También se logra una disposición adecuada de la fibras del material, para con ello elevar su resistencia mecánica.



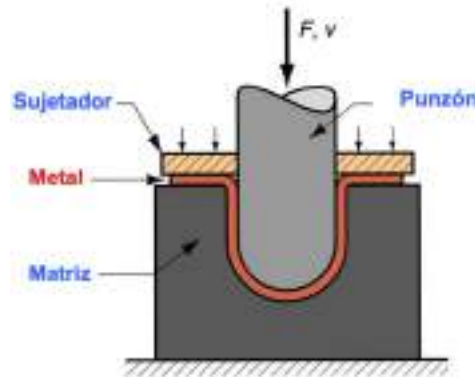
La principal deficiencia de este método está en el elevado costo del procedimiento, por lo que se aplica a las producciones en serie o en masa como es el caso de la industria automotriz. Las principales operaciones de estampación en frío son:

- Troquelado: punzonado (realización de agujeros), corte (separación de piezas de una chapa) o acuñación.
- Embutido: Deformación por flexión entre matrices: curvado, plegado o arrollado.

Los materiales utilizados en la estampación en frío son dúctiles y maleables, como el acero de baja aleación, las aleaciones de aluminio (preferentemente al magnesio, sin cobre), el latón, la plata y el oro.

Por supuesto, para esta parte del proceso se usará la operación de embutido, Transformación de una lámina plana de metal en una forma hueca o cóncava, como una copa, mediante el estirado del metal y se realiza por deformación plástica.

Se coloca una lamina de metal sobre la cavidad de una matriz y empujando el metal hacia la cavidad de este con un punzón, la forma debe aplanarse contra la matriz por un sujetador de formas.



8.3.4. Requerimientos estructurales del chasis y la rigidez torsional

Los requisitos estructurales de cualquier estructura de vehículo se pueden resumir de la siguiente manera:

1. La estructura debe ser lo suficientemente rígida para reaccionar a las cargas estáticas (es decir, principalmente debidas al peso muerto) y cargas dinámicas (es decir, principalmente debidas a la conducción sobre terreno accidentado y maniobras de manejo) sin deformación excesiva.

2. La estructura debe ser lo suficientemente resistente para resistir muchos ciclos de la carga aplicada sin sufrir fatiga u otras formas de falla del material.

3. La estructura debe deformarse de tal manera bajo condiciones de carga de impacto para minimizar el riesgo de lesiones a los ocupantes y otros usuarios de la vía.

El primer trabajo de cualquier diseñador de estructuras de vehículos es asegurarse de que el requisito 1 se cumpla, ya que esto depende críticamente del diseño estructural general y determina cómo se manejará el vehículo durante las maniobras normales y extremas. Básicamente, para que el sistema de suspensión realice las tareas para las que está diseñado, sus puntos de montaje deben permanecer lo más estacionarios posible con respecto al sistema de ejes del vehículo. Hay tres categorías principales de carga dinámica que tienden a deformar la estructura del vehículo en torno a estos puntos de montaje:

- i. Las cargas de torsión, como cuando una rueda golpea un bache en la carretera y la carga de suspensión adicional en esa esquina del automóvil se transmite a través de la estructura del vehículo.

ii. Cargas de flexión, como cuando ambas ruedas de un eje golpean un bache o un bordillo simultáneamente.

iii. Cargas longitudinales/laterales debidas a efectos de inercia en condiciones de tracción, frenado y/o curvas, incluidos los efectos en el plano de colisiones e impactos menores.

Aunque en principio estos tres tipos de carga pueden actuar simultáneamente, el primero de estos es el más significativo y el último relativamente poco importante en términos de la estructura del chasis en sí. Por lo tanto, la rigidez torsional de la estructura es quizás el parámetro más importante a considerar en las etapas iniciales del diseño de un chasis. Normalmente se mide o calcula fijando los puntos de montaje de la suspensión en tres esquinas del automóvil y aplicando una carga vertical en la cuarta esquina como se indica en la segunda imagen.

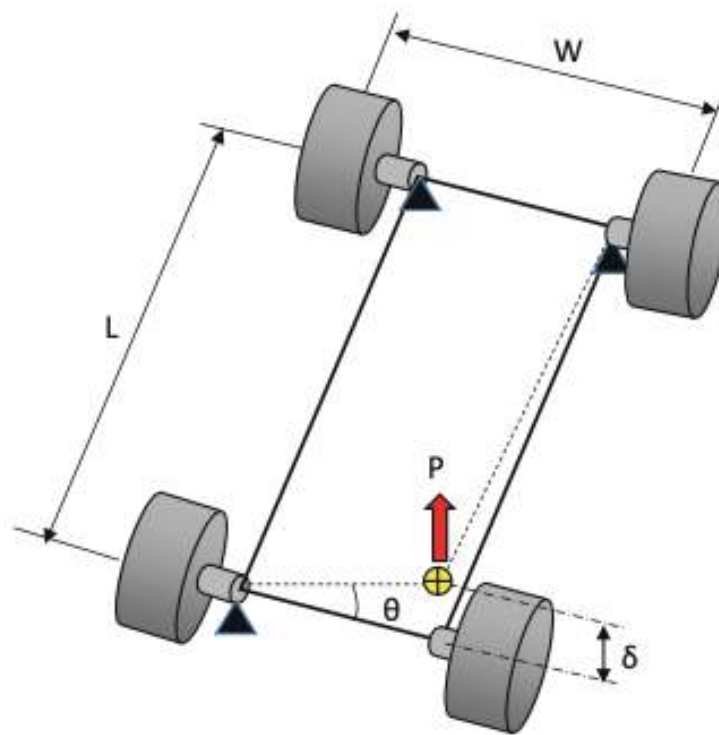


Fig. 4.5 Calculation of chassis torsional stiffness

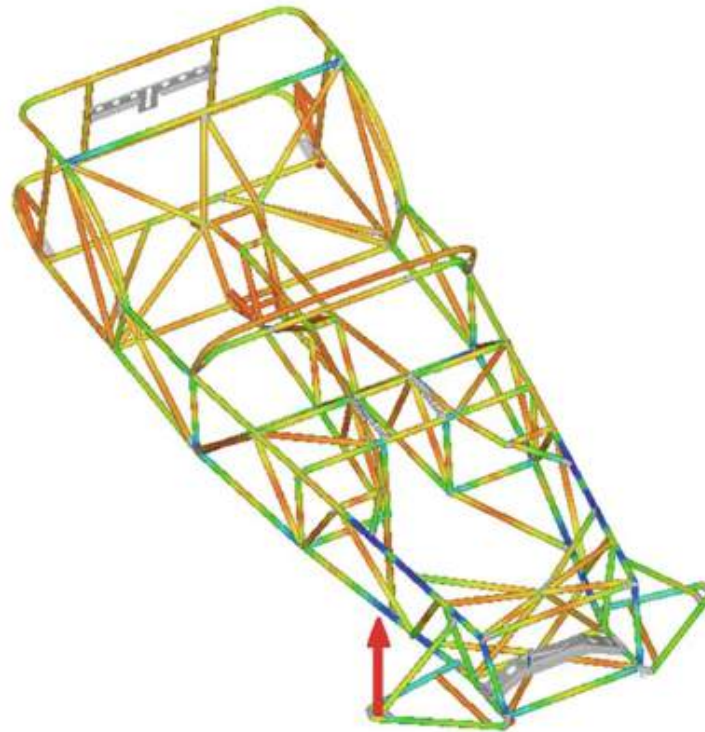


Fig. 4.6 Computer simulation of space-frame chassis under torsional loading.
Reproduced with kind permission of Simpack Engineering © Simpack Engineering Ltd



Fig. 4.7 Torsional test of space-frame chassis.
Reproduced with kind permission of Simpack Engineering © Simpack Engineering Ltd.

El torque aplicado T dividido por el ángulo de giro θ , K_t es la rigidez torsional dada por la siguiente ecuación:

$$K_t = \frac{T}{\theta} = \frac{P \cdot W}{\frac{\delta}{W}} = \frac{P \cdot W^2}{\delta}$$

Aunque es deseable una alta rigidez torsional, normalmente hay una penalización de peso involucrada en la rigidez de la estructura de un vehículo. Por lo tanto, un parámetro adecuado para optimizar en la etapa de diseño es la rigidez torsional por unidad de peso. Además, una rigidez muy alta puede dar lugar a problemas de NVH con poca atenuación de las variaciones de carga de la suspensión que surgen al circular por carreteras en mal estado y problemas en los puntos de apoyo de los miembros más flexibles de la carrocería.

En la figura 4.6 se muestra una simulación por computadora de un marco espacial típico bajo carga torsional. El mismo chasis bajo prueba de torsión en el laboratorio se muestra en la Fig. 4.7. Tenga en cuenta cómo se carga el chasis a través de los miembros de la suspensión delantera, pero los amortiguadores se han reemplazado por puntales rígidos. La característica única de este chasis espacial de automóvil deportivo en particular es que utiliza uniones soldadas de doble conificado en todas partes, lo que permite reducir el espesor del tubo donde corresponda y minimizar el peso total del chasis, aunque a un mayor costo de material y fabricación.

En términos generales, si la estructura de un automóvil es suficientemente rígida a la torsión, será adecuada a la flexión. Además, las tensiones en los elementos estructurales individuales durante las condiciones normales de conducción serán bajas. Sin embargo, el requisito dos de la lista anterior (es decir, maximizar la vida útil a la fatiga) sigue siendo una prioridad para el diseñador de la estructura, ya que las concentraciones de tensión pueden provocar el agrietamiento del material o incluso la falla, particularmente en conexiones soldadas por puntos o atornilladas. El tercer y último requisito (es decir, garantizar que el vehículo sea resistente a los choques) a menudo genera conflictos porque una estructura fuerte y rígida puede no poseer las capacidades de absorción de energía necesarias.

8.3.5. Seguridad ante impacto y cálculo de la desaceleración promedio del vehículo hacia la parte trasera de la zona de aplastamiento

La seguridad de los vehículos se puede dividir en seguridad primaria (a veces denominada “activa”) y secundaria (“pasiva”). La seguridad primaria implica la prevención de accidentes y colisiones y es la preocupación de los diseñadores de los sistemas de suspensión y frenado en particular. El control avanzado del chasis (ACC) y el freno antibloqueo (ABS) son dos sistemas que se han desarrollado para mejorar la seguridad principal. La seguridad secundaria se ocupa de minimizar el riesgo de lesiones para los ocupantes del vehículo y otros usuarios de la carretera en caso de que ocurra un accidente.

Es responsabilidad del diseñador de la estructura del vehículo asegurarse de que el vehículo tiene suficiente capacidad de absorción de energía y "resistencia a choques" general para cumplir con la legislación cada vez mayor y las demandas impulsadas por los clientes.

Los códigos legislativos más importantes que afectan el diseño internacional de vehículos son los Estándares Federales de Seguridad de Vehículos Motorizados (FMVSS) que se aplican a todos los vehículos vendidos. Las evaluaciones no reglamentarias también existen en muchas jurisdicciones bajo el título de NCAP (Programas de evaluación de automóviles nuevos). Aunque no es obligatorio pasar las diversas pruebas NCAP, obtener buenas calificaciones (idealmente 5 estrellas) son objetivos de rendimiento importantes para los fabricantes de vehículos.

Hay muchas partes dentro de estos estándares relacionadas con la protección de los ocupantes y el diseño de componentes para la seguridad contra impactos frontales. El requisito original y más conocido está contenido en FMVSS 208 que especifica una desaceleración máxima permisible de 60 g medidos en maniqués de prueba antropomórficos en impactos frontales a 30 mph con una pared rígida en ángulos entre 0° y 30° con respecto a la dirección de avance de movimiento. Este requisito original fue criticado por no ser representativo de las situaciones reales de colisión y se ha complementado con pruebas que implican una barrera deformable (fabricada con un panel de aluminio para representar la rigidez frontal de una berlina típica) y en varios grados de superposición (normalmente 40 o 60%) con la parte delantera del vehículo de prueba. En la Fig. 4.12 se muestra una simulación por computadora de una prueba de impacto frontal con barrera desplazada.

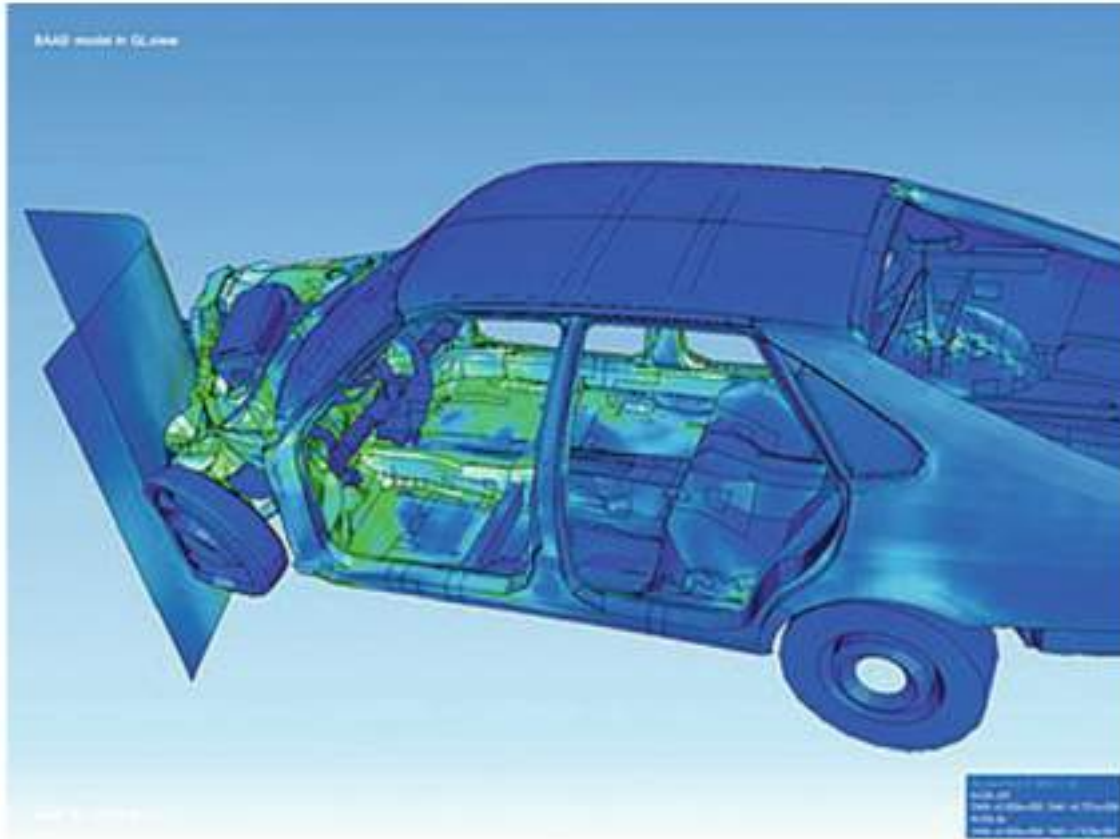


Fig. 4.12 Computer simulation of frontal impact test.

Source Wikipedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FAE_visualization.jpg

Estos ensayos de barrera deformable compensada también constituyen la base de las normas actuales de la UE, aunque la velocidad de impacto especificada en Europa es de 56 km/h. Sin embargo, el requisito de una desaceleración máxima de 60 g para cualquier período de tiempo superior a 3 ms medido en maniqués instrumentados sigue siendo la norma. Además de los maniqués que representan al conductor masculino promedio, ahora también se realizan pruebas con maniqués para ocupantes femeninos y niños más pequeños y en la parte trasera y delantera del vehículo. Se presta mucha atención a los modos de lesión, como el latigazo cervical y las lesiones en la parte inferior de la pierna.

Además de los rigurosos requisitos de impacto frontal, los impactos laterales también son objeto de legislación. Aquí, las pruebas del peor de los casos tienden a replicar el lado del vehículo que golpea un poste rígido en lugar de la parte delantera deformable de otro

vehículo. Dado que hay muy poco espacio para los dispositivos de absorción de energía deformable en las estructuras de las puertas, las vigas de impacto lateral rígidas son importantes para proteger el espacio de los ocupantes de una intrusión excesiva y se presta mucha atención a las colisiones entre el maniquí (especialmente la cabeza) y las estructuras interiores circundantes.

Las colisiones entre automóviles de pasajeros y vehículos más grandes, como camiones, también han sido objeto de mucho escrutinio y legislación. Ahora se requiere que los camiones tengan protecciones traseras y laterales para evitar que los vehículos más pequeños se “hundán” debajo del chasis del camión en caso de impacto, con consecuencias obviamente nefastas para los pasajeros del automóvil.

Por último, la protección de los peatones y otros usuarios de la vía en caso de colisión con un vehículo es ahora objeto de normas legislativas y pruebas de consumidores. Las formas típicas de piernas y cabezas instrumentadas que representan tanto la anatomía de un adulto como la de un niño se lanzan en diferentes ángulos contra las estructuras del parachoques o el capó del vehículo. Las velocidades de impacto suelen ser de 35 km/h y las posibles lesiones se evalúan utilizando criterios estándar de lesiones, como AIS y HIC. Estas pruebas han requerido que los fabricantes de vehículos reconsideren los diseños de la parte delantera de sus vehículos para que sean mucho menos dañinos para los impactos de los peatones al eliminar cambios bruscos en la sección y reducir la rigidez de los componentes, como el capó, que es probable que estén involucrados en la colisión.

En el impacto frontal de un vehículo, ya sea con una barrera o con otro vehículo, el peor de los casos es que toda la energía cinética inicial del vehículo en el impacto se disipa solo dentro de la estructura de ese vehículo. Si se supone que F es la fuerza para aplastar (deformar plásticamente) la parte delantera del vehículo y s es la distancia de aplastamiento, entonces un simple balance de energía da:

$$\int_0^{sf} F ds = \frac{1}{2}mv_0^2$$

Donde:

- m : es la masa del vehículo
- v_0 es la velocidad de impacto
- s_f es la distancia de aplastamiento al final del impacto (deformación total del extremo frontal)

Si además se asume que la fuerza de aplastamiento es constante y conocida, entonces la distancia total de aplastamiento viene dada por:

$$s_f = \frac{m \cdot v_0^2}{2F}$$

Tomando el peso de una Tiguan 2021 2.0 TDI 150HP por 1540 Kg y una fuerza de aplastamiento de 375 kN que impacta una barrera rígida a 50 km/h (13,9 m/s), s_f la cantidad total de aplastamiento frontal es:



$$s_f = \frac{1540 \text{ Kg} \cdot (13,9 \text{ m/s})^2}{2 (375 \text{ KN})} = 0,198 \text{ m}$$

El tiempo de duración del impacto, t , se puede calcular a partir del momento ecuación:

$$t = \frac{m \cdot v_0}{F} = \frac{1540 \text{ kg} \cdot 13,9 \text{ m/s}}{375 \text{ KN}} = 0,057 \text{ seg}$$

La desaceleración promedio del vehículo hacia la parte trasera de la zona de aplastamiento puede entonces ser calculado a partir del cambio de velocidad dividido por la duración del tiempo de impacto:

$$a = \frac{v_0}{t} = \frac{13,9 \text{ m/s}}{0,057 \text{ seg}} = 243,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 25 \text{ g}$$

Las ecuaciones anteriores ilustran claramente que una estructura frontal muy fuerte dará una longitud de aplastamiento y una duración del tiempo de impacto cortas y, por lo tanto, una desaceleración alta.

En la práctica, la situación para cualquier vehículo real es mucho más compleja de lo que sugieren las ecuaciones anteriores. En particular, un vehículo absorbe energía mediante una variedad de mecanismos que incluyen aplastamiento, plegado, pandeo y contacto por fricción de varios componentes discretos dentro de la estructura del vehículo.

Los rieles longitudinales delanteros del chasis en particular, junto con otras estructuras de soporte, están diseñados para absorber energía progresivamente a medida que la carga del impacto se transfiere a la parte trasera del vehículo.

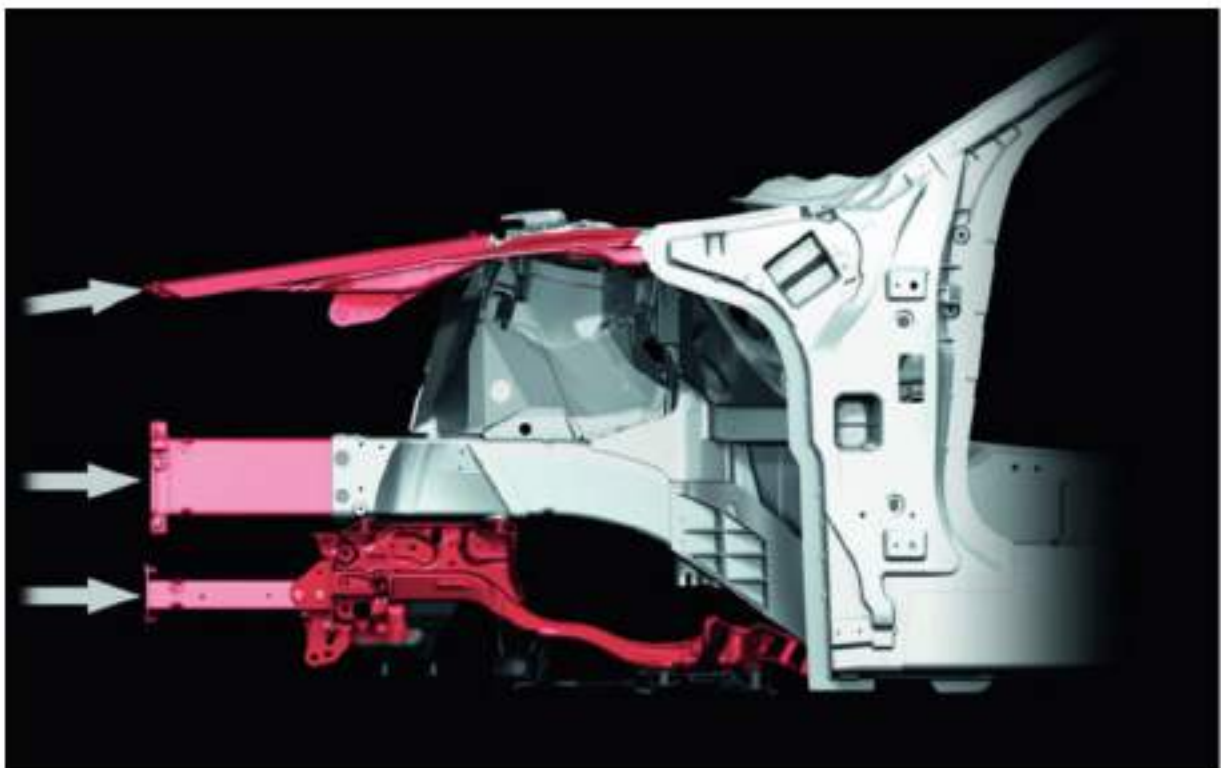
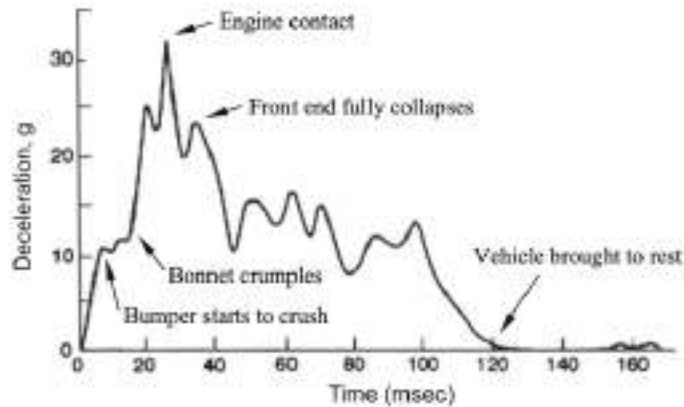


Fig. 4.13 Load path for frontal impact of vehicle.
 Reproduced with kind permission of Audi © Audi AG

Por lo tanto, la resistencia al aplastamiento no es un valor constante como se supuso anteriormente y la historia del tiempo de desaceleración (el "pulso de choque" como se le conoce) es compleja, como se ve en el siguiente gráfico.

Fig. 4.14 Representative frontal impact crash pulse



Este pulso solo cumple con el criterio estándar de una desaceleración máxima en la posición de retención del ocupante de 30 g para cualquier período de tiempo superior a 3 ms. El simple análisis teórico no predecirá una respuesta tan compleja que requiere una prueba de choque a gran escala o una simulación numérica avanzada del evento de impacto que se llevará a cabo. El primero es extremadamente costoso y no es fácil investigar las interacciones complejas que ocurren dentro de la estructura de un vehículo o el efecto de cambiar ciertos parámetros. El último enfoque numérico para la evaluación de la resistencia a choques antes de la prueba de impacto final de un vehículo se ha convertido en la norma.



El simple análisis teórico no predecirá una respuesta tan compleja que requiere una prueba de choque a gran escala o una simulación numérica avanzada del evento de impacto que se llevará a cabo. El primero es extremadamente costoso y no es fácil investigar las interacciones complejas que ocurren dentro de la estructura de un vehículo o el efecto de cambiar ciertos parámetros. El último enfoque numérico para la evaluación de la resistencia a choques antes de la prueba de impacto final de un vehículo se ha convertido en la norma.

8.3.6. Evaluación de durabilidad y el campo de pruebas virtual (VPG)

Las estructuras y los componentes automotrices rara vez fallan debido a una sola aplicación de carga, excepto, por supuesto, cuando están diseñados para hacerlo, como en escenarios de choque por impacto. En cambio, las estructuras y los componentes pueden fallar en última instancia durante una vida útil prolongada debido a la acumulación de daños por fatiga junto con los efectos ambientales, como la corrosión y el desgaste, que reducen la capacidad de carga del material. El estudio de estos efectos de carga a largo plazo se conoce como "evaluación de la durabilidad" y se considera una parte importante de la confiabilidad estructural general del vehículo.

Las pruebas experimentales de durabilidad se llevan a cabo de varias maneras:

- Pruebas de campo en servicio
- Pruebas aceleradas de pruebas en tierra
- Pruebas de laboratorio

La prueba de campo con vehículos instrumentados es la forma más realista de prueba, pero consume mucho tiempo y es costosa. De hecho, para un vehículo bien diseñado, no se deben generar fallas en un plazo razonable, a menos que el vehículo esté sujeto a casos de carga de uso indebido extremo, como golpear bordillos o conducir sobre baches graves. No obstante, los datos locales de aceleración y tensión generados pueden ser útiles en otras formas de evaluación más detalladas. Las pruebas de campo normalmente implican conducir el vehículo sobre pistas especiales que incorporan superficies pavé (similares a adoquines) o onduladas. Estos están diseñados para someter al vehículo a una carga más extrema de lo que sería el caso en carreteras normales y, por lo tanto, promueve fallas en una escala de tiempo más corta. Una vez más, el vehículo normalmente estará equipado con acelerómetros y/o galgas

extensométricas en lugares críticos para proporcionar datos útiles sobre las condiciones de carga.

Finalmente, las pruebas de laboratorio son un medio de someter componentes y subensamblajes a cargas realistas bajo condiciones cuidadosamente controladas. Se pueden usar bancos de prueba dinámicos de 4 postes para cargar las estaciones de 4 ruedas de un vehículo de forma independiente, como se indica en la siguiente figura.



Fig. 4.26 Four poster dynamic test rig

Dado que las pruebas se pueden realizar de forma continua durante un período prolongado, este puede ser un medio rentable y razonablemente rápido para establecer la durabilidad de las estructuras y los componentes del automóvil. Sin embargo, la inversión de capital en equipos de prueba es alta y deben estar disponibles piezas y ensamblajes prototipo. Esto significa que las pruebas solo pueden ocurrir bastante tarde en el ciclo de diseño del producto y, por lo tanto, no pueden usarse para informar o impulsar cambios de diseño que conduzcan a soluciones mejoradas.

Con el fin de llevar al mercado vehículos más fiables y eficientes con mayor rapidez, es muy deseable sustituir o complementar los métodos tradicionales de prueba de durabilidad anteriores con herramientas de software predictivo. Esto ha llevado al concepto de un *campo de pruebas virtual* (VPG) en el que las técnicas de modelado por computadora reemplazan las pruebas físicas. Tal enfoque debería permitir que los diseños alternativos se evalúen mucho antes en el ciclo de vida del producto que antes, lo que lleva a la generación de

soluciones más eficientes y novedosas. Además de ser más rentable, esto también podría allanar el camino para métodos de diseño más automatizados y optimizados que pueden reemplazar parte de la confianza en la experiencia acumulada de generaciones anteriores de ingenieros y/o soluciones probadas.

El corazón de cualquier enfoque de VPG para la evaluación de la durabilidad son los datos de fatiga precisos para el material o componente en consideración, generalmente en forma de la clásica curva S-N, donde S es la amplitud de la tensión (o deformación) y N es el número de ciclos de carga antes de la falla. Idealmente, la relación debería contener factores de diseño para permitir la variabilidad de los datos brutos de fatiga y los efectos ambientales, como la presencia de un entorno corrosivo (por ejemplo, agua salada en invierno). También se requieren algoritmos robustos y precisos para evaluar la vida de fatiga equivalente en condiciones de carga dinámica compleja y estados de tensión multiaxial. Afortunadamente, el sofisticado software de análisis de fatiga para llevar a cabo esta complicada evaluación ahora está disponible como parte de los sistemas CAE establecidos o como paquetes independientes.

Suponiendo que se disponga de rutinas de análisis y datos de fatiga adecuados, el siguiente problema es obtener distribuciones de tensión apropiadamente detalladas para introducirlas en el software de fatiga. Como se discutió anteriormente, los métodos modernos de elementos finitos son capaces de analizar tensiones y deformaciones en estructuras 3D generales bajo casi cualquier complejidad de condiciones de carga. La pregunta es qué tan complejo debe ser el análisis, ya que una mayor complejidad significa invariablemente más gastos y demoras. Idealmente, a uno le gustaría hacer uso de los resultados del análisis de tensión estático lineal, pero existen límites en la aplicabilidad de dichos datos, como se analiza en el estudio de caso a continuación. También puede ser posible hacer uso de un enfoque de dominio de frecuencia para dar cuenta de la respuesta dinámica de las estructuras consideradas. La alternativa es llevar a cabo un análisis transitorio dinámico completo para un historial de tiempo típico de entrada de carga al vehículo. Por su propia naturaleza, esto será computacionalmente intensivo pero también por definición producirá los resultados más precisos.

Cualquiera que sea la forma de análisis de tensión de elementos finitos que se emprenda, es necesario tener un conocimiento detallado de las cargas de entrada de la superficie de la carretera o cualquier otra fuente que dé lugar a las tensiones en los componentes

individuales del conjunto o estructura. Dichos datos pueden generarse a partir de pruebas en servicio o en el campo de pruebas, pero como se discutió anteriormente, tales pruebas requieren mucho tiempo y requieren la disponibilidad de un vehículo prototipo. Un enfoque alternativo es utilizar la simulación de dinámica multicuerpo (MBD) de la totalidad o parte del vehículo a medida que se desplaza sobre superficies de carreteras típicas para generar datos de carga en lugares particularmente críticos. Aunque el software MBD ya está disponible, quedan muchos problemas relacionados con su uso preciso y efectivo, como si se requiere un modelo de automóvil completo o un cuarto y qué tipo de modelo de neumático especificar para cada aplicación.

Suponiendo que los elementos de software anteriores se desarrollen e integren satisfactoriamente de modo que se puedan realizar estimaciones precisas de la distribución de la vida útil a la fatiga en toda la estructura/componente, queda la posibilidad de utilizar estas distribuciones de vida útil para modificar automáticamente los diseños, lo que conduce a una solución más óptima en términos de peso y/o uso eficiente del material. Aunque las rutinas de optimización estructural existen en algunos paquetes FEA, es justo decir que aún no se usan de forma rutinaria en la industria automotriz debido a su aplicabilidad limitada a estructuras reales sujetas a condiciones de carga dinámica. Esto es particularmente cierto para el diseño de componentes y estructuras cuyo principal modo de falla probablemente sea la fatiga debido a una carga compleja en lugar de una sola aplicación de carga.

8.2.7. Carrocería en blanco

En la configuración habitual, una carrocería en blanco es un conjunto de marco y paneles, formado por materiales homogéneos (por ejemplo, chapas de acero o aluminio o composites).

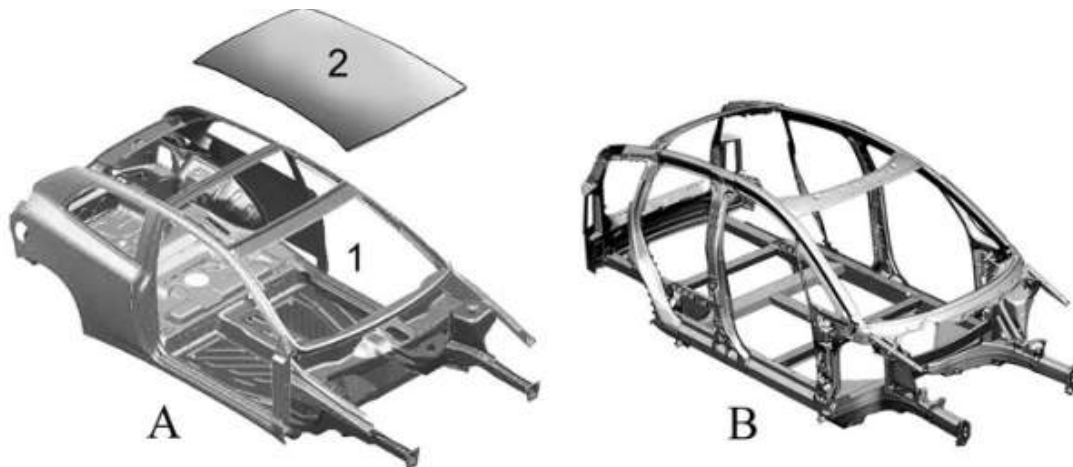


Fig. 4.1. A) Body in white steel sheets (1) and roof panel (2) of Fiat Stilo 3-doors, before their assembly. B) Audi A2 aluminum body frame.

Muchos componentes desmontables se instalan en la carrocería, como las denominadas piezas móviles (p. ej., puertas, tapa del maletero, compuerta levadiza, capó, tapa del depósito de combustible y cerraduras y bisagras relacionadas), componentes externos (parachoques, parabrisas, ventanillas, listones, rejillas, alerones, molduras, espejos, faros, limpiaparabrisas, limpialámparas) y molduras interiores (panel de instrumentos, asientos, alfombras, molduras, cinturones de seguridad, bolsas de aire), que en conjunto constituyen la carrocería del vehículo.

El propósito del diseño del cuerpo es lograr lo siguiente:

- Estética: para proporcionar una apariencia general agradable, calidad de superficie y detalles consistentes.
- Función estructural: soportar el peso de los pasajeros y la carga transportados, así como las piezas mecánicas necesarias para la propulsión del vehículo, el control y otras funciones del sistema, soportando así las tensiones mecánicas de múltiples fuentes.

-
- Ergonomía y habitabilidad: para proporcionar fácil acceso y espacio adecuado para el conductor, los pasajeros y las mercancías transportadas.
 - Seguridad: para garantizar la integridad del habitáculo en caso de colisión, absorbiendo al mismo tiempo la energía del impacto y reduciendo las lesiones de los usuarios vulnerables de la vía (peatones, vehículos de ruedas) en caso de colisión.
 - Aerodinámica: para minimizar la resistencia debido al impacto del aire; para controlar los efectos del flujo de aire sobre el contacto entre el neumático y la carretera y la estabilidad del vehículo.
 - Aislamiento: para minimizar el ruido, las vibraciones y la transmisión térmica, generados por las paredes de la carrocería, por la falta de estanqueidad entre el habitáculo y las partes móviles y por la radiación térmica de las superficies del habitáculo.
 - Visibilidad: proporcionar la mayor visibilidad diurna y nocturna posible del entorno y alojar los dispositivos de iluminación de la forma más eficaz.

Estas funciones eran requeridas por el cuerpo completamente ensamblado y se logran a través de la contribución individual de los componentes del cuerpo y varios sistemas del cuerpo. Para algunas de las funciones enumeradas anteriormente, se pueden identificar varias configuraciones diferentes de la parte inferior de la carrocería:

- A) **Carrocería unitizada o unibody**, en la que las partes del chasis no pueden separarse físicamente de las partes superiores de la carrocería. En este caso, las suspensiones y otras partes mecánicas se montan directamente (mediante soportes) en el bastidor de la carrocería. La principal ventaja de esta solución es el peso relativamente bajo, mientras que la principal desventaja es una menor precisión dimensional del accesorio de suspensión, debido a la tolerancia del cuerpo y el menor rendimiento de filtrado de los accesorios de

suspensión, lo que reduce el aislamiento de las vibraciones debido a la excitación de las ruedas de la carretera.

- B) **Carrocería sobre bastidor**, donde el bastidor del chasis está conectado al bastidor superior de la carrocería mediante pernos con o sin la interposición de casquillos de goma. Esta solución ofrece la principal ventaja de permitir la adopción de un chasis para diferentes formas de carrocería, lo que brinda beneficios en términos de estandarización de piezas mecánicas y simplificación del proceso de ensamblaje de un chasis mecánico, antes de combinarlo con la parte superior de la carrocería. Este tipo de solución se usa comúnmente para vehículos de carga, todoterreno y SUV. La principal desventaja es el aumento de peso con respecto a la configuración
- C) **Carrocería con subestructuras auxiliares**, para sistemas de tren motriz y suspensión; las conexiones entre el bastidor auxiliar y la carrocería pueden ser rígidas o mediante casquillos elásticos. Las principales ventajas son la modularidad y la división del proceso de montaje entre líneas paralelas, lo que permite montar los componentes sobre los bastidores auxiliares. Los subconjuntos resultantes se pueden probar antes de la integración con el cuerpo principal. Además, la relativa facilidad con la que se pueden insertar dispositivos elásticos y de amortiguación entre el bastidor auxiliar y la carrocería proporciona un aislamiento mejorado contra el ruido y las vibraciones. Nuevamente, la principal desventaja es el aumento de peso, pero en menor medida que la configuración
- D) **Carrocería de doble bastidor**, en la que cuerpo y chasis están separados y conectados a través de casquillos elásticos y amortiguadores. En esta configuración, las funciones estructurales, de seguridad, propulsión y conducción se concentran y optimizan en el chasis, con prioridad para la absorción de impactos delanteros y traseros, la rigidez torsional y la resistencia a la tensión inducida a través de la suspensión y el tren motriz. La articulación de la suspensión se puede diseñar para que sea extremadamente rígida y precisa, ya que el filtrado de la excitación inducida por la superficie de la carretera se logra mediante la incorporación de conexiones elásticas

entre el chasis y la carrocería. El peso de la parte superior del cuerpo se puede reducir, ya que la tarea estructural se limita a sus propias tensiones de inercia ya las inducidas por los componentes transportados, las personas y la carga. El mismo chasis también puede ser adoptado por diferentes cuerpos de propiedades de inercia similares. Aunque el aumento del peso del chasis sigue siendo una desventaja, se compensa parcialmente con la reducción del peso de la parte superior del cuerpo.

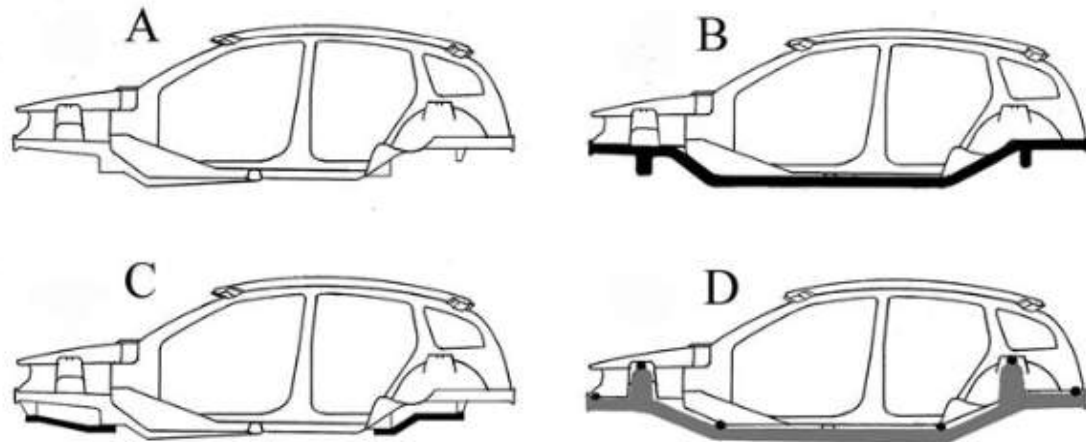


Fig. 4.2. Common body and chassis configurations.

8.2.8. Componentes de la carrocería en blanco

Para una mejor comprensión, conviene considerar la vista dividida de una carrocería de cinco puertas en color blanco (B.I.W.) con partes móviles: esta definición se refiere a todas las partes incluidas en la carrocería, excepto los revestimientos internos y externos, generalmente de plástico, caucho o vidrio.

El término piezas móviles se usa comúnmente para definir macrocomponentes que normalmente puede operar el cliente: puertas laterales, capó, tapa del maletero, puerta trasera. Estos componentes, incluidas sus bisagras que permiten el movimiento relativo a la carrocería, pero sin molduras (paneles, vidrios, aislamiento, burletes) son en realidad partes de la carrocería.

La carrocería en blanco con piezas móviles incluye guardabarros delanteros, que normalmente se atornillan a la carrocería y, por lo tanto, son desmontables. Se puede ver en la siguiente imagen que el panel de techo se suelda a la carrocería en una etapa diferente, con respecto a los costados de la carrocería y los travesaños de la carrocería, según el proceso de producción adoptado.

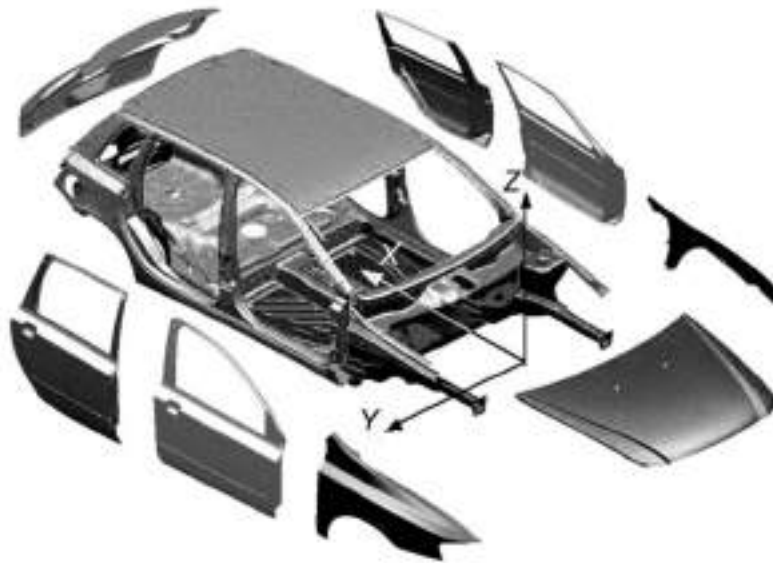


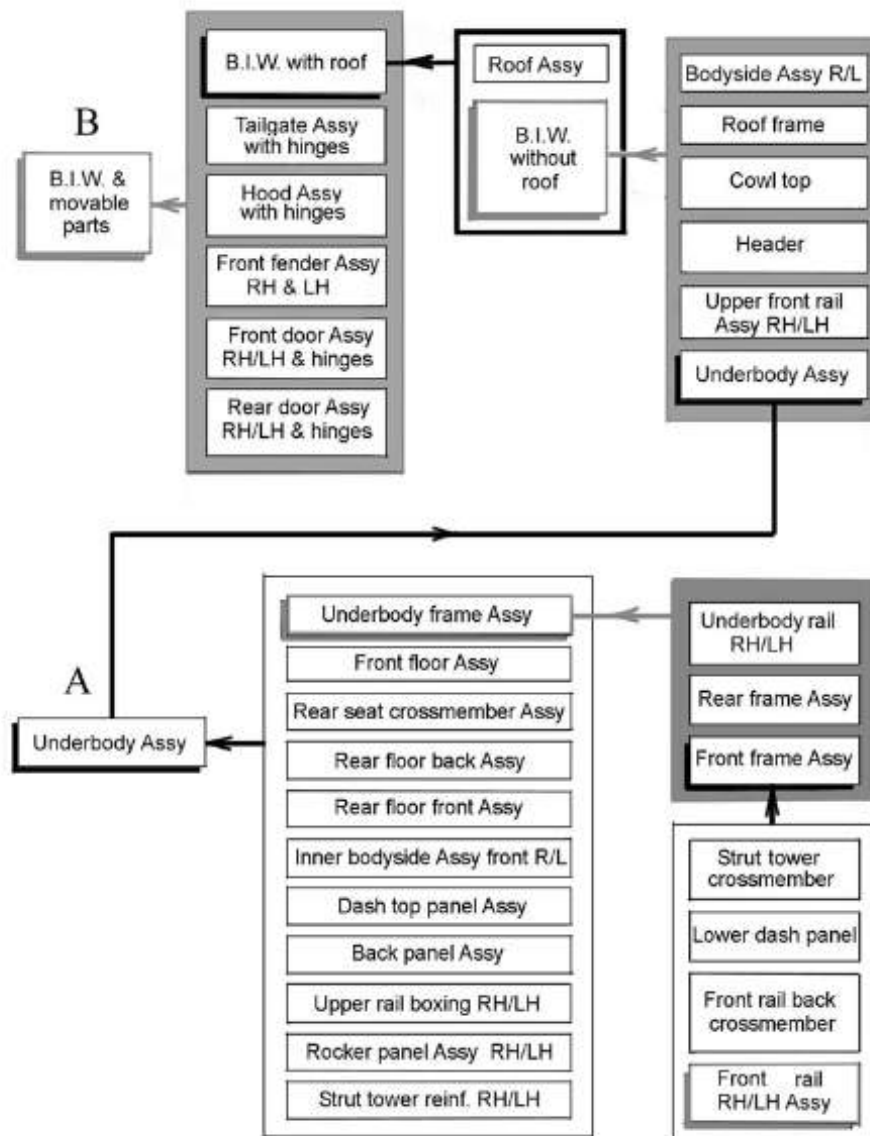
Fig. 4.3. Body in white with movable parts and three dimensional reference system.

En la anterior imagen se indica el sistema de referencia convencional utilizado en el diseño de carrocerías, donde la abreviatura RH (mano derecha) corresponde a las coordenadas $Y > 0$, la palabra superior se refiere a una coordenada Z superior a la referencia (siendo los opuestos LH (mano izquierda) e inferior respectivamente). Por lo general, las secciones se refieren al lado derecho del automóvil, cuando no hay indicación en contrario.

A continuación se muestra el conjunto simplificado de subconjuntos incluidos en el conjunto denominado carrocería en color blanco con partes móviles, dividido al nivel del conjunto riel delantero, también llamado puntal delantero.

En cada columna se enumeran los subconjuntos a unir en un mismo paso y también se encuentra desglosado todo el marco siguiendo únicamente el ramal que conduce al raíl frontal. Hay que tener en cuenta que el montaje final es una carrocería metálica lista para el taller de pintura. Por lo tanto, este conjunto no incluye, por ejemplo, el módulo del extremo delantero, que luego se atornilla al marco delantero de la carrocería e incluye travesaños que

conectan los rieles delanteros superior e inferior y también los faros, el radiador y la cerradura del capó.



Esquema partido de subconjuntos de carrocería:
 A: conjunto de bajos (conjunto)
 B: conjunto de cuerpo

8.2.9. Esquema de montaje y soldadura

La parte inferior de la carrocería, habitualmente denominada *underbody*, es el conjunto más importante de un monocuerpo, en cuanto a su función estructural, y es la parte más sujeta a evolución, en las últimas décadas.

Se puede notar que la parte inferior de la carrocería comprende un marco (la parte estructural principal), que soporta el piso delantero y trasero y algunos miembros laterales conectados al costado de la carrocería y los rieles delanteros superiores. Se puede observar que preferentemente el refuerzo puntal-torre delantero, donde se encuentra la ranura del amortiguador delantero, se monta en este paso, en lugar de antes, al marco inferior, porque de esta manera se puede garantizar un posicionamiento más preciso.



Fig. 4.5. Split scheme of front rail assy; in SA view, the set of rail boxing assy.

El primer paso del montaje de los blanks consiste en construir el conjunto de la caja de rieles, la numeración es respectiva a la imagen anterior:

- caja de rieles (10)
- torre de suspensión delantera superior (8)
- torre de suspensión delantera inferior (9)
- riostra de torre a travesaño (11)

El conjunto del riel delantero es una de las partes principales de la parte inferior de la carrocería, debido al número de funciones relevantes que realiza. Para este Proyecto Final de Ingeniería, sólo se utilizan dos grados de acero:

- FEP04 se refiere a un acero de embutición profunda bajo en carbono, con un bajo límite elástico ($\sigma_y \cong 200 \text{ MPa}$)
- FEE355 es un acero de mayor límite elástico y ($\sigma_y \cong 355 \text{ MPa}$), pero con menor formabilidad.

Por lo general, el acero de embutición profunda con mayor espesor se utiliza para piezas cuyo objetivo principal es una alta rigidez o que están sujetas al riesgo de pandeo local (diseñado en la práctica para la deformación elástica), mientras que el acero de alta resistencia se utiliza para piezas involucradas en choques. resistencia y absorción (piezas diseñadas para deformación no elástica).

En el segundo paso del ensamblaje del riel frontal, las siguientes partes, que se muestran en la figura anterior, se sueldan entre sí:

- conjunto de caja de rieles (1)
- riel delantero (2)
- soporte de fijación frontal (4)
- extensión del riel delantero (3)
- refuerzo de riel delantero (5)
- travesaño a cartela de riel (6)
- refuerzo soporte tren motriz (7)

En el conjunto del riel frontal, el riel frontal (2) (FEE355, espesor 2,2 mm) y la caja del riel frontal (1) (FE355, 1,8 mm de espesor) conectados al travesaño frontal a través de dos soportes de fijación del extremo frontal (4) (FEE355, th. 3,0 mm), están diseñados para permitir que la sección enfrente un choque frontal.

La extensión del riel frontal (3) (FEE355, th. 2.5) y el refuerzo del riel frontal (5) (FEE355, th. 2.5) conectan la estructura longitudinal frontal a los miembros longitudinales del piso, siendo el requisito principal para esta conexión evitar la flexión. entre los marcos delantero y del piso en caso de choque; además, la extensión del riel delantero soporta los accesorios del travesaño del tren motriz delantero.

La torre de suspensión delantera inferior (9) (FEP04, esp. 1,8 mm) y la torre de suspensión delantera superior (8) (FEE355, esp. 2,5 mm) proporcionan la fijación al amortiguador delantero a través del refuerzo de la torreta delantera y también conectar el conjunto del riel frontal al riel frontal superior, aprovechando su contribución a la absorción de energía durante un choque frontal.

El soporte torre a travesaño (11) (FEE355, th.2.5) y el travesaño a cartela de riel (6) (FEP04, th.1.4) están diseñados para dejar libertad en la dirección Y, al ensamblar el RH y el LH montaje del riel delantero a estos travesaños.

El *refuerzo de soporte del tren motriz* (7) (FEE355, th. 2.5) es el marco donde se coloca el estribo de fijación de engranajes; se puede observar que el vehículo ilustrado tiene una suspensión del tren motriz del tipo baricéntrico y las dos posiciones de montaje superiores están por encima del nivel del riel delantero.

El raíl delantero derecho (1) así ensamblado se une (Fig. 4.6) a su gemelo (2) mediante: el travesaño trasero de los raíles delanteros (5), cuya función principal es transferir las cargas de choque de los rieles delanteros al túnel del piso; el conjunto de travesaños de la torre del puntal (3), que proporciona rigidez a los accesorios de los amortiguadores delanteros en la dirección Y; el tablero de instrumentos inferior o el conjunto del cortafuegos (4). Juntas, estas piezas forman el conjunto llamado conjunto de marco frontal.

El bastidor inferior comprende el bastidor auxiliar delantero, el bastidor auxiliar trasero y dos rieles inferiores (Fig. 4.7). Este conjunto es la solución preferida cuando se sueldan primero en la misma plantilla de montaje los subconjuntos del marco delantero, en relación con sus puntos de referencia (Fig. 4.6) para cumplir mejor con las fijaciones de suspensión.

El refuerzo de soporte del tren motriz (7) (FEE355, th. 2.5) es el marco donde se coloca el estribo de fijación de engranajes; se puede observar que el vehículo ilustrado tiene una suspensión del tren motriz del tipo baricéntrico y las dos posiciones de montaje superiores están por encima del nivel del riel delantero.

El raíl delantero derecho (1) así ensamblado se une (Fig. 4.6) a su gemelo (2) mediante: el travesaño trasero de los raíles delanteros (5), cuya función principal es transferir las cargas de choque de los rieles delanteros al túnel del piso; el conjunto de travesaños de la torre del puntal (3), que proporciona rigidez a los accesorios de los amortiguadores delanteros

en la dirección Y; el tablero de instrumentos inferior o el conjunto del cortafuegos (4). Juntas, estas piezas forman el conjunto llamado conjunto de marco frontal.

El bastidor inferior comprende el bastidor auxiliar delantero, el bastidor auxiliar trasero y dos rieles inferiores (Fig. 4.7). Este conjunto es la solución preferida cuando se sueldan primero en la misma plantilla de montaje los subconjuntos del bastidor delantero, en relación con sus puntos de referencia (Fig. 4.6) para cumplir mejor con las tolerancias de las fijaciones de suspensión. En el siguiente paso (Fig. 4.7), dicho conjunto (1) se suelda a los largueros bajos (3R) y (3L) y al bastidor auxiliar trasero (2), dando como resultado el denominado conjunto bastidor.

El paso final del montaje de los bajos (Fig. 4.8), corresponde a la etapa en la que el bastidor inferior, completado con pisos y elementos de caja, está listo para recibir las partes superiores del cuerpo.



Fig. 4.6. Split view of subassemblies that constitute the *front frame assy.*

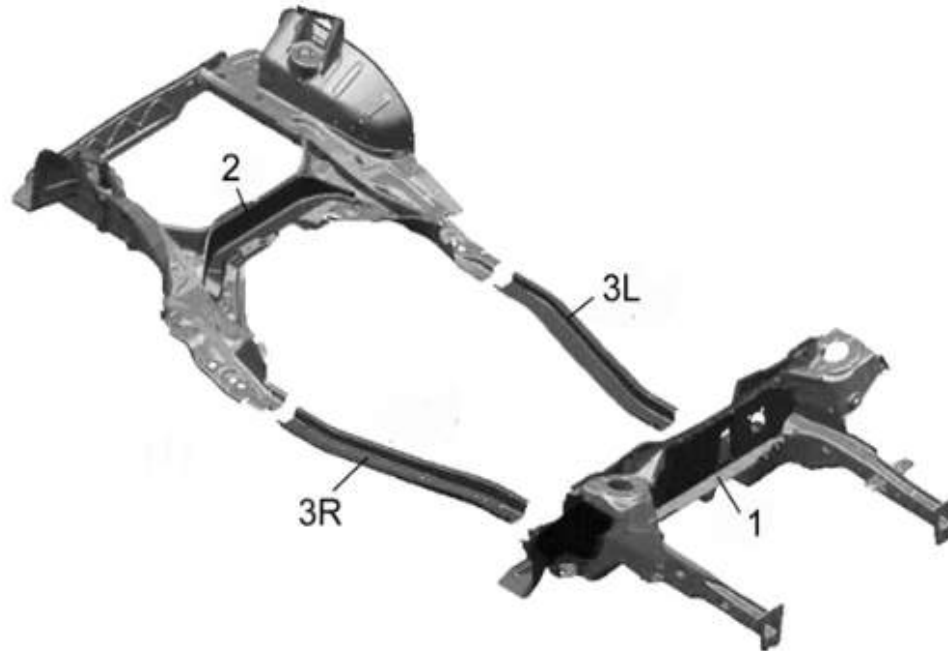


Fig. 4.7. Example of underbody frame and its subframes.

Con referencia a la Fig. 4.8, las piezas ensambladas en este paso son:

- conjunto de bastidor debajo de la carrocería (1)
- conjunto de piso delantero (2)
- travesaño del asiento trasero (3)
- conjunto trasero del piso trasero (5)
- conjunto delantero piso trasero (4)
- conjunto del lado interior de la carrocería delantero derecho (8R) e izquierdo (8L)
- conjunto del panel superior del tablero o caja de agua (6)
- conjunto del panel posterior (11),
- caja de riel superior derecho (10R) e izquierdo (10L)
- conjunto de panel basculante derecho (7R) e izquierdo (7L)
- refuerzo de la torre de puntales derecho (9R) e izquierdo (9L)

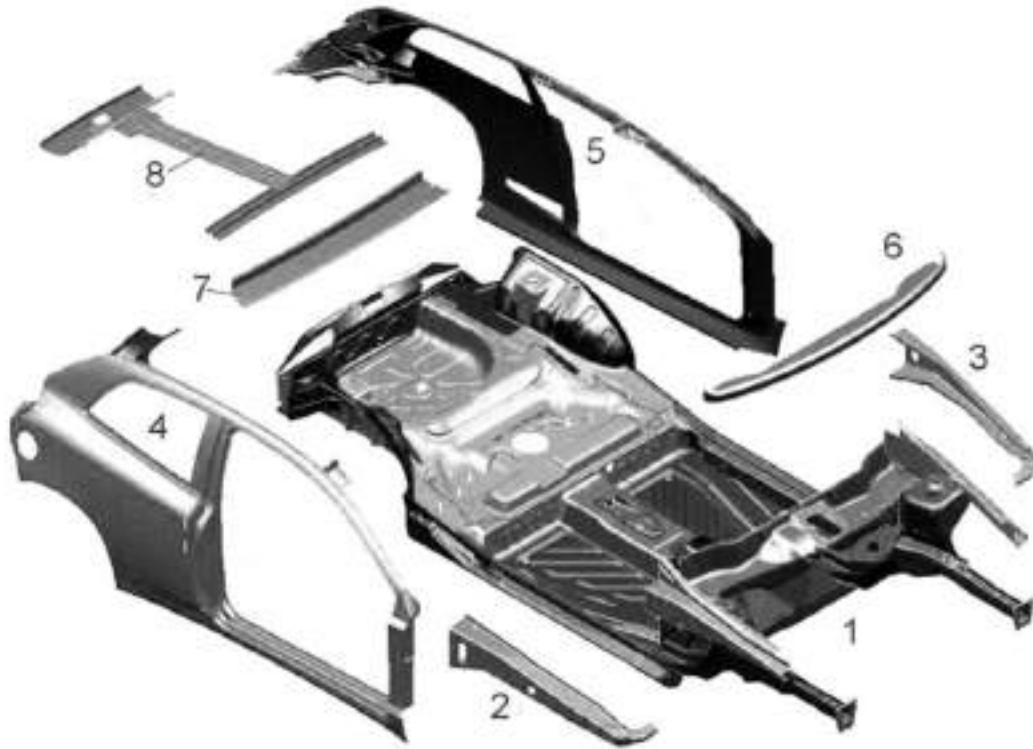


Fig. 4.9. Split scheme of subframes to be assembled to body in white (B.I.W.) assy.

Luego se realiza el siguiente paso en la plantilla de montaje final de la carrocería, cuando los subconjuntos de la carrocería están conectados por un número limitado de puntos de soldadura:

- conjunto de bajos (1)
- lado derecho (4) e izquierdo (5) de la carrocería, • parte superior del capó (6) y cabecera (7)
- estructura del techo (8)
- riel superior derecho (2) e izquierdo (3)

La parte inferior de la carrocería lleva los accesorios de suspensión delantera y trasera, tren motriz, sistema de escape, asientos, controles; además, es el principal subsistema implicado en el enfrentamiento de colisiones frontales y traseras y también participa en la absorción de colisiones laterales.

En consecuencia, se puede adoptar una parte inferior de la carrocería bien diseñada con cambios relativamente menores en vehículos de diferentes formas y dimensiones generales (banda de rodadura, distancia entre ejes, entre otros).

El lateral de la carrocería es el conjunto más afectado por el estilo y las funciones del vehículo, hasta el guardabarros delantero y el panel del techo (este último menos implicado en la consecución de los objetivos estructurales, ya que es poco más que una carcasa). Además, un lateral de la carrocería debe permitir la conexión de las puertas, el anclaje de la bolsa de la ventana y los cinturones de seguridad, así como resistir choques frontales y laterales y vuelcos.

El marco del techo (generalmente solo arcos) conecta los lados de la parte superior del cuerpo; en consecuencia, su importancia puede entenderse intuitivamente comparando un sedán con un descapotable.

Los rieles superiores contribuyen a la rigidez, ya que conectan la torre del puntal con el pilar delantero de la carrocería, ayudan a absorber el impacto frontal y sostienen los guardabarros delanteros.

Luego, el ensamblaje de estos subconjuntos se completa con soldadura por puntos adicional, costuras de soldadura por arco y soldadura fuerte, incluida la soldadura dura de los espacios de las láminas (es decir, sellar los espacios entre las láminas de metal mediante la fusión de aleaciones a baja temperatura).

Habiendo examinado hasta ahora la composición de la carrocería en blanco (B.I.W.), es útil analizar algunos ejemplos de secciones principales del marco (Fig. 4.10), para determinar cómo las partes de chapa estampada pueden proporcionar secciones estructurales y puntos de unión; se debe tener en cuenta que las hojas cortadas se diseñan como líneas simples, que representan el trazo de un lado de las superficies de las hojas.

La sección A–A (Fig. 4.10) se refiere al área del pilar A derecho, que tiene interfaces de un lado del parabrisas, al otro lado de la puerta delantera: se puede notar que la sección estructural es creada por haciendo coincidir el exterior del lado derecho de la carrocería (1) y el riel del pilar del parabrisas (3), mientras que el refuerzo del riel del pilar (2) actúa como un tabique entre las dos partes.

La sección B–B se realiza en la zona del techo, cerca del pilar central (B), en interfaz con la puerta trasera y el arco central del techo (no visible en la sección): la sección resistente se embala haciendo coincidir el lado exterior derecho (1) y el panel interior de cuarto

(20), actuando como tabique el refuerzo del pilar B (21); el panel del techo (5) está conectado al conjunto derecho del lado de la carrocería.

La sección C–C se refiere a la zona del montante A, donde se colocan las bisagras de las puertas delanteras: la sección resistente está definida por el exterior (1) y el interior (15) del lado derecho de la carrocería, mientras que el refuerzo del montante A (10) proporciona un aumento del espesor local; la bisagra continua está fijada a una placa (12), soldada al refuerzo de la bisagra inferior (11), mientras que el tablero inferior (16) está soldado al interior del costado de la carrocería (15), a través de una brida en dirección Y.

La sección D–D se refiere a la zona del montante B, donde se montan las bisagras continuas de las puertas traseras y los cinturones de seguridad de los asientos delanteros (no mostrados): la sección estructural está definida por el exterior del lado derecho de la carrocería (1) y el cuarto panel interior (20), mientras que el refuerzo del pilar central (21) aumenta el espesor local. La bisagra continua inferior se fija al pilar central mediante dos tornillos: uno de ellos se atornilla a un casquillo roscado (23), soldado al refuerzo de la bisagra inferior (22), y el otro a una bisagra continua, actuando desde el pilar central.

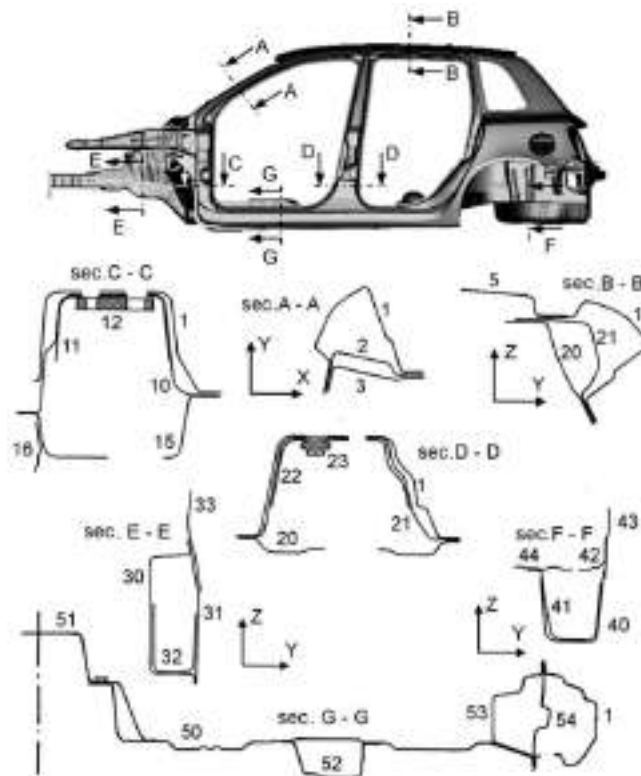


Fig. 4.10. Typical sections of a body in white.

La sección E–E (Fig. 4.10) se corta a lo largo del riel frontal: es posible ver el riel frontal (30), el encajonamiento del riel (31), la extensión del riel frontal (32) y la torre de suspensión delantera inferior (33).

La sección F–F está en el larguero trasero derecho, que está conectado a la barra de suspensión trasera, el resorte y el amortiguador (en este caso, con suspensión de brazo de arrastre). La sección resistente la obtiene el larguero trasero (40) y la caja del larguero trasero (42), mientras que el refuerzo del larguero trasero (41) mejora el comportamiento en choque trasero; el paso de rueda trasero (43) está soldado al larguero trasero (40) y al boxing (42) mediante dos líneas de costura diferentes, mientras que el respaldo del piso trasero (44) está soldado a la brida interior del larguero, para separar la función estructural principal de otras funciones auxiliares, como el alojamiento de la rueda de repuesto.

Finalmente, la sección G–G muestra el emparejamiento de los bajos y la carrocería en la zona inferior: el piso derecho (50) se suelda al túnel (51) a través de dos líneas de costura paralelas al eje X y a la parte delantera del panel de balancines, a través de otra costura a lo largo de X ; además, se puede apreciar el riel longitudinal bajo carrocería (52), refuerzo lateral exterior de carrocería (1) e interior de balancines (54), que en el proceso de montaje se suelda previamente al refuerzo del montante delantero.

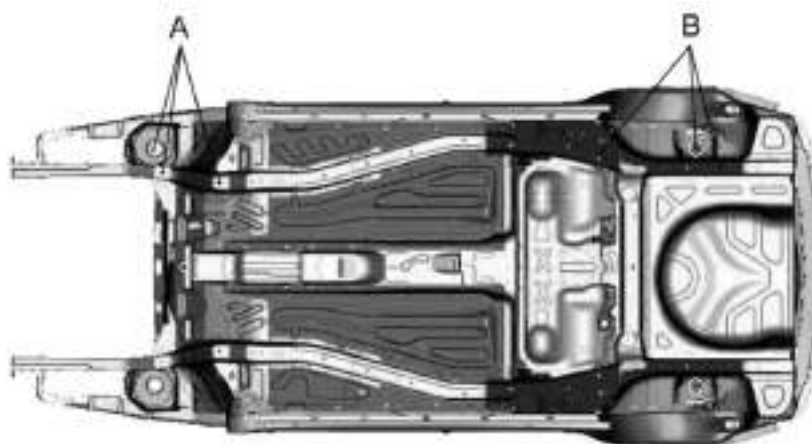


Fig. 4.11. Bottom view of an underbody, in which the longitudinal frames (rails and tunnel) are in evidence.

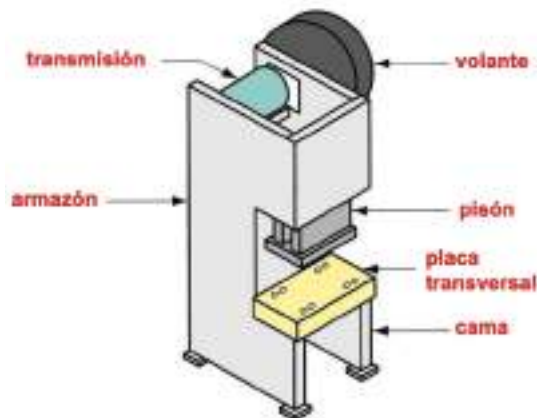
También conviene examinar una vista inferior de los bajos (Fig. 4.11). Se puede notar claramente que el marco longitudinal inferior tiene una disposición lo más cercana posible

a la linealidad, para enfrentar el riesgo de flexión y colapso en caso de choque frontal, mientras que dependiendo de cómo el frente y los bastidores auxiliares traseros están conectados a los paneles de balancines. Además, aquí se encuentran los puntos de fijación de las suspensiones delantera y trasera (indicados con las flechas A y B).

8.2.10. Selección de prensas

Las prensas son máquinas que aplican presión a una pieza de trabajo para cambiar su forma. Estas máquinas son utilizadas para una variedad de procesos de fabricación, como troquelado, forjado y estampado de varios materiales en una amplia gama de industrias. Pero existen distintos tipos de prensas según funciones. Las más comunes son las mecánicas, hidráulicas y neumáticas.

Son máquinas herramienta que tienen una cama estacionaria y un pisón, cepo o corredera, el cual puede ser accionado hacia la mesa y en dirección contraria para ejecutar varias operaciones de corte y formado. Cuando se monta una matriz en la prensa, el porta punzón se fija al pisón y el porta matriz se fija a la placa transversal de la mesa de la prensa.



Hay prensas de varias capacidades, sistemas de potencia y tipos de armazón. La capacidad de una prensa es su disposición para manejar la fuerza y energía requerida para realizar las operaciones de troquelado. Ésta se determina por su tamaño físico y por sus sistemas de potencia de embutido:

1. Prensas pequeñas: de 300 a 1000 Tons
2. Prensas medianas: 1000 a 2000 Tons
3. Prensas grandes: 2000 a 5200 Tons

Una prensa debe estar equipada con matrices y punzones diseñados para ciertas operaciones específicas. La mayoría de operaciones de formado, doblado, punzonado, embutido y cizallado, se pueden efectuar en cualquier prensa normal si se usan matrices y punzones adecuados.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera del ariete, más el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente se pueden conservar bajos costos de producción.

Tiene una adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa, como lo evidencia su amplia aplicación en la manufactura de piezas para automóviles y aviones, artículos de ferretería, juguetes y utensilios de cocina.

Según a la forma de entregar la energía las prensas pueden ser mecánicas o hidráulicas.

- 1) Prensas Mecánicas: Constan de un motor eléctrico que hace girar un volante de inercia que sirve de acumulador de energía. La energía se entrega a la parte móvil de la prensa (carro) mediante un embrague o acoplamiento. La entrega de la energía es rápida y total gastando en cada golpe una fracción de la capacidad de trabajo acumulada. Se usan para trabajos de corte, estampación, forja y pequeñas embuticiones.



Fig. 1. Prensa Mecánica Excéntrica de simple efecto

2) Prensas hidráulicas: Se basan en el conocido principio de Pascal, alimentándose un pistón de gran diámetro con fluido a alta presión y bajo caudal consiguiendo altísimas fuerzas resultantes. La entrega de energía es controlada en cada momento tanto en fuerza como en velocidad por lo que mantenemos el control constante del proceso. Se usan en operaciones de embutición profunda y en procesos de altas sollicitaciones como acuñado.

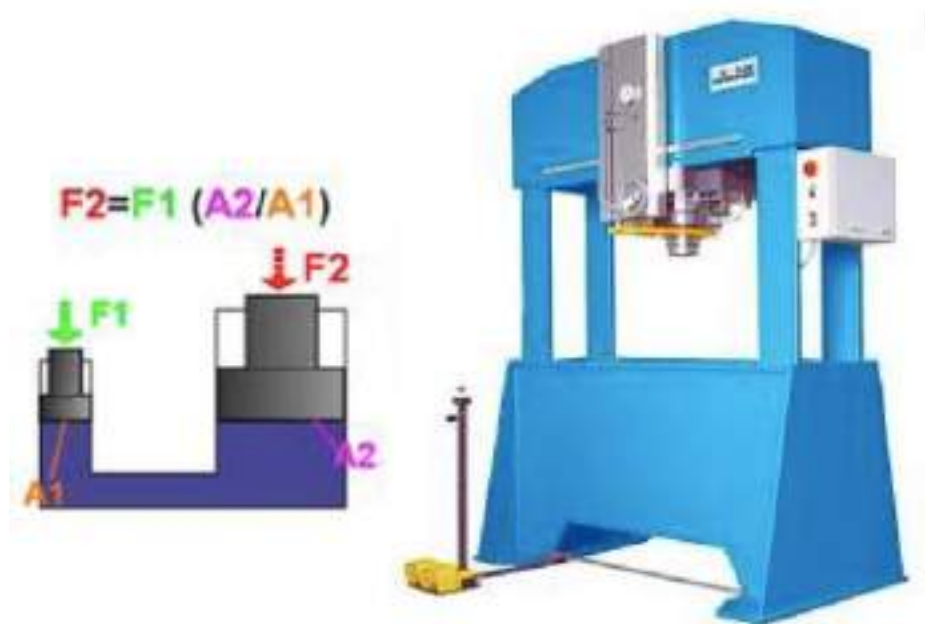


Fig. 2. Prensa Hidráulica

3) Prensas múltiples o de paso: Se entiende por trabajo progresivo de prensado la serie de operaciones sucesivas que transforman gradualmente, con un mismo troquel, una chapa plana, una tira o una cinta, a fin de obtener piezas con otra forma. El procedimiento consiste en un mínimo de dos fases, a saber: corte y doblado, o embutido y corte. El objetivo es el poder obtener en un solo tiempo y con un solo troquel una serie de operaciones sucesivas. Es necesario que los punzones estén paralelos entre si y actúen sincronizados haciéndolos trabajar en forma regular.



Fig. 3. Prensa Múltiple

4) Prensas combinadas (de bloque): Son prensas que por tener acción mixta, tienen sus útiles combinados (no en línea), realizando el proceso en una sola operación. Las operaciones que combinan pueden ser de corte, embutido, doblado, agujereado, etc.

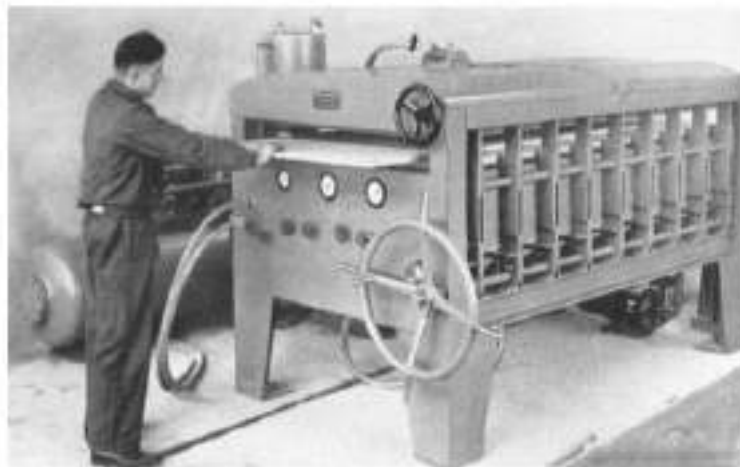


Fig. 4, Prensa Combinada

5) Otras combinaciones: Por su sistema de transmisión pueden clasificarse en prensas a volante directo, prensas de reducción, prensas de doble reducción, prensas de reducción paralela y prensas de cinemática especial. Por su estructura se pueden clasificar en prensas de cuello de cisne y prensas de doble montante (dentro de estas existen las monobloc y las de piezas armadas por tirantes). Por su velocidad se clasifican en prensas convencionales (de 12 a 200 golpes minuto en función de su tamaño), prensas rápidas (de 300 a 700 golpes por minuto) y prensas de alta velocidad (de 800 hasta 1600 golpes por minuto); las más rápidas son de fabricación japonesa y suiza. Otro tipo de prensas aparecidas recientemente son las "servoprensas", en estas prensas se elimina el embrague y el volante de inercia obteniendo toda su energía de uno o varios servomotores conectados al eje principal mediante reductoras planetarias o epicicloidales, o mediante palancas articulas. La aparición de estas máquinas ha impulsado también el desarrollo de prensas híbridas de distintos tipos (con servo y volante y embrague).

Para el caso de este Proyecto Final de Ingeniería se seleccionarán prensas hidráulicas, son de producción, vertical, servoaccionada, con transportador, para la industria del automóvil, para piezas de automóvil.

Datos: Fuerza 9806,7 KN y apertura de 1100 mm (43 in).



8.2.11. Procesos de soldadura

La soldadura se remonta a varios miles de años; desde la edad de bronce existen pruebas de piezas metálicas unidas por este proceso. Los egipcios desarrollaron la soldadura con flama que consistía en un soplete con combustible para trabajar metales de orfebrería. En la Edad Media, tuvo su aparición la soldadura por fragua; en donde el artesano repetidamente calentaba y golpeaba el metal hasta lograr la unión. En 1801, con el descubrimiento del arco eléctrico por Humphrey Davy se establecerán las bases para el uso de la soldadura por arco eléctrico. A principios del siglo XX; se descubre que el uso del acetileno y oxígeno produce una energía calorífica de 30000°centígrados aproximadamente, por lo que su aplicación en la soldadura oxiacetilénica será un detonante para la unión y corte de metales ferrosos.

Durante el siglo XX, tiene su desarrollo las soldaduras por arco eléctrico. En 1935, se introduce el fundente granulado para electrodos de alambre continuo dando origen al arco sumergido. A finales de los treinta, se desarrolla la soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno y la soldadura por arco eléctrico con alambre consumible, estos procesos se usarán en la unión de aceros inoxidable, cobre, magnesio y aluminio.

Con el avance de la ciencia, se ha logrado obtener otros procesos de unión en donde se requieren calidad en las uniones como las realizadas en las industria aeroespacial y en la industria química; tal es la aparición de las soldaduras por plasma, con haz de electrones y rayo laser.

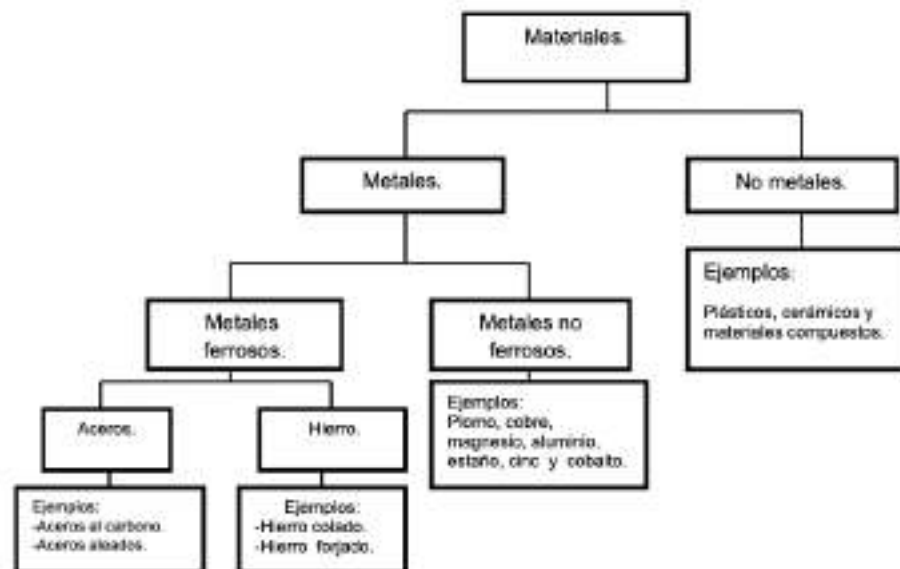
Actualmente, la soldadura tiene sus principales aplicaciones en la manufactura de carrocerías de automóviles, carros de ferrocarril, estructuras de máquinas, tanques para ductos y buques petroleros, estructuras de edificios, centrales nucleares, entre otras.

El avance en los procesos de soldadura ha tenido que ver con el estudio de las propiedades de los materiales, su conocimiento es un factor imprescindible para obtener excelentes resultados en las uniones. En la selección de un material para soldar se tienen que considerar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

- 1) Propiedades químicas: Son aquellas que modifican su composición con la presencia de ciertos elementos químicos. Entre estas propiedades se encuentran la resistencia a la corrosión y reactividad.

- 2) Las propiedades físicas son aquellas que determinan la probabilidad de aplicación considerando su conductividad eléctrica, punto de fusión, densidad y conductividad térmica.
- 3) Propiedades mecánicas, estas influyen en el comportamiento de los diferentes materiales ante la presencia de una fuerza externa, estas propiedades están en función del esfuerzo y/o la deformación. Para nuestro estudio, la resistencia, elasticidad, plasticidad, fragilidad, maleabilidad, serán propiedades mecánicas determinantes en la selección de un material.

La selección de materiales es imprescindible debido a que en los componentes de la mayoría de los productos manufacturados presentan materiales ferrosos y/o no ferrosos.



Uno de los materiales que tiene gran aplicación en la soldadura es el acero; el acero es una aleación de varios elementos químicos principalmente hierro y carbono, se le agrega otros elementos químicos como el azufre, fósforo, silicio y manganeso, para fortalecer y/o mejorar sus propiedades principalmente mecánicas. El resultado de estos elementos agregados da como origen a los aceros al carbono y aceros con aleación.

-Acero al carbono: Los aceros al carbono se clasifican a la vez en bajo, mediano y alto contenido de carbono; en estos aceros, el hierro y carbono son los componentes principales y se sueldan con facilidad los que presentan menos del 0.5 % de carbono.

-Acero con aleación: Este tipo de acero también presenta hierro, carbono y elementos químicos como el cromo, tungsteno, manganeso, níquel, vanadio, cobalto, molibdeno, cobre, azufre, fósforo, entre otros; con esta composición química, el acero ofrecerá mejores propiedades en la soldabilidad, resistencia a la corrosión, resistencia a la fractura, etc. Debido a la gran variedad de aceros que pueden obtenerse por los distintos porcentajes de carbono y otros elementos químicos que se pueden agregar, el Instituto Americano del Hierro y Acero (A.I.S.I.) y la Sociedad Americana de Ingenieros (S.A.E) clasifican a los aceros en cuatro dígitos; el primero indica el tipo de acero, el segundo dígito el contenido porcentual del elemento predominante en la aleación. Los dos últimos dígitos divididos entre 100 indican el porcentaje de carbono.

Ejemplo: Un acero 1040 tiene las siguientes características:

El 1 indica que es un acero al carbono, el 0 no presenta ningún porcentaje de aleación, los dos últimos dígitos indican 0.40% de carbono.

A continuación se presentan algunos tipos de acero usados en la soldadura.

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE ACERO
A.I.S.I. – S.A.E.	
10XX	Aceros al Carbono.
11XX	Aceros maquinables, con alto S.
12XX	Aceros maquinables, con alto P y S.
13XX	Aceros al Manganeso, con 1.75 % Mn.
15XX	Aceros al Manganeso, con 1% Mn.
40XX	Aceros al Molibdeno, con 0.25% Mo.
41XX	Aceros al Cromo-Molibdeno, con 0.40 a 1,1% Cr y 0.08 a 0.35% Mo.
43XX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 1.65 a 2% Ni, 0.4 a 0.9% Cr y 0.2 a 0.3% Mo.
46XX	Aceros al Ni-Mo, con 0.7 a 2% Ni y 0.15 a 0.3% Mo.
47XX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 1.05% Ni, 0.45% Cr y 0.2% Mo.
48XX	Aceros al Ni-Mo, con 3.25 a 3.25% Ni y 0.2 a 0.3% Mo.

51XX	Aceros al Cromo, con 0.7 a 1.1% Cr.
51100	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1.0% Cr.
52100	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1.45% Cr.
61XX	Aceros al Cr-V, con 0.6 a 0.95% Cr y 0.1 - 0.15% V.
86XX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0.55% Ni, 0.5% Cr y 0.2% Mo.
87XX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 0.55% Ni, 0.5% Cr y 0.25% Mo.
88XX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 0.55% Ni, 0.5% Cr y 0.3 a 0.4% Mo.
9260	Aceros al Silicio, con 1.8 a 2.2% Si.
81B45	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0.3% Ni, 0.45% de Cr, 0.12% Mo y 0.0005 a 0.003% B.

Tabla 1. Clasificación de aceros según S.A.E. y A.I.S.I.

La soldadura se considera un proceso de unión de materiales en el cual se funden parcialmente las piezas a través de la aplicación de calor y/o presión. Muchos procesos usan solamente calor sin aplicar presión; otros combinando calor y presión.

Si las partes en contacto de las piezas estuvieran libres de óxidos y de humedad, con el simple acto de sobreponerlas se efectuaría la unión. Sin embargo, al presentar la superficie a nivel microscópico crestas y valles, impiden el acercamiento de los átomos periféricos, por lo que es necesario el aporte de la energía calorífica.

La energía calorífica funde los bordes de los materiales metálicos logrando conformar una sola pieza con una nueva red cristalina, si en vez de calor se aplica presión, la ruptura de la capa de óxido entre las crestas y valles se nivelan por la deformación plástica permitiendo el contacto de las superficies a unir.

Lo anterior es referencia para clasificar a la soldadura en dos tipos: Por fusión y por presión.

Soldadura por fusión

Este proceso utiliza calor para fundir los materiales a unir, se usa un segundo material conocido como aporte que iguala o mejora las propiedades de la unión. Los procesos representativos de este proceso son:

- El arco eléctrico protegido: Este proceso de soldadura toma como referencia el calentamiento de las partes a unir a través de un arco eléctrico que se establece entre el metal de aporte y las piezas a unir.
- La soldadura oxiacetilénica: Es un proceso de unión en el que se utiliza gas combustible y oxígeno para producir una flama que funden los extremos de las piezas y con o sin aplicación de metal de aporte.

Soldadura por presión

En este tipo de soldadura, la unión se obtiene mediante una presión aplicada a las superficies a unir previamente calentadas a determinada temperatura. Entre los procesos comunes de este tipo se encuentran la soldadura por fragua y la soldadura por resistencia eléctrica.

- Soldadura por fragua: También se conoce como soldadura por forja; consiste en calentar las piezas en una fragua, después por medio de presión o golpeteo con un mazo y yunque se unen las piezas.
- Soldadura por resistencia eléctrica: Este proceso, utiliza una combinación de calor y presión para obtener la unión. El calor se genera a través de una resistencia eléctrica y la presión a través de elementos mecánicos que presenta la máquina de soldar.

La Sociedad Americana de Soldadura A.W.S. ha catalogado más de cincuenta procesos de soldadura que utilizan combinaciones de energía para llevar a cabo el proceso, algunos de ellos se indican a continuación:



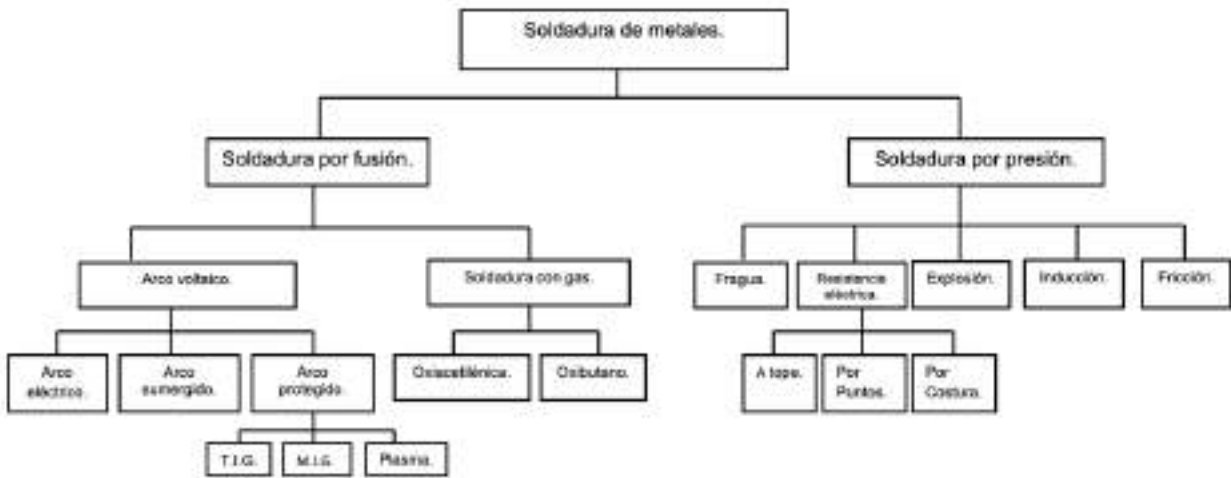


Figura 2. Clasificación de la soldadura.

En la industria automotriz, las soldadura utilizadas son por fusión, en el siguiente orden de importancia:

1) Soldadura por puntos o resistencia eléctrica

En 1877, Elihu Thomson descubrió el principio de la soldadura por resistencia eléctrica. La resistencia óhmica formada por el contacto de dos piezas metálicas en donde fluye corriente eléctrica da como origen una cantidad de calor suficiente para soldar superficies metálicas (Lheureux, 1968: 9).

A principios del siglo XX, la soldadura por resistencia eléctrica comenzó su aplicación industrial en la fabricación de utensilios de cocina, específicamente en la fijación de mangos y asas. Durante el proceso, una corriente eléctrica fluye de un electrodo a otro atravesando las láminas a soldar y a su paso presenta una serie de resistencias que disipan la energía en forma de calor.

Actualmente, es un proceso de soldadura en donde se aplica una fuerza y corriente eléctrica en las partes a soldar a través de electrodos de cobre no consumibles. La presión y la corriente producen una unión con propiedades físicas similares y a veces superiores a las del metal base. El proceso usa una fuente de poder con corriente eléctrica de alta intensidad y bajo voltaje.

La unión de metales por resistencia eléctrica ocupa un lugar en la industria en la producción en serie de carrocerías de automóviles, tubos, perfiles, electrodomésticos y componentes electrónicos.

Este proceso de soldadura se basa principalmente en la resistencia que ofrecen los materiales al flujo de la corriente eléctrica. El calentamiento de las piezas a soldar se realiza por la punta de los electrodos de cobre generando el incremento de la resistencia eléctrica y la diferencia de conductividad eléctrica. Durante el calentamiento, los bordes de las piezas son llevados al estado pastoso para aplicarles una fuerza externa, lo anterior origina que las moléculas de las piezas se mezclen entre sí obteniendo una unión homogénea y resistente.

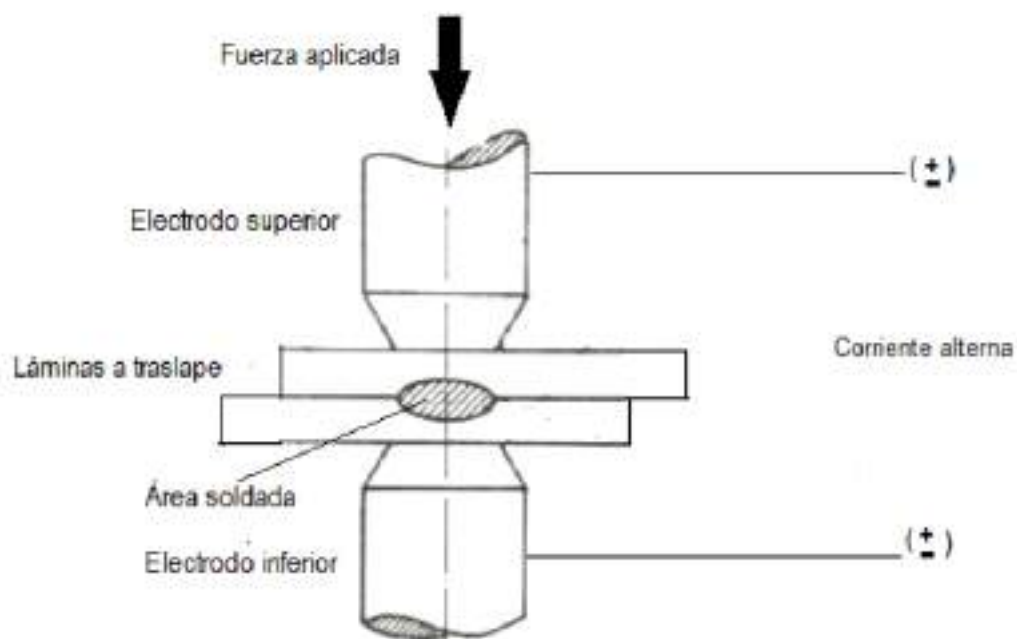


Figura 103. Descripción del proceso de soldadura por resistencia eléctrica.

La energía calorífica aplicada en el proceso depende del flujo de corriente, la resistencia del circuito y el tiempo, lo anterior se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q = I^2 R t$$

- Q = Calor generado en joule.
- I = Corriente en ampere.
- R = Resistencia eléctrica en ohm.

- $T =$ Tiempo en segundo.

Con base en la ecuación anterior, se forma un núcleo de material fluido en un punto de contacto del material base. Las piezas se mantienen presadas en todo momento por los propios electrodos verificándose así la unión por la aplicación de una fuerza exterior.

La soldadura por resistencia eléctrica resulta relativamente fácil en comparación con otros procesos descritos; cuando la operación es semiautomática en la mayoría de las ocasiones, el operador se limita a colocar y descargar el material a soldar.

El electrodo usado en esta operación es de cobre debido a que tiene una resistencia eléctrica baja y una conductividad térmica elevada, por lo que se asegura que el calor es generado en la pieza de trabajo. Con base en el electrodo, la soldadura por resistencia eléctrica se clasifica en los siguientes tipos: soldadura por puntos, soldadura por costura y soldadura a tope.

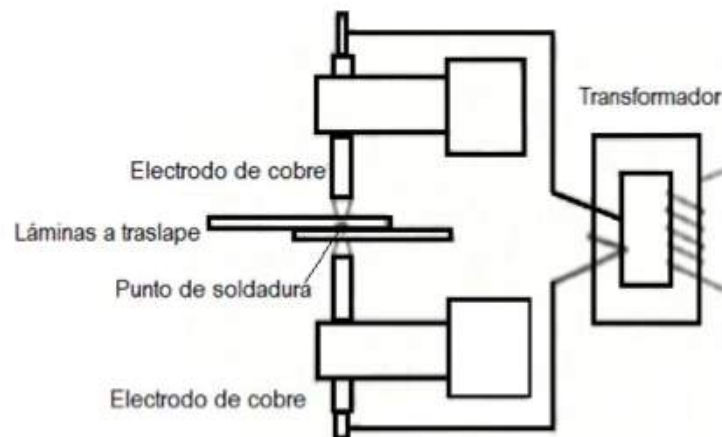


Figura 104. Esquema de una máquina de soldar por puntos.

La forma o huella de la soldadura se determina por la punta del electrodo y la unión tiene las mismas características mecánicas y metalúrgicas que el metal base.

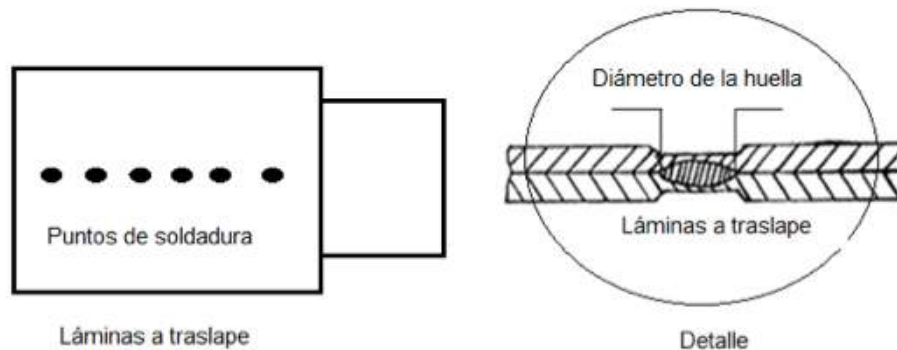


Figura 105. Soldadura por puntos.

La soldadura por puntos es un proceso de soldadura sin metal de aporte, en donde la corriente eléctrica atraviesa en un tiempo determinado la resistencia de contacto de dos piezas colocadas a traslape. La fuente calorífica generada por el efecto Joule es aplicada en la unión mediante el uso de electrodos de cobre especiales que transmiten al mismo tiempo una fuerza externa (Lheureux y Bellotte, 1968:41). La soldadura por puntos se usa en la producción de carrocerías para automóviles, muebles de acero, estufas, refrigeradores, lavadoras y productos hechos a partir de láminas metálicas.



Figura 106. Uso industrial de la soldadura por puntos.

2) Soldadura MIG – MAG o GMAW

La Sociedad Americana de soldadura A.W.S. designa al proceso de soldadura de arco con electrodo de tungsteno y gas inerte con las siglas G.T.A.W. (Gas, Tungsten, Arc, Welding); comercialmente se conoce como T.I.G. (Tungsten, Inert, Gas); en algunos países se denomina como W.I.G. (Wofram, Inert, Gas) debido a que el tungsteno también recibe el nombre wolframio.

El proceso se desarrolló a principios del siglo XX, En 1930, Hobart y Devers registraron una patente de electrodo no consumible rodeado con gas inerte; en 1941, Meredith patenta el proceso como soldadura Heli-arc en donde el helio se usa como gas inerte. Posteriormente, se utiliza gas argón que es con lo que se trabaja hoy en día. Su aplicación industrial inicia en la segunda guerra mundial ya que se usó en la industria de la aviación para soldar en forma efectiva el aluminio, magnesio, antimonio, titanio, circonio, aceros inoxidables, entre otros.

Su campo de aplicación está en la unión de chapas o láminas hasta con 3 mm de espesor. La soldadura obtenida por este proceso ofrece un excelente acabado en comparación con otros. El proceso G.T.A.W. se usa tanto en metales ferrosos como no ferrosos, con equipo manual o automático.

El proceso T.I.G. tiene las siguientes ventajas: Arco estable y concentrado, no produce proyecciones o chispas cuando se trabaja sin metal de aporte, no presenta escoria, produce soldaduras lisas y regulares, aplica a cualquier tipo de unión y posición a soldar.

El proceso T.I.G. es utilizado en la industria química, construcción, aeronáutica, alimentación, centrales nucleares, entre otros. Al igual que otros tipos de soldadura con arco, en el proceso G.T.A.W. o T.I.G. se hace circular la corriente eléctrica a entre el electrodo no consumible y el metal base.

La circulación de la intensidad de corriente se hace con la protección de un gas inerte. Al no consumirse el electrodo teóricamente, se desarrolla un arco continuo de bajo voltaje y alto amperaje logrando obtener una temperatura de aproximadamente 3 500° centígrados.

Cuando se requiere material de aporte en la zona de fusión se utiliza una varilla o alambre con las mismas características del metal base.

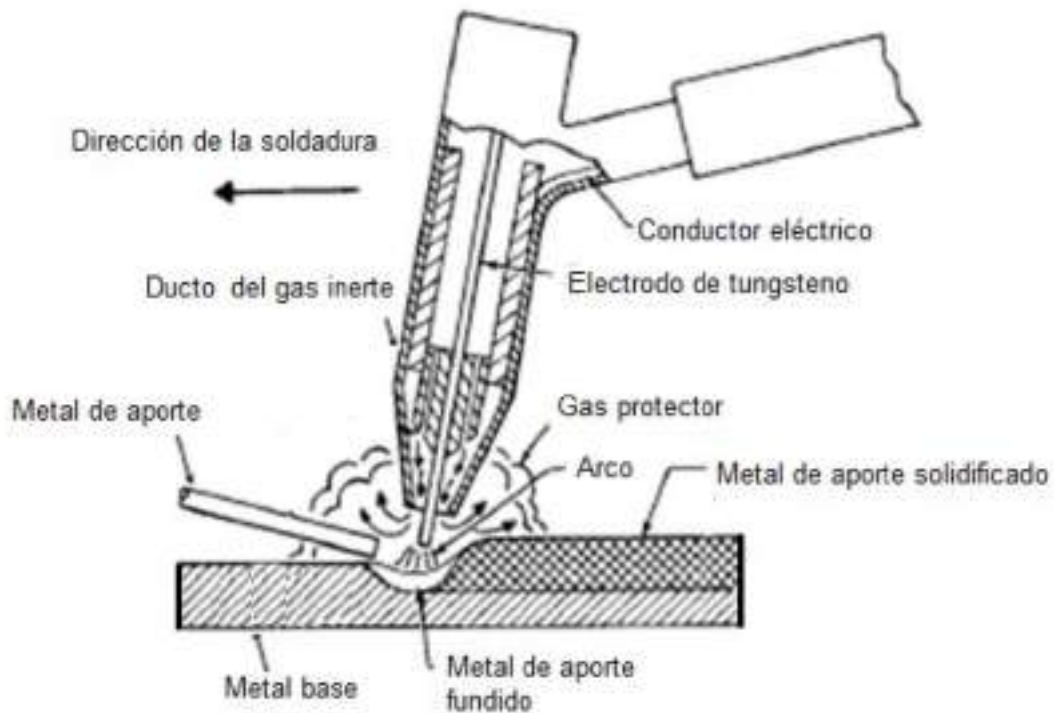


Figura 121. Descripción del proceso G.T.A.W.

Para obtener una protección adecuada en la zona de fusión se debe tomar en cuenta la separación entre la tobera donde sale el gas inerte y la pieza a soldar. Una distancia muy pequeña produce salpicaduras y una distancia prolongada no protege el gas inerte de los contaminantes del aire.

El uso adecuado del proceso dependerá de las variables que influyen directamente en las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la unión. Entre las variables se encuentran: El tipo de corriente, amperaje, características del electrodo no consumible, inclinación del portaelectrodo, longitud de arco, gas inerte y metal de aporte. Para el proceso G.T.A.W., se disponen dos tipos de corriente eléctrica: continua y alterna.

Cuando se utiliza corriente continua, se obtienen polaridades directa e invertida. Cuando se usa polaridad directa, la distribución de calor es menor en el electrodo que en el metal base, por lo

que se obtiene buena penetración en la unión. Este tipo de polaridad permite que se suelden la mayoría de los metales con facilidad.

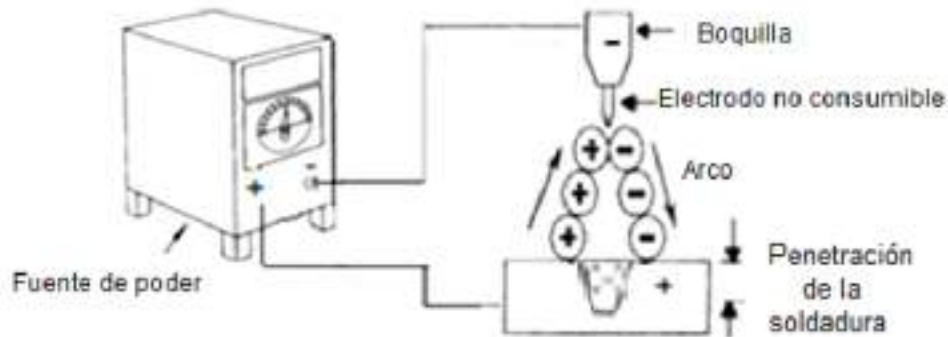


Figura 122. Polaridad directa.

En el caso de la polaridad invertida, el metal base se convierte en emisor de electrones lográndose concentrar más calor en el electrodo. Este fenómeno de bombardeo iónico es el que permite la limpieza en la soldadura, ya que la película de óxido como el que se presenta en el aluminio y magnesio puede ser interrumpida o quebrada en la zona de fusión.

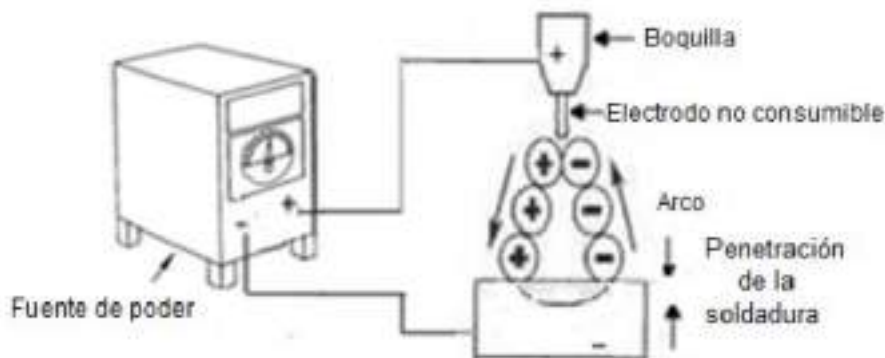


Figura 123. Polaridad invertida.

Al usar corriente alterna, se obtiene la misma cantidad de calor en el electrodo y en el metal base en vista de que no existe polaridad. Lo anterior se debe a que la corriente cambia de sentido de circulación a razón de 50 o 60 veces por segundo de acuerdo a la frecuencia de 50 y 60 hertz. La penetración de la corriente alterna está en un nivel intermedio entre las dos polaridades que ofrece la corriente continua y es aplicable para la soldadura de aluminio y magnesio.

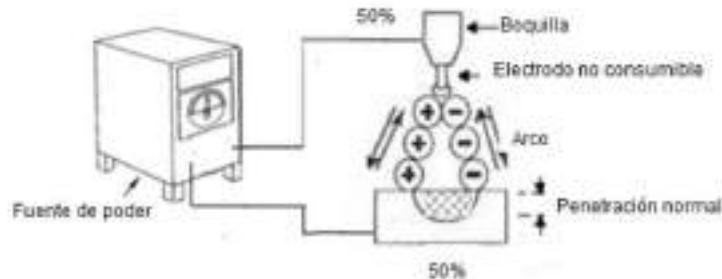


Figura 124. Efectos de la corriente alterna en el cordón de soldadura.

En el caso de la intensidad de corriente, un parámetro práctico es considerar que por cada milímetro de espesor del material corresponde a 40 amperes, por ejemplo: Si una lámina de acero tiene un espesor de 1/8 plg (3.125 mm), requerirá una intensidad de corriente de 125 amperes. Partiendo de esta referencia, el incrementar o disminuir el amperaje estará en función de la soldadura. Para una mejor selección es necesario consultar las tablas que proporcionan los fabricantes de equipo.

Material.	Espesor del material.		Intensidad de corriente. amperes	Tipo de corriente (Con dispositivo de alta frecuencia).	Proceso.
	plg	mm			
Aluminio y sus aleaciones.	1/16	1.58	60-100	Corriente alterna.	Manual.
Aluminio y sus aleaciones.	1/8	3.17	120-160	Corriente alterna.	Manual.
Aluminio y sus aleaciones.	3/16	4.76	180-240	Corriente alterna.	Manual.
Aluminio y sus aleaciones.	1/4	6.35	240-320	Corriente alterna.	Manual.

Tabla 13. Intensidad de corriente para el aluminio y sus aleaciones.

Material.	Espesor del material.		Intensidad de corriente. amperes	Tipo de corriente (con dispositivo de alta frecuencia).	Proceso.
	plg	mm			
Acero inoxidable.	1/16	1.58	40-70	Corriente directa.	Manual
Acero inoxidable.	1/8	3.17	65-110	Corriente directa.	Manual.

La función principal del electrodo de tungsteno o wolframio es transferir el arco al metal base. Difiere de los otros electrodos de soldadura por arco eléctrico ya que no se funde con el calor generado en la fuente de poder de alta frecuencia; por lo tanto, no suministra material de aporte en la unión. Se fabrica en diámetros que van desde 0.60 hasta 6.35 mm, con aleaciones de cerio, lantano, torio y circonio.

-Tungsteno puro: Este electrodo es recomendable para soldar aluminio y magnesio con corriente alterna. El tungsteno puro tiene una buena resistencia a la contaminación cuando se usa con corriente continua.

-Tungsteno con aleación de cerio: Este tipo de electrodo mejora la estabilidad del arco protegiéndolo contra la erosión originada por el calor.

-Tungsteno con aleación lantano: Al igual que el elemento químico cerio, mejora el inicio y la estabilidad del arco.

-Tungsteno con aleación de torio entre 1- 2 %: Ofrece estabilidad al iniciar el arco y mayor capacidad de corriente ya que no se contamina.

-Tungsteno con aleación de circonio: El circonio provee mejor estabilidad del arco cuando se suelda con corriente alterna. También permite temperaturas más elevadas en los metales a soldar y es particularmente recomendado para soldar titanio, cobre, níquel, acero inoxidable, aluminio y sus aleaciones.

En la siguiente tabla, se resumen los electrodos usados en este proceso con base en los colores y siglas que establece la Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.).

Clasificación A.W.S.	Aleaciones.	Color de identificación.
EWP	Tungsteno puro.	Verde.
EWCe-2	97.3% de tungsteno y 2% de óxido de cerio.	Anaranjado.
EWLa-1	98.3% de tungsteno y 1% de óxido de lantano.	Negro.
EWTh-1	98.3% de tungsteno y 1% de óxido de torio.	Amarillo.
EWTh-2	97.3% de tungsteno y 2% de óxido de torio.	Rojo.
EWZr-1	99.1% de tungsteno y 0.25% de óxido de circonio.	Café.
EWG	94.5% de tungsteno.	Gris.

Tabla 15. Clasificación del electrodo en el proceso G.T.A.W.

Para obtener excelentes resultados en el proceso, la punta del electrodo se debe afilar a un ángulo con base en la corriente y el material a soldar. Cuando se dispone de corriente alterna se afila en forma semiesférica y cuando se usa corriente continua en forma de punta. Para conseguir la geometría adecuada, deberá efectuarse el esmerilado a través de una rueda o cinta abrasiva de grano fino.

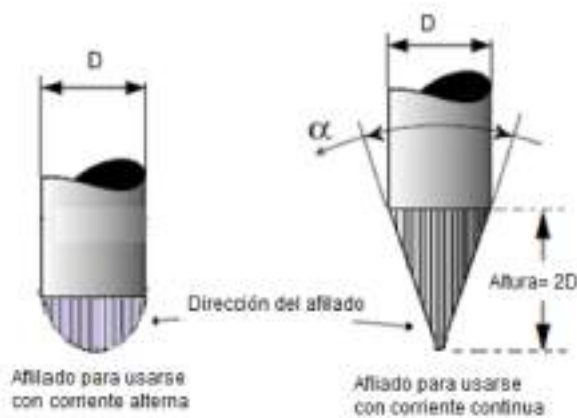


Figura 125. Afilado del electrodo.

Donde:

D=Diámetro del electrodo.

$\alpha = 30^\circ$

V.2.4 Inclinación del portaelectrodo.

La inclinación del portaelectrodo con respecto al metal base es entre 75° y 80° ; este rango permite facilitar el trabajo y controlar el cordón. Un ángulo menor repercute en la protección del gas inerte en la zona de fusión. Cuando se usa metal de aporte, el ángulo recomendado para éste es entre 15° y 30° , tal como se aprecia en la siguiente figura.

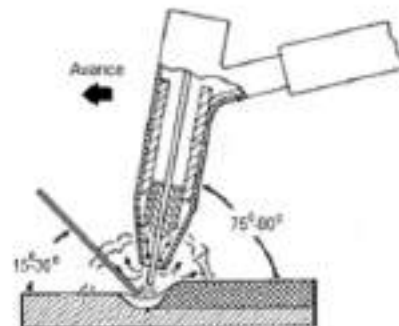


Figura 126. Inclinación del portaelectrodo y metal de aporte.

La longitud del arco es la distancia entre la punta del electrodo y la pieza a soldar. La longitud del arco eléctrico es aproximadamente 1.5 veces el diámetro del electrodo y se recomienda que no exceda los 5 mm ya que una distancia más grande disipa más calor sobre la superficie del metal base, restándole profundidad y fusión además de crear un arco menos estable y con riesgo de contaminación en el baño de fusión.

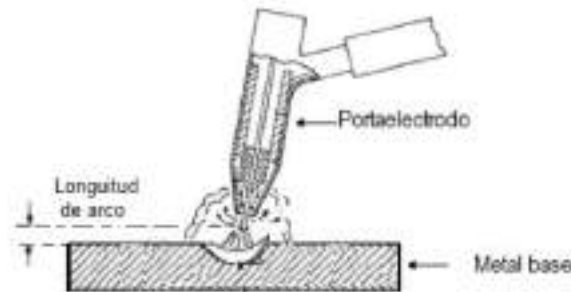


Figura 127. Longitud del arco en el proceso G.T.A.W.

V.2.6 Gas inerte.

La función principal del gas inerte es proteger y estabilizar el arco durante el proceso, también evitar el contacto del aire con el electrodo y metal fundido en la zona de fusión. Los gases más empleados son: Argón, helio o una combinación de ellos con una pureza de 99.99%.

Debido a su excelente conductividad térmica, el helio produce mayor temperatura en el área soldada logrando una excelente penetración, por lo que se usa en la soldadura de materiales de gran espesor como el cobre, aluminio y sus aleaciones. En cambio, el argón se adapta mejor a la soldadura de metales de menor conductividad térmica y de espesor delgado.

En la siguiente tabla se describen los gases apropiados para algunos materiales.

Material a soldar.	Gas inerte.
Aluminio y sus aleaciones.	Argón.
Latón y sus aleaciones.	Helio o argón.
Cobre y sus aleaciones de menos de 3mm de espesor.	Argón.
Cobre y sus aleaciones de más de 3 mm de espesor.	Helio.
Acero al carbono.	Argón.
Acero inoxidable.	Argón.

Tabla 16. Gases inertes para el proceso G.T.A.W.

En el proceso G.T.A.W. se puede o no usar metal de aporte y está en función de la soldadura. En el caso de su uso, se selecciona de acuerdo con las propiedades físicas, químicas y mecánicas del metal base. La A.W.S. clasifica el metal de aporte o varilla de la siguiente forma:

- A5.18. Varilla para soldadura de aceros al carbono de mediana resistencia.
- A5.28. Varilla para soldadura de aceros de baja aleación y alta resistencia.
- A5.9. Varilla para soldadura de aceros inoxidables.
- A5.10. Varilla para soldadura de aluminio y sus aleaciones.
- A5.14. Varilla para soldadura de níquel y sus aleaciones.

Los componentes del equipo para la soldadura con electrodo de tungsteno y gas inerte son: Fuente de poder, portaelectrodo, pinza a tierra, cilindro de gas inerte, regulador de presión, refrigerante, cables y mangueras.

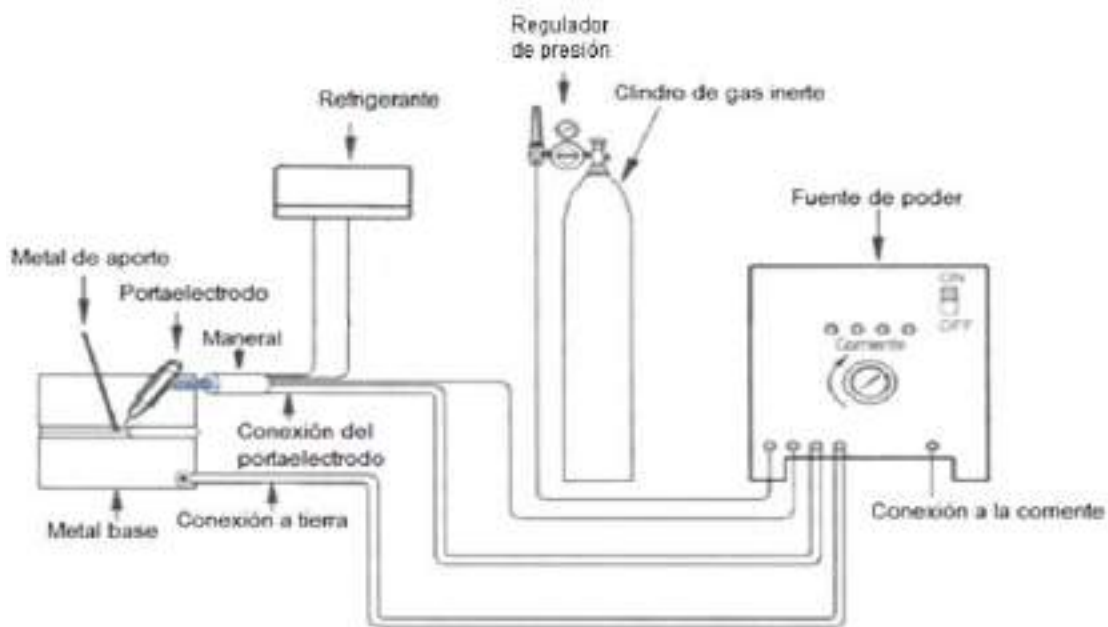


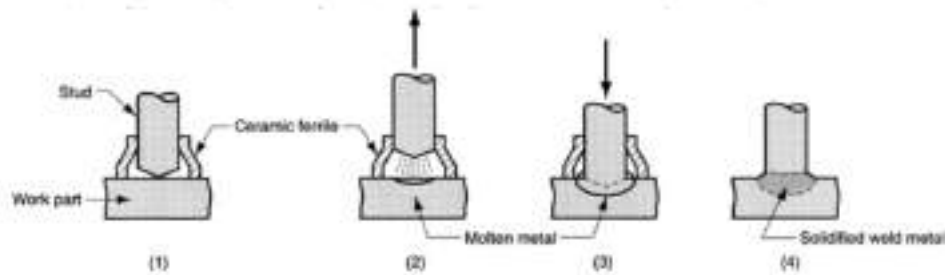
Figura 128. Equipo del proceso G.T.A.W.

Material.	Espesor del material.		Diámetro del material de aporte.		Diámetro del electrodo de Tungsteno.		Intensidad de corriente. amperes	Tipo de corriente.	Gas inerte.	Flujo (pies ² /hora).
	plg	mm	plg	mm	plg	mm				
Acero al carbono.	1/16	1.58	1/16	1.58	1/16	1.58	80-90	Corriente continua con polaridad directa.	Argón	15
Acero al carbono.	1/8	3.17	3/32	2.38	1/16 - 3/32	1.58 - 2.38	80-115	Corriente continua con polaridad directa.	Argón	15
Acero al carbono.	3/16	4.76	1/8	3.17	3/32	2.38	115-170	Corriente continua con polaridad directa.	Argón	20
Acero al carbono.	1/4	6.35	5/32	3.96	1/8	3.17	160-210	Corriente continua con polaridad directa.	Argón	20

Tabla 18. Parámetros recomendados para acero al carbono.

3) Soldadura de pernos

Es un proceso especializado de soldadura de arco, para unir pernos o componentes similares a piezas básicas. El perno se sujeta en una pistola de soldadura especial que controla



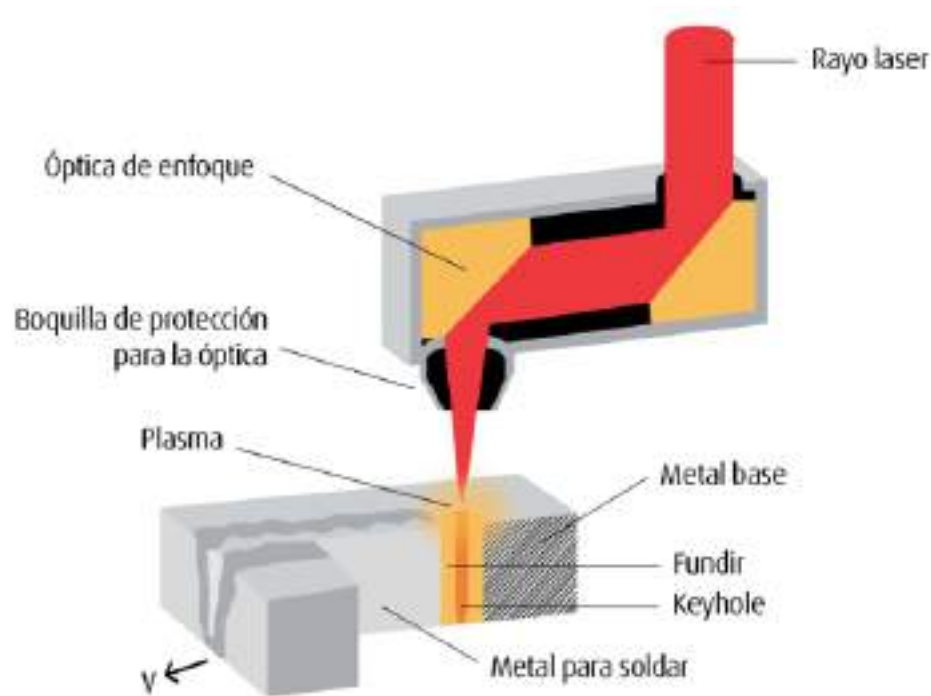
- Se coloca perno
- La corriente fluye desde la pistola y se tira el perno hacia atrás, para establecer arco y crear piletilla fundida.
- El perno se sumerge en la piletilla.

4) Soldadura Laser

La soldadura láser es un proceso de soldadura por fusión, que emplea la energía proporcionada por un haz de radiación láser para fundir los materiales a unir, dando lugar a la unión de los mismos. En este proceso no es imprescindible material de aporte y la soldadura tiene lugar por el calentamiento de la zona a soldar.

La energía generada por el láser está dentro de la región óptica del espectro electromagnético, cuyas principales propiedades son que es una radiación:

- Intensa.
- Monocromática: única longitud de onda.
- Coherente: los fotones están todos en fase.
- Unidireccional.



Los resultados de la soldadura laser son:

- El láser, al ser luz, no tiene inercia, favoreciendo arranques y paradas rápidas.
- Alta localización de la energía y bajo aporte térmico.
- Mínima zona afectada por el calor (ZAC).
- La deformación de las piezas es menor.
- Alta velocidad de soldadura y buena penetración.
- Se consiguen cordones de alta calidad, con altas resistencias de tracción y fatiga.

- No es necesario el uso de electrodos y el material de aporte es opcional.
- Altas tasas de producción.
- Se puede acceder a zonas difíciles de alcanzar con otras técnicas.
- Puede usarse en el soldado de materiales difíciles, como por ejemplo el titanio.

Los materiales que se sueldan con este procedimiento son:

Procesos Industriales

- Aceros al carbono.
- Aceros inoxidable.
- Aleaciones de aluminio.
- Aleaciones de titanio.
- Plásticos.

Los espesores que se pueden soldar son:

- Placas finas de hasta 1 mm espesor: Se pueden soldar gracias a la alta velocidad de soldadura y poca distorsión.
- Placas gruesas de hasta 10 mm: Se pueden soldar gracias a la alta penetración.

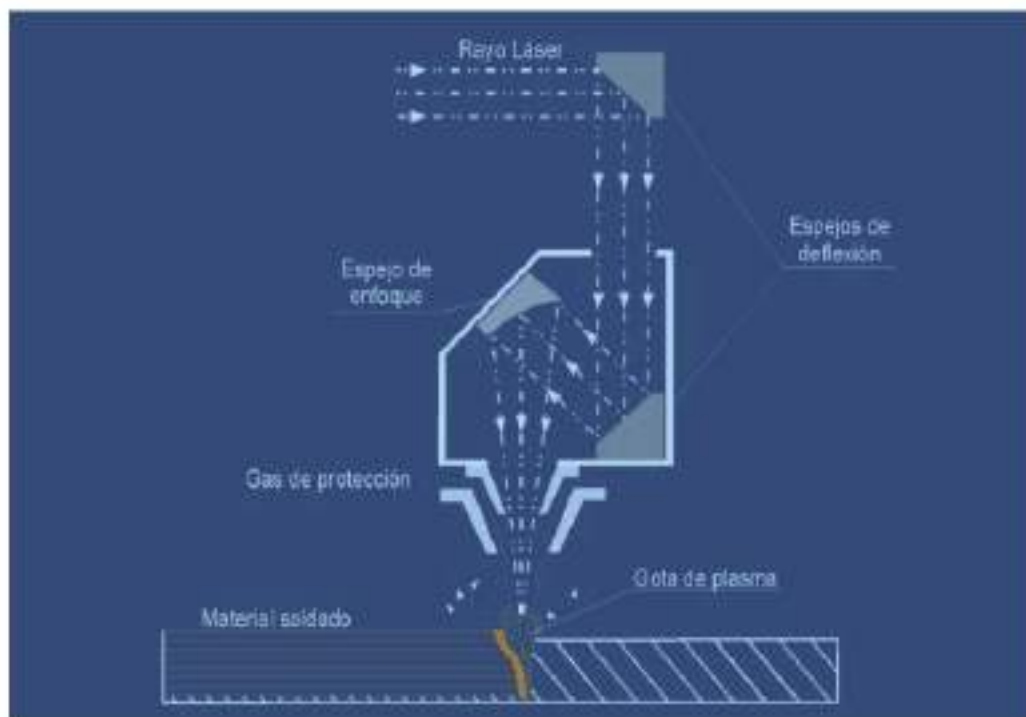
En lo que se refiere a los sectores industriales en los que se emplea la soldadura láser hay que destacar:

- Sector automotriz: techos, marcos de ventanillas y largueros.
- Sector aeronáutico.
- Sector electrónico

Una instalación láser consta de las partes siguientes:

- Un generador láser: Es la máquina encargada de transformar energía eléctrica en luz coherente.

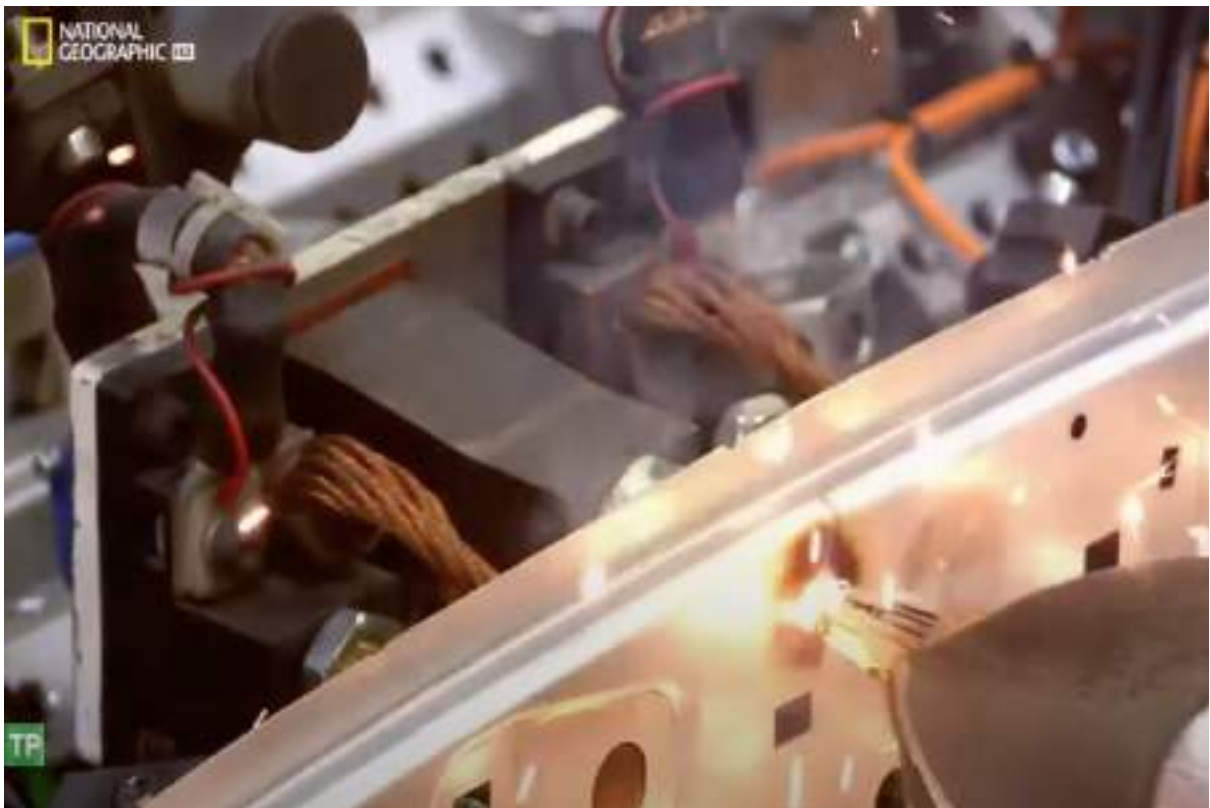
- Un camino óptico: Sirve trasladar la luz láser desde el generador hasta el lugar de aplicación. Para ello se usan una serie de espejos que giran el rayo. Algunos tipos de láser permiten realizar la conducción de luz por fibra óptica, lo que aporta mayor flexibilidad a los procesos.
- Una cabina de protección: Su función es proteger a las personas que se encuentran en esta zona y evitar la entrada de forma descontrolada.
- Anclajes de posicionamiento: El posicionamiento de las chapas es un tema crítico pues su precisión se determina en décimas de milímetro. Destaca la precisión del ajuste del posicionamiento entre chapas y del posicionamiento del haz láser respecto a la junta a soldar.





“Sala de robots”





8.2.13. Flujo del proceso y mapeo de pérdidas

La elaboración de los diagramas de flujo de proceso es una forma útil de registrar las actividades necesarias para completar el proceso de producción, son una de las formas más simples de mostrar el flujo de trabajo y una parte esencial de la ingeniería industrial, en particular del estudio de métodos y tiempos . Hay un simbología básica la cual es:

- Operación: un paso principal de la parte, material o producto es usualmente modificado o cambiado y se representa con un círculo.
- Inspección: Indica verificación de alguna característica de calidad o cantidad de la parte, material o producto y se representa con un cuadro.
- Transporte: El movimiento de trabajadores, materiales o equipo y se representa con una flecha hacia la derecha.
- Almacenaje: Es el almacenaje controlado en el cual el material es recibido hacia el almacén o enviado desde este, o una parte, material o producto es retenido para propósitos de referencia. El símbolo con el que se representa es un triángulo equilátero invertido.
- Retraso o demora temporal: indica un retraso en el proceso, o cuando una parte, material o producto es colocado enseguida de una operación o estación de trabajo, hasta que es requerido. El símbolo es una D mayúscula.

Operación	○
Transporte	→
Retraso, demora o almacenaje temporal	D
Inspección	□
Almacenaje	▽

Simbolos básicos para la representación de los diagramas de flujo de proceso

La mayor parte de la impresión de piezas de chapa, utilizadas para el montaje de la carrocería, se realiza en “centros de prensa” integrados o próximos a las plantas de montaje final. El ciclo de estampación de los elementos principales de las carrocerías de vehículos incluye más operaciones (desde un mínimo de cuatro hasta un máximo de seis), realizadas en prensas mecánicas o hidráulicas hasta una fuerza de impresión de 2000 toneladas para prensas individuales y hasta 10.000 toneladas para prensas transfer multiestación, en ciclos secuenciados y continuos. Los equipos y sistemas utilizados son diferentes según los niveles de producción establecidos:

- (a) Prensas mecánicas de transferencia multiestación con una cadencia muy alta (más de 15 ciclos/min) que se ajustan con una tasa de producción muy alta (más de 600 series/día);
- (b) Prensas mecánicas tradicionales o hidráulicas de nueva generación con un medio cadencia (entre 10 y 15 ciclos/min), interconectados por sistemas automáticos, preparados para una producción media (incluidas entre 60 y 600 series/día);
- (c) Prensas tradicionales hidráulicas o de formación de agua, con carga/descarga manual, con baja cadencia, preparadas para bajas tasas de producción (menos de 60 series/día).

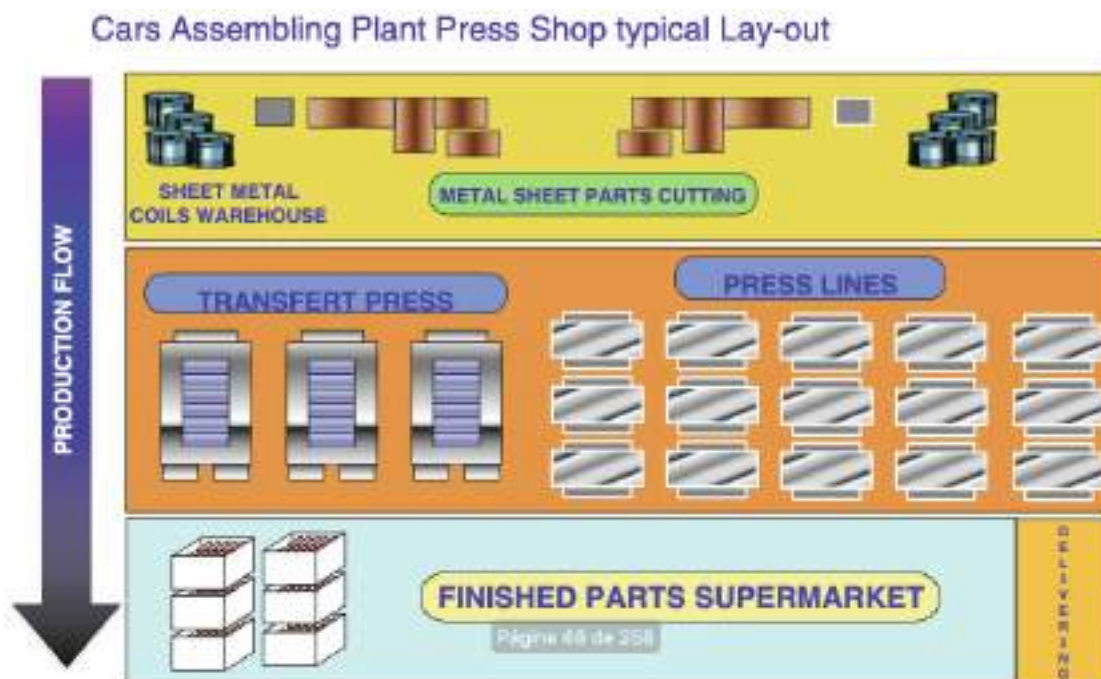


Fig. 1.9 Press shop layout

Los principales factores que influyen en los costos de fabricación son: depreciación de prensas y moldes, costos de mantenimiento y manejo de materiales. Por estas razones, es muy importante alcanzar y mantener un alto nivel de OEE (Eficiencia General del Equipo) y un buen nivel de utilización.

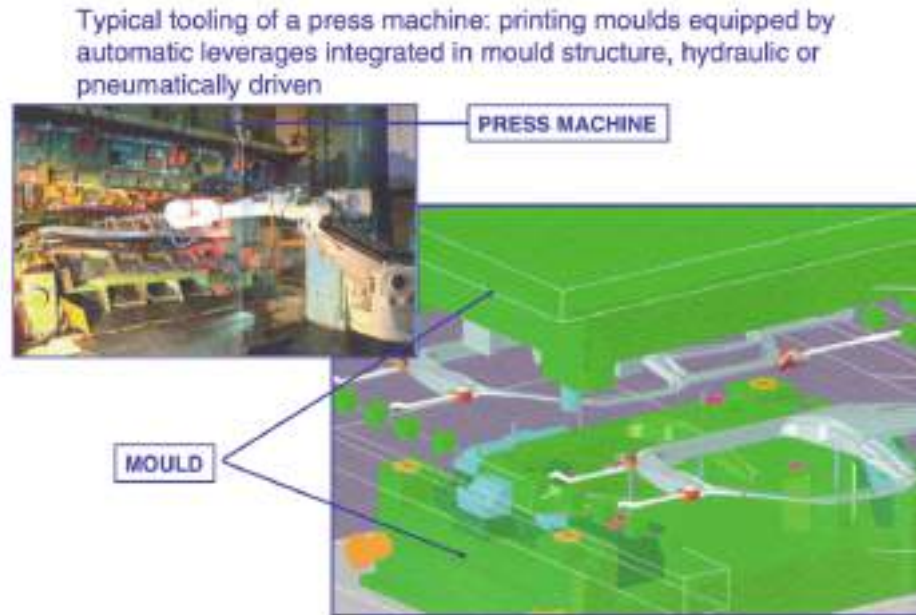


Fig. 1.10 Sheet metal parts printing process

Además, para mantener bajos los costos del producto, se debe optimizar el uso de láminas de metal. Esto depende de los esquemas de corte y los métodos y la tecnología de impresión (dimensión de "prensa de chapa").

Las piezas de metal usadas en exceso se transportan automáticamente en equipos de compactación y se transfieren a donde se pueden volver a trabajar en procesos metalúrgicos. A su vez es importante aclarar que el plan de ingeniería de fabricación define las direcciones de impresión y las fuerzas de prensado necesarias para las operaciones individuales.

Las molduras se construyen en dos partes principales gemelas (matriz y matriz), caracterizadas por sacudidas complejas y palancas hidráulicas y neumáticas. La matriz y el troquel están conectados con la parte inferior fija y la parte superior de presión de la máquina de prensa.

La producción se organiza por lotes, almacenando elementos en contenedores específicos, diseñados para evitar el riesgo de daños. Y su vez, tanto las inversiones básicas

(máquinas de prensa) como las específicas (moldes) son muy elevadas; por lo que es muy importante asegurar la eficacia global de los mejores sistemas de producción. Para este propósito:

- es necesario proporcionar un mantenimiento preventivo eficiente de los moldes y las piezas y componentes de las máquinas de prensa;
- se deben utilizar sistemas rápidos para el cambio de moldes para asegurar cortos “tiempos de preparación”
- (normalmente menos de 15 min, desde la parada hasta el reinicio de la producción).
- La calidad geométrica se controla estadísticamente a través de mediciones programables máquinas.
- La calidad de la superficie normalmente se verifica a través de controles visuales "en línea", basados en percepción del cliente.
- Siguiendo las directrices actuales, para la soldadura y el montaje de carrocerías en blanco de volumen alto o medio, se utilizan sistemas de producción flexibles y de automatización dura (orientada a la robótica).
- Las herramientas de ensamblaje son específicas para cada parte de cada producto y se utilizan para asegurar el nivel de "capacidad de proceso" necesario para las características geométricas y de estilo.
- La flexibilidad/convertibilidad de los sistemas se logra a través del intercambio rápido de herramientas específicas, de modo que es fácil establecer el nivel del modelo mixto en el mismo equipo o línea.

Los principales factores que influyen en el costo de fabricación son:

1. equipo específico y depreciación de herramientas
2. costos de mantenimiento
3. manejo de materiales

Incluso en esta área es muy importante lograr y mantener un alto nivel de eficiencia general del equipo y un buen nivel de utilización.

Las juntas se forman en su mayoría mediante soldadura por resistencia realizada con pistolas de soldadura neumáticas y electromecánicas. Para las estructuras de aluminio se utilizan tecnologías de remachado y soldadura TIG (Tungsten Inert Gas). Recientemente se han

implementado nuevas tecnologías de unión como la soldadura láser con o sin absorción de la cantidad de material, el remachado de juntas híbridas y el encolado estructural.

En la línea de terminación de la carrocería en operación de soldadura blanca, las partes móviles se unen a la carrocería y se ajustan correctamente junto con las partes plásticas que deben pintarse en línea con la carrocería.

Para esta tecnología, la relación volumen de fabricación/inversión muestra sus mejores valores cuando la capacidad de producción estándar se fija en 60/80 carrocerías/hora, dependiendo de la dimensión de los modelos.

Body in white assembling and welding process starts with subassemblies and ends with the complete body frame (including doors, bunnet and trunk)

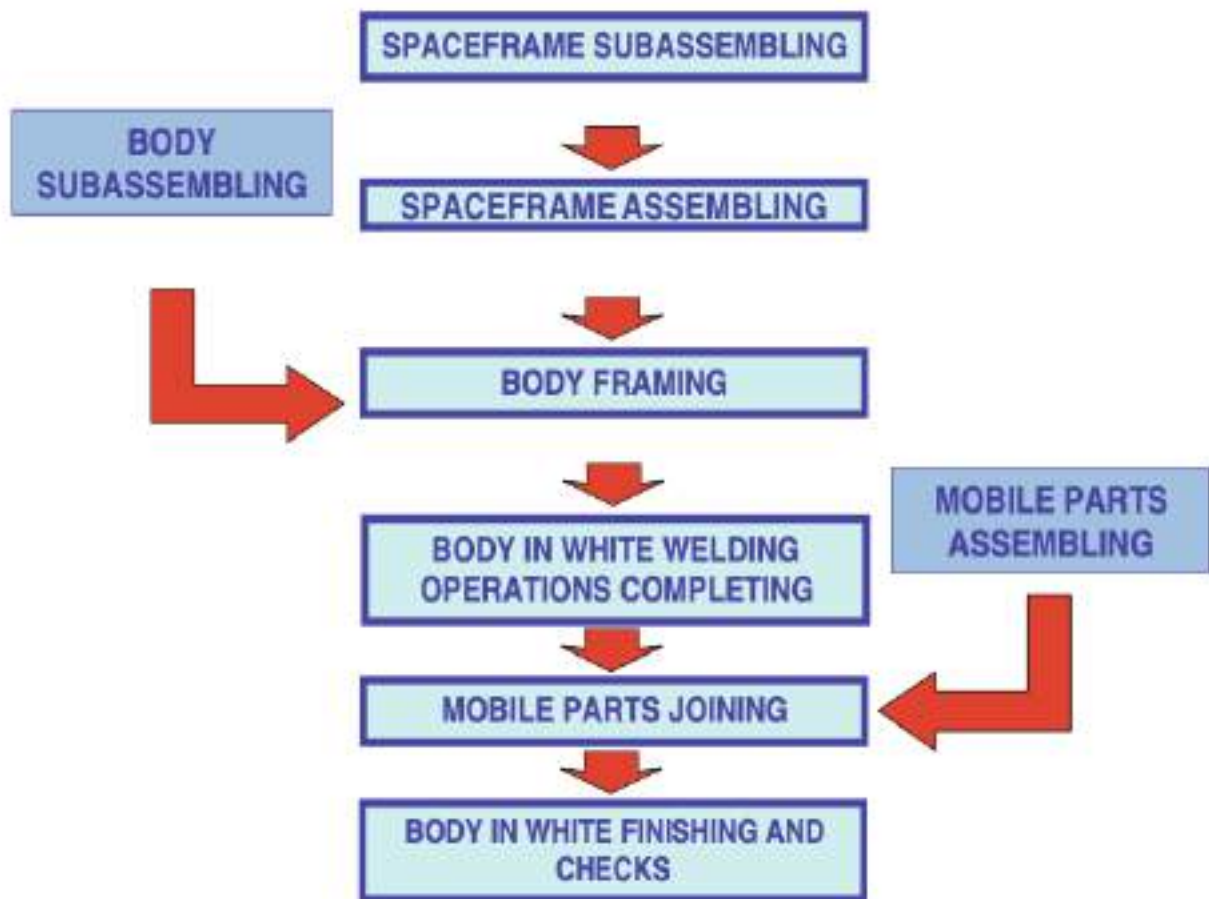


Fig. 1.11 Body in white welding and assembling flow

Body-Framing Gate station is determinant for body geometric precision

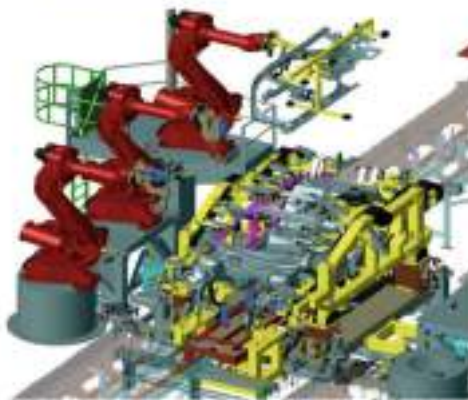


Fig. 1.12 Body in white framing gate station

Las actividades son las siguientes:

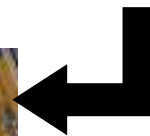
- I. TRASLADO: Se trasladan los rollos de acero mediante grúas operadas por un trabajador de piso de planta, hasta las cortadoras gigantes:



Grúa transporta el rollo de acero



Rollos de material con flechas indicando la dirección de alimentación y el sentido de giro



Cortadora gigante

Como sub-producto de este primer paso del proceso de producción se generan láminas que se denominan “blanks”, pueden ser rectangulares con un área que excede por poco el área superficial necesaria para embutir o lo que se denomina “forma” que tiene el contorno similar de la pieza a estampar. De este proceso se obtiene las láminas para luego colocar en la prensa correspondiente en orden de poder fabricar las puertas, baúl, entre otros.



Una vez se han descargado los blanks de acero, estos se van colocando en la cabecera de la línea de prensas para que por medio de distintos golpes de prensa, se van conformando las piezas dependiendo de los punzones y las matrices que se encuentren instalados. A piezas más grandes, prensas más grandes que tienen mayor capacidad de golpe aunque su velocidad decrece. Una prensa de 600 Ton trabaja a 300 piezas/hora.

El propósito de cualquier estructura de vehículo es soportar todos los componentes y subconjuntos principales que forman el vehículo completo (es decir, motor, transmisión, suspensión, etc.) y también transportar a los pasajeros y/o la carga útil de forma segura y cómoda.

En los primeros años de los vehículos de motor se fabricaban de forma tradicional con un bastidor de chasis independiente al que se unía una carrocería no estructural. Esta forma de construcción ha sobrevivido en vehículos comerciales y también en marcas de automóviles especializadas como Morgan. Dado que el bastidor del chasis soporta todas las cargas aplicadas (es decir, cargas de peso muerto debido al peso propio del vehículo y la carga útil, así como cargas "vivas" debido a las cargas aerodinámicas y dinámicas de los neumáticos), debe ser lo suficientemente fuerte y rígido. La mayoría de los bastidores de chasis tienen forma de escalera, es decir, dos largueros conectados por una serie de largueros transversales que

pueden no ser todos perpendiculares a los largueros, pero pueden adoptar una forma diagonal o cruciforme. La carrocería sirve principalmente como protección contra los elementos; generalmente está aislado del chasis a través de montajes flexibles (normalmente de goma) y por lo tanto contribuye muy poco a la rigidez general del vehículo.

El principal inconveniente del marco del chasis separado es que es esencialmente una estructura 2D y, por lo tanto, los miembros deben tener un módulo de sección alto y son relativamente pesados. Además, invariablemente conduce a problemas de montaje debido a la gran diferencia de rigidez entre el bastidor y la carrocería. Sin embargo, este tipo de construcción sigue siendo una forma popular de construcción en vehículos comerciales, ya que a menudo se puede montar una variedad de formas diferentes de carrocería en un marco tipo escalera común y el peso de la estructura del vehículo es menos importante que su peso total. capacidad de carga.



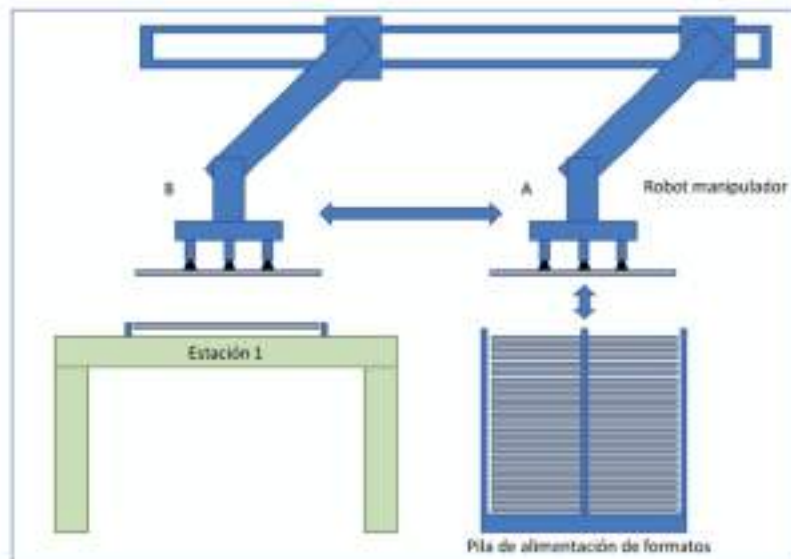
Fig. 4.1 Typical small truck chassis.
 Photo Christopher Ziemnowicz, licensed under [CC BY-SA 2.5], via Wikimedia Commons from "Wikimedia Commons"

La operación de estampado comienza con la colocación de la matriz (superior) al mazo de la prensa, y la inferior a la mesa de la prensa.

La chapa en bruto pasa por la lavadora (que la limpia y aceita), luego un brazo que dispone de sopapas de contacto por vacío, coloca el blank en la primera prensa que la

embute con un golpe, que puede variar de 400 a 5200 Ton, acorde a forma de la pieza. Posteriormente otro brazo la extrae y coloca en la cama de la matriz inferior de la segunda prensa, la que tiene matriz cortante que recorta excedente de la chapa.

II. OPERACIÓN: Alimentación a las prensas de las placas metálicas



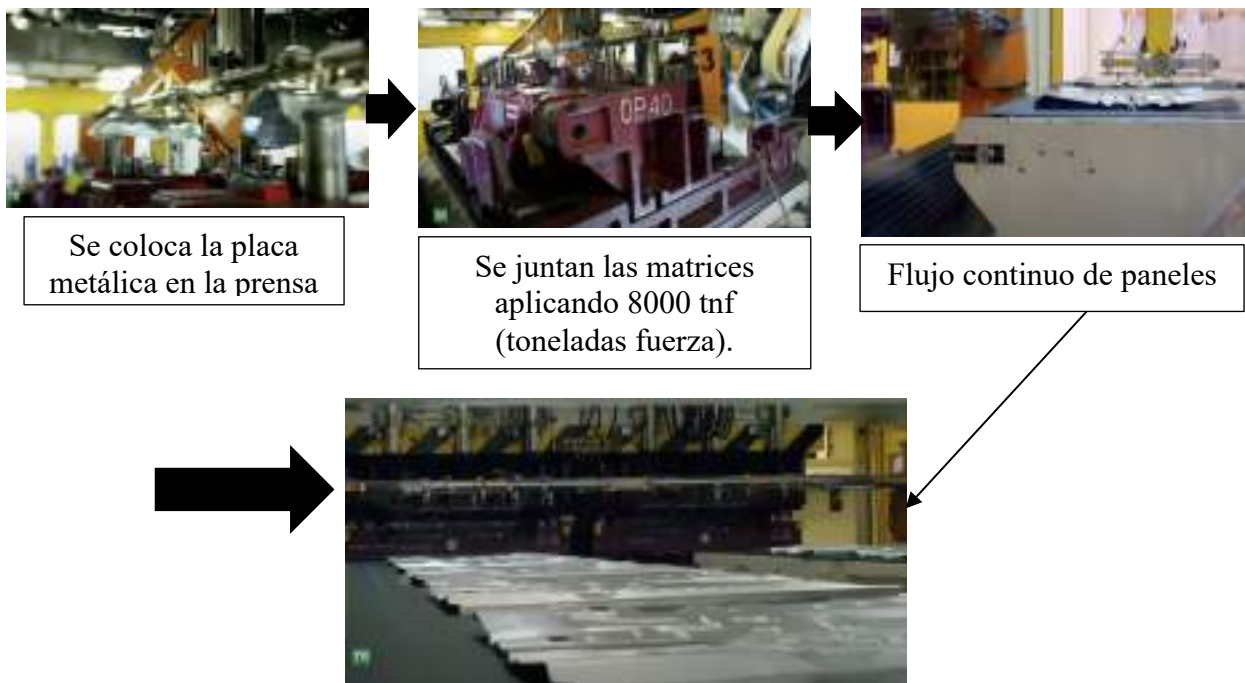
Las máquinas de presando necesitan darle forma a 7 paneles o placas metálicas por segundo, el resultado de este nivel de productividad se debe al sistema de prensado de placas o paneles de acero. Los brazos mecánicos con ventosas mueven el acero de una prensa a otra con más precisión y velocidad que cualquier persona.



Están conectadas como si fueran una máquina con lo cual pueden mover el acero por las prensas automáticamente para que tengan la forma correcta. Como se destacó anteriormente son prensas de enorme tamaño, que para darle forma al acero ejercen unas 8000 toneladas fuerza (tnf). Practicamente se ve como una cadena en serie de prensas hidráulicas, y la única forma que tiene de generar una fuerza tan grande es mediante pistones hidráulicos para juntar las matrices o troqueles.



Cada prensa presiona cada placa de acero hasta que consigue la forma deseada y en la fila de montaje se garantiza siempre un flujo continuo de paneles idénticos:



El taller de prensado es un sector clave, ya que es el más complejo de adaptar a la alta variabilidad de los planes de producción. Hoy en día el cliente quiere un auto con un alto nivel de personalización lo que exige que las plantas que producen automóviles tengan como prioridad la flexibilidad.

Dentro de cada prensa hay un troquel, como anteriormente se explicó en exhaustivo detalle, es lo que le da forma a las planchas de metal. Anteriormente era un trabajo manual que demoraba entre 3 o 4 horas en lo que la prensa quedaba totalmete no productiva, era una enorme pérdida para la planta.



En la actualidad la planta traslada con asistencia de operadores y grúas a bases móviles automatizadas cada troquel cuando es tiempo de cambiarlo, con lo cual una de las innovaciones propuestas en este Proyecto Final de Ingeniería es automatizar esta parte del proceso, la cual es automatizar este proceso (al igual que la alimentación de la materia prima a

las cortadoras propuesta anteriormente) en orden de llevar esta tarea a cabo con mejor productividad y menor pérdida de tiempo.



Como se explicó anteriormente, una de las principales pérdidas de productividad es el intercambio de los troqueles para los cuales se simuló para este Proyecto Final de Ingeniería la opción de trabajar con un controlador un manipulador móvil para llevar un bloque desde su configuración inicial hasta una configuración de objetivo, en esta simplificación el bloque simularia los troqueles.



Dispositivo móvil
(CoppeliaSim)

El objetivo central en esta parte del proyecto es la planificación una trayectoria para un manipulador móvil simulado, y controlar su movimiento para seguir la trayectoria planificada, en este caso tomar el troquel correcto y llevarlo a la prensa indicada (que es sólo una de seis). Para esto se utilizará uno de los software con los que la empresa ya cuenta para indentificar las piezas correctas a tomar mediante, que es la identificación por radiofrecuencia o RFID.

Se escribirá el software para controlar un manipulador móvil para llevar un bloque desde su configuración inicial hasta una configuración de objetivo. Para este caso en particular:

- Configuración inicial: la ubicación del troquel indicado en el depósito.
- Objetivo: colocación en la prensa indicada.

Para realizar esta tarea, primero se escribirá software para planificar la trayectoria nominal del efector final. Para tener en cuenta los errores y perturbaciones iniciales, también se diseñará un controlador de retroalimentación para conducir el efecto final a lo largo de la trayectoria. Finalmente, escribirás un simulador, y para ello usarás la odometría para calcular el movimiento del chasis dadas las velocidades de rueda que comanda el controlador. También se supone que las estimaciones de la odometría están disponibles para el controlador de retroalimentación. La trayectoria de referencia para la pinza es la concatenación de ocho segmentos de trayectoria:

- El primer segmento lleva la pinza a una configuración de separación por encima del bloque.
- El segundo lleva la pinza hasta el bloque.
- El tercero cierra la pinza.
- El cuarto recoge la cuadra.
- El quinto lleva el bloque a un punto por encima de la configuración del objetivo.
- El sexto pone el bloque hacia abajo, el séptimo libera el bloque, y el octavo aleja la pinza.
- En el segmento de trayectoria 1, la pinza comienza en una configuración alejada de la trayectoria de referencia, y el controlador de retroalimentación conduce la pinza de nuevo a la trayectoria de referencia. El segmento 2 mueve la pinza hacia abajo, el segmento

3 agarra el bloque y el segmento 4 mueve la pinza hacia arriba. El segmento 5 mueve la pinza hacia la configuración de objetivos del bloque. El segmento 6 pone el bloque hacia abajo, el segmento 7 libera el bloque y el segmento 8 aleja la pinza.



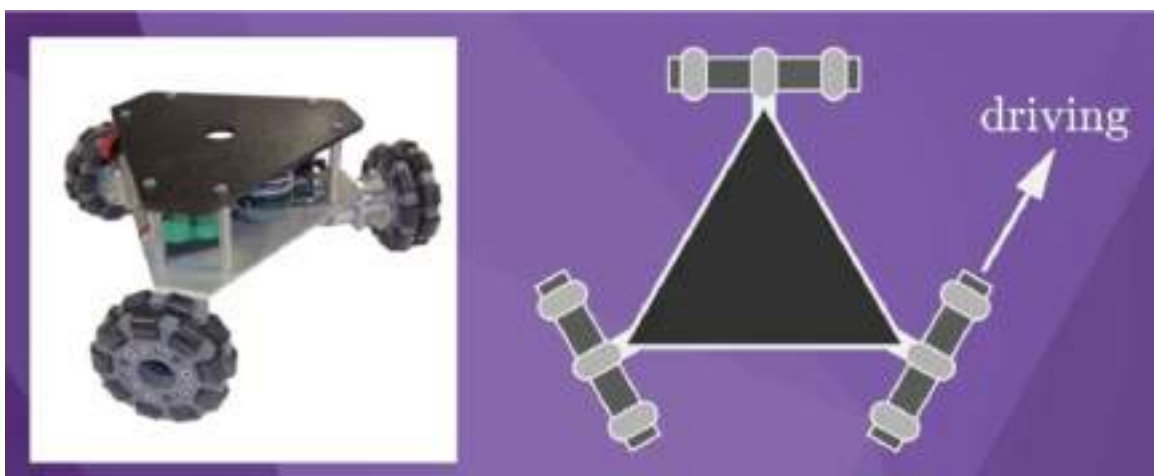
Los robots móviles con ruedas emplean ruedas convencionales, como la rueda monociclo, que no permiten el deslizamiento lateral, o ruedas que permiten deslizarse hacia los lados mediante el uso de rodillos alrededor de la llanta de la rueda, como la rueda Omniwheel y la rueda de mecanum.



Si bien es posible construir robots móviles omnidireccionales utilizando ruedas convencionales, al dirigir adecuadamente cada rueda, a menudo los robots móviles omnidireccionales se construyen utilizando omniwheels sin dirección o ruedas de mecanum.

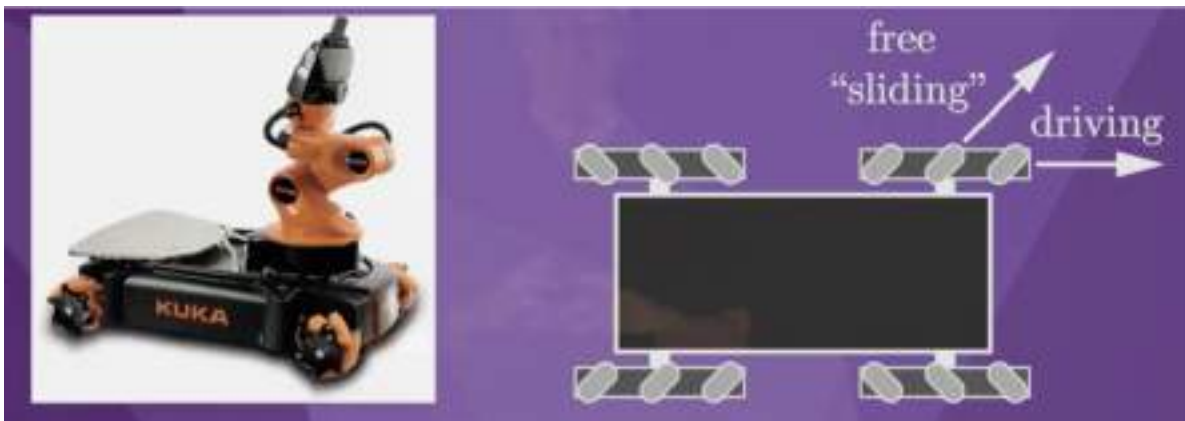
Este Proyecto Final de ingeniería se centrará en robots usando omniwheels y ruedas de mecanum.

Esta imagen muestra un robot móvil con tres omniwheels. Esta es una vista superior esquemática del robot. Cada rueda se controla conduciendo la rueda hacia adelante o hacia atrás, y se supone que las ruedas no se deslizan ni se deslizan en la dirección de conducción. Los rodillos de la rueda permiten el deslizamiento libre de la rueda en la dirección ortogonal.

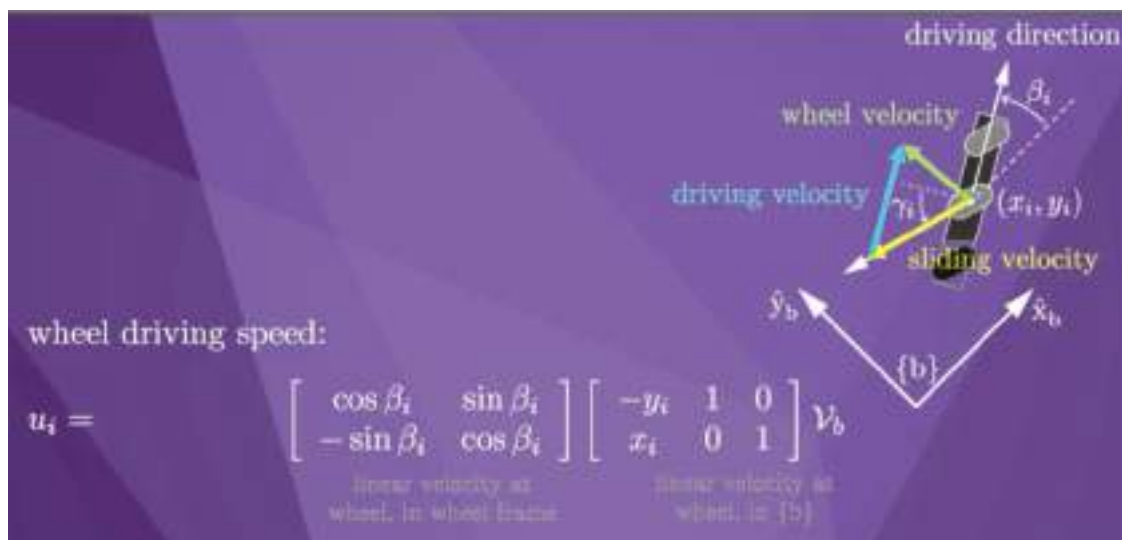


Esta base móvil tiene cuatro ruedas de mecanum, que no se deslizan en la dirección de conducción, pero permiten el deslizamiento libre en un ángulo de 45 grados con respecto a la dirección de conducción.

El principio detrás de la omnirueda y la rueda de mecanum es el mismo, pero difieren en la dirección en la que permiten el deslizamiento libre.



Primero se define un cuadro $\{b\}$ fijo al chasis del robot. El centro de la rueda i está en $(x_i ; y_i)$, y su dirección de conducción hacia adelante, la dirección en la que rueda sin deslizarse, está en un ángulo β_i , con respecto al eje \hat{x}_b . Los rodillos alrededor de la llanta de la rueda permiten el deslizamiento libre en un ángulo γ_i relativo a la dirección perpendicular a la dirección de conducción. γ_i es 0 grados para una omnirueda y 45 grados para una rueda de mecanum. Con estas definiciones, se puede calcular la velocidad de conducción de la rueda u , que es la velocidad de rotación del motor conectado a la rueda. Se define la velocidad lineal en el centro de la rueda, como indica el vector mostrado en verde.



La odometría es el proceso de estimación de la configuración del chasis a partir de los movimientos de las ruedas, integrando esencialmente el efecto de las velocidades de las ruedas. Dado que la detección de rotación de ruedas está disponible en todos los robots móviles, la odometría es conveniente. Los errores de odometría tienden a acumularse con el tiempo, sin embargo, debido al deslizamiento o deslizamiento de las ruedas y al error de integración numérica. Por esta razón, la odometría generalmente se complementa con técnicas de estimación utilizando sensores exteroceptivos, como cámaras, sensores de alcance y GPS.

De esta forma la operatoria actual de traslado de los troqueles se optimizaría evitando las tres personas que hoy actualmente requiere la operación, y pasaría a solamente necesitar una de ellas para supervisar la operación. Al igual que el sector de pintura y la sala robótica de soldadura se necesita que se restrinja el ingreso de persona a la zona del depósito de troqueles por al alta peligrosidad que representan los potentes brazos robóticos tipo grua que se encontrarán permanentemente en esa parte del depósito. De esa forma, con el solo plan de producción cargado en SAP automáticamente la plataforma integrada XMII lo incluirá dentro de los requerimientos de cambio de marca reduciendo a cero minutos la espera del troquel.



8.4. Etapa 2: pintura

8.4.1. Descripción del proceso

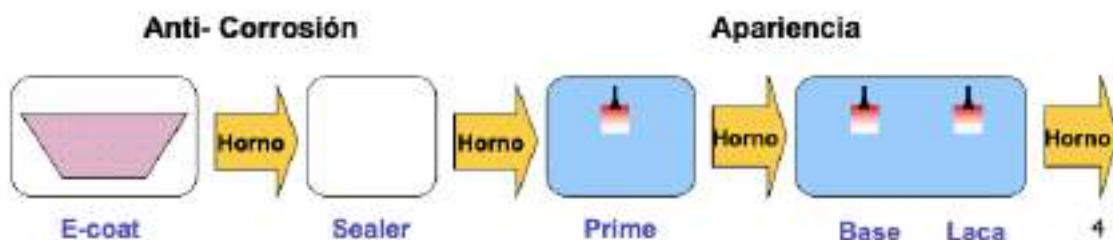
El proceso en pintura cumple con dos funciones:

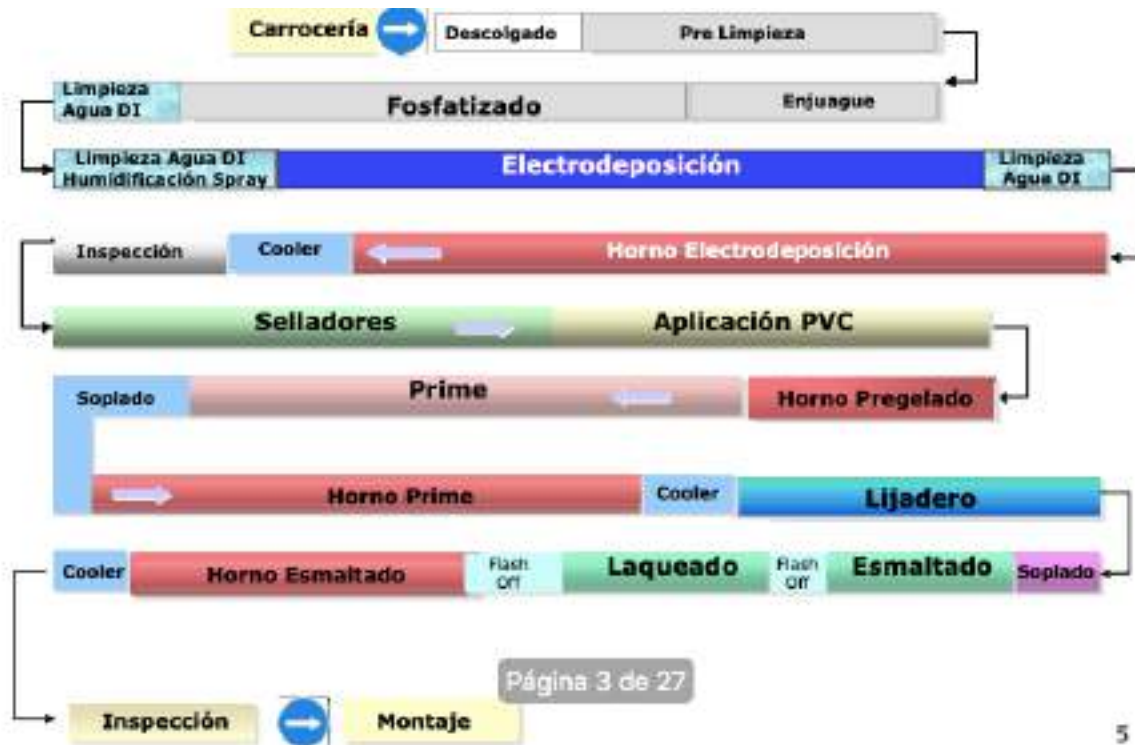
- 1) Proteger las partes metálicas de corrosión, al proveerle de una barrera física y química contra sol, sal, agua, tierra y brea del camino y demás contaminantes ambientales.
- 2) Provee una capa de esmalte, la cual debe mantenerse por años en condiciones normales de uso, permaneciendo brillante.

Brillo es un término óptico que describe la capacidad de una superficie para reflejar la luz. Una superficie pintada de alto brillo es aquella que refleja la luz directamente con un mínimo de distorsión o difusión.

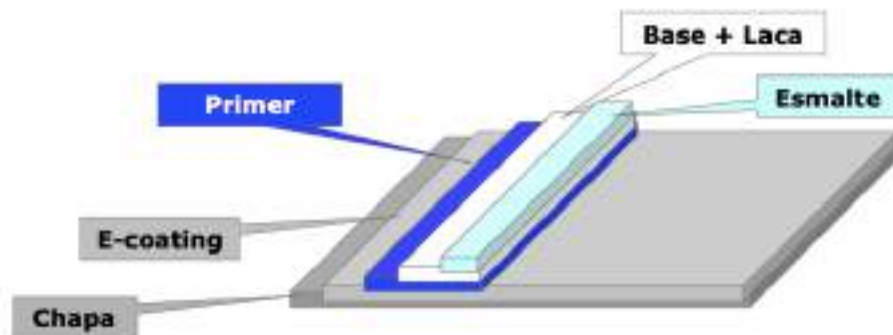
La tierra, brea y otros contaminantes en la superficie de la pintura automotriz absorben y difuminan la luz, reduciendo el brillo y haciendo que el acabado sea opaco y sin vida. Ninguna pintura va a permanecer brillante si se le abandona y es expuesta a los contaminantes ambientales. Las principales etapas están compuestas por:

Las principales etapas están compuestas por:





La pintura es una mezcla de líquidos y sólidos, ambos ofrecen protección contra la corrosión y terminación que le da brillo a la unidad. Los pigmentos son los sólidos, y dan el color a la pintura, proveen durabilidad, mejoran la adhesión a la superficie y ayudan a tapar los defectos superficiales de la carrocería. Las resinas son el grueso, la parte líquida de la mezcla que conforma la pintura. Unen los demás componentes cuando la pintura es líquida. Los solventes son líquidos volátiles. Dan fluidez y controlan el espesor de la mezcla. Los aditivos son químicos adicionados a la pintura en pequeñas cantidades. Mejoran las propiedades físicas y químicas como: flexibilidad, fluidez, durabilidad, consistencia y tiempo de secado.



La pintura se compone principalmente de: resina, disolvente, pigmento y aditivos.

La resina posibilita que los distintos compuestos de la pintura de carrocería puedan unirse a fin de formar una película seca, continua y lisa. Según el tipo de resina utilizada, se obtienen unos niveles concretos de adherencia, sellado y protección, brillo y resistencia mecánica y química. Además, el tipo de ligante también determina su forma de secado y curado final. En la siguiente tabla, se pueden ver los tipos de resina más empleados en automoción con su correspondiente modalidad de secado.

Tipo de resina	Tipo de secado
<ul style="list-style-type: none"> • Vinílicas • Acrílicas • Alquitranes y breas • Clorocaucho • Poliuretano 	Secado físico por evaporación de los disolventes
<ul style="list-style-type: none"> • Gliceroftálicas o sintéticas • Poliuretanos • Silanos modificados (polímeros MS) 	Reacción por absorción de la humedad
<ul style="list-style-type: none"> • Acrílicas • Epoxi • De poliéster • Poliuretano 	Por reacción química con catalizador

El tipo de resina empleada por el fabricante de pinturas depende del cometido que vaya a cumplir dicho recubrimiento. En automoción, estas son las combinaciones más habituales:

- Las pinturas de fondo empleadas como material de relleno, como las masillas o las resinas empleadas para reparar fibra de vidrio, suelen utilizar resinas de poliéster por ser más económicas y suficientes para el cometido que tienen.

- Otras pinturas de fondo como los aparejos o las pinturas de acabado (barnices, bases de color, etc.) suelen estar compuestos por resinas acrílicas, con el objetivo de ofrecer el mejor acabado posible (textura, nivel de brillo, resistencia de la película obtenida, etc.).

- Algunos adhesivos estructurales y otros anexos de pintura se fabrican con resinas epoxi para dotarlos de mayor adherencia, resistencia mecánica y protección anticorrosiva. Algunos reparadores de plásticos e imprimaciones anticorrosivas se fabrican con este tipo de resina.

- Los productos antigavilla, como TEROSON SB S3000, y los protectores de bajos, como TEROSON RB R2000 HS, están compuestos por clorocauchos, alquitranes y elastómeros para poder proporcionar la gomosidad que exigen ciertas zonas del vehículo expuestas a proyecciones desde el asfalto, y de resinas sintéticas que les aportan dureza y resistencia a la abrasión.

- Otros adhesivos estructurales, como los adhesivos de lunas, los reparadores para plásticos y algunos selladores de uso general son de base de poliuretano.

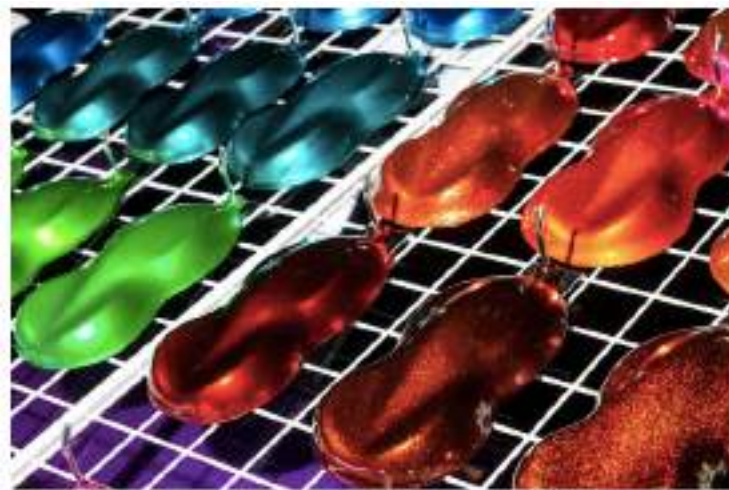
El pigmento es el compuesto encargado de cumplir una función determinada dentro de la composición de una pintura de carrocería, principalmente, dar un color, una textura o un efecto concreto. Así, los pigmentos quedan clasificados de la siguiente forma:

- Pigmentos de cobertura (blanco de cinc, azul de prusia, negro de grafito, óxido de titanio, etc.). Son incorporados a la pintura de carrocería para darle un color y una opacidad determinados y, conseguir, así, que el fondo tenga los rasgos cromáticos deseados.

- Pigmentos especiales para dar efectos. Su adición a la pintura de carrocería permite que se consigan distintos efectos luminosos y colorimétricos dependiendo del tipo de luz que les refleja o el ángulo desde el que se observa la pieza.

Las partículas metálicas, las perladas, los efectos camaleón o los pigmentos cromados son algunos ejemplos de este tipo de compuesto.

- Pigmentos de carga (talco, caolín, etc.). Estos pigmentos dan cuerpo a la pintura y le otorgan más espesor. Las masillas o los aparejos llevan una mayor proporción de estos pigmentos.
- Pigmentos anticorrosivos (minio de plomo, cinc, magnesio, etc.). destinados a evitar o convertir los efectos negativos de la oxidación y la corrosión. El cinc en aerosol es un ejemplo de pintura en la que se utilizan estos pigmentos.



El disolvente es el compuesto que le confiere una determinada fluidez a la pintura. Su inclusión permite que la pintura se deposite sobre la superficie de forma uniforme durante la aplicación y mantenga una textura lo más lisa posible. Los disolventes utilizados en la fabricación de pinturas son generalmente de tipo acuoso, alifático, aromático o con alcoholes, ésteres o acetonas.

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden en pequeños porcentajes para conseguir efectos como los siguientes:

- Antipiel: favorecen la evaporación de los disolventes.
- Espesantes: facilitan la aplicación en superficies verticales y reducen el riesgo de que la pintura descuelgue gracias a su tixotropía.
- Secantes: mejoran la deposición de la pintura sobre la superficie y contribuyen a su secado.

- Siliconas: aportan brillo a las pinturas y resistencia a la abrasión.
- Plastificantes o elastificantes: aportan flexibilidad a la capa de pintura.
- Matizantes: ajustan el nivel de brillo de las pinturas.
- Absorbedores de UV: protegen la pintura de los efectos de la radiación ultravioleta para evitar su degradación.

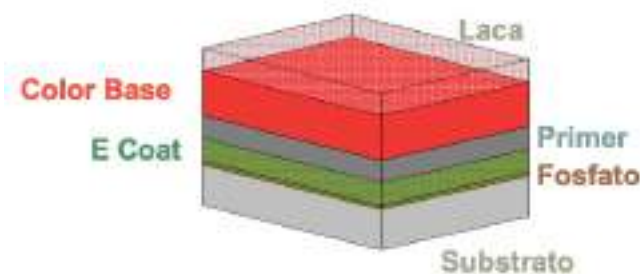
En el caso de los plastificantes y los matizantes, también se comercializan productos específicos para la reparación de vehículos, con el objetivo de darle flexibilidad a la pintura aplicada sobre plásticos o ajustar el nivel de brillo de la laca.

El acabado de la pintura usa pigmentos opacos que no permiten que la luz los atraviese. Esto genera que el color de la pintura se vea igual, desde cualquier ángulo de visión. Tiene escamas de Aluminio que irradia flashes plateados en la pintura, desde los cambios de contorno de la carrocería. Los efectos especiales de Acabado los da la mica. Al cambio de ángulo de visión, se observa sutiles cambios en el color de la pintura.

El fosfato es la primera capa aplicada sobre el metal. Esta protección de corrosión es aplicada en todas las superficies tanto interiores como exteriores.

El material de Electrodeposición (E-Coat) adiciona protección contra la corrosión y mantiene al agua lejos de la superficie del metal. Prime mejora la resistencia a la corrosión, promueve la adhesión de capas superiores y una superficie pareja para aplicar las capas superiores. Las pinturas “sólidas” o “pasteles” están compuestas por un sólo material. Este único pack de pintura provee todo el color, durabilidad y brillo necesario. El color base da el color final y su aplicación, es la primera etapa de un proceso de dos etapas. La laca es la segunda etapa y se aplica como capa superior en todas las pinturas.

Aunque no tiene color en sí, la laca genera un alto brillo, acabado superficial y resistencia al medio ambiente.





La resistencia a la corrosión y la calidad de la pintura, son factores principales en la satisfacción del cliente. La sección de capa superficial describe las operaciones de Fosfato, y Electrodeposición (E-Coat).

El proceso de pintura del cuerpo en blanco se estructura en fases secuenciadas, según un flujo continuo que se puede dividir en dos macroáreas:

- (a) Tratamientos previos al pintado, incluyendo lavado, desengrasado y fosfatado, que activa el pegado del revestimiento sobre el metal, revestimiento anticorrosivo aplicado por inmersión de la carrocería en baño electroquímico, aplicación de materiales poliméricos para insonorización y sellando.

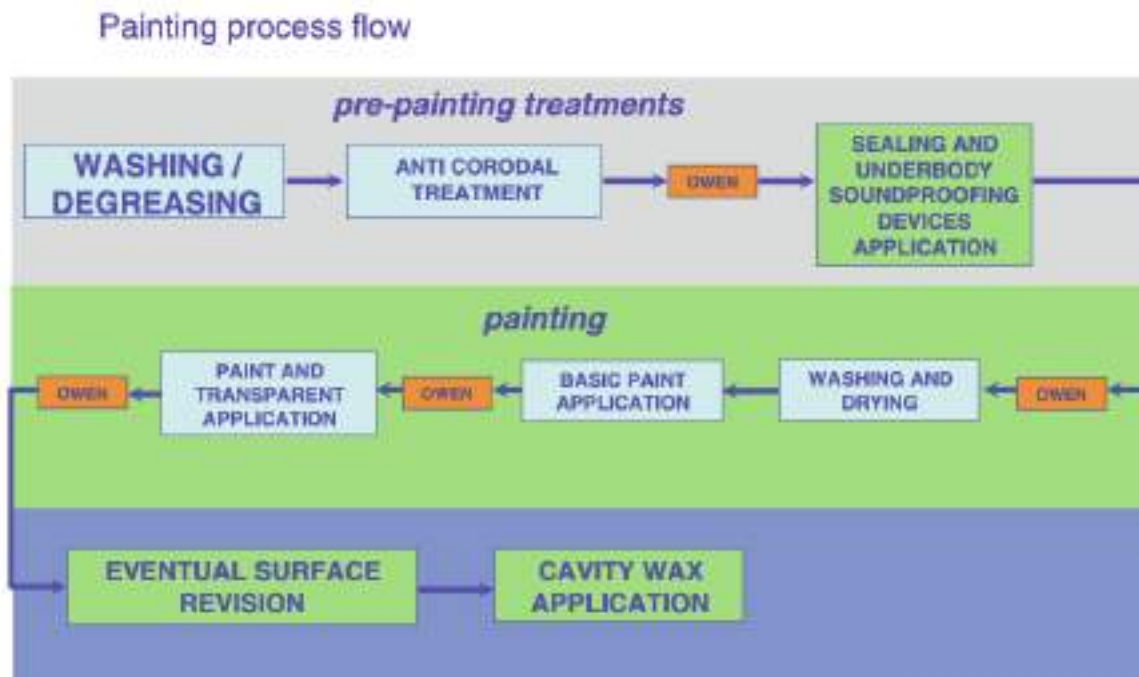
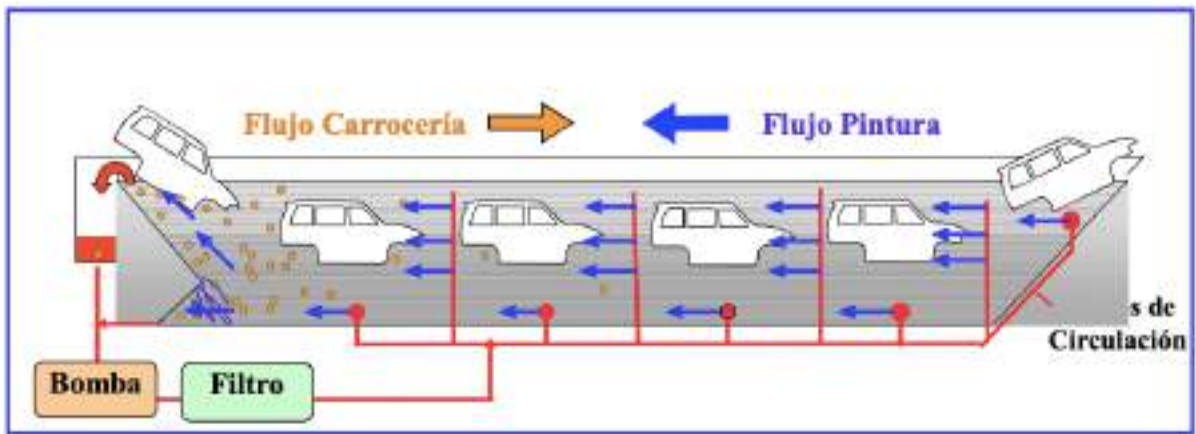


Fig. 1.13 Body in white painting process



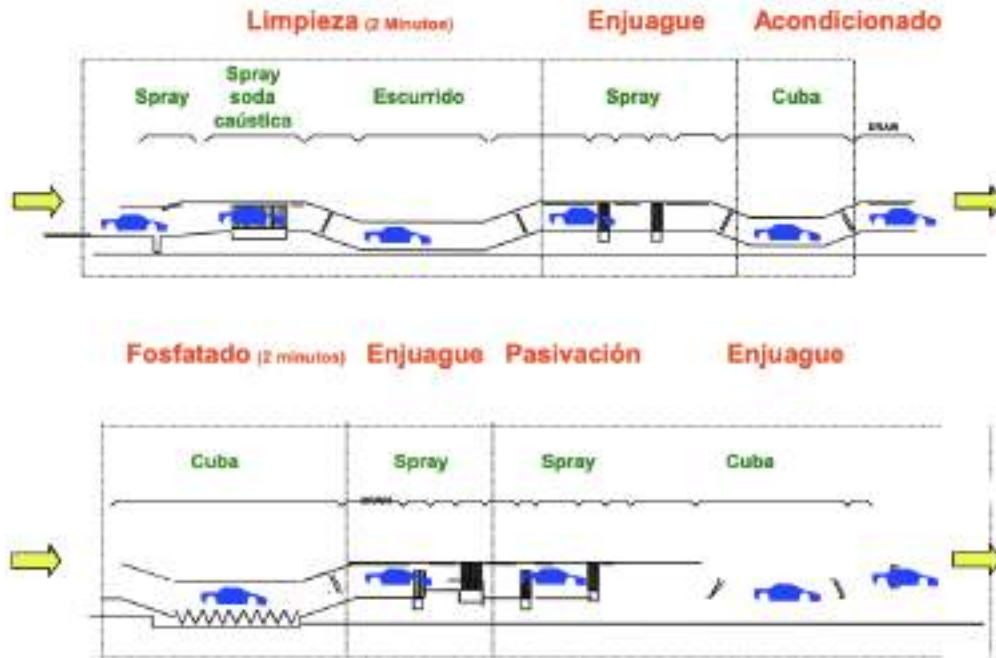
La operación de generar una capa de fosfato en la unidad, tiene como fin promover la adhesión de la pintura y mejorar la resistencia a la corrosión. El sistema puede ser aplicado usando:

- Spray
- Cubas

El ácido de la solución de fosfato ataca la superficie metálica y la reemplaza con una película de cristales de fosfato de Zn. Las etapas principales se componen:

- Limpieza de carrocería.
- Uno o más ciclos de lavado o enjuague.
- Cuba de fosfatizado.

- Lavados de estabilizado
- Lavado con agua desionizada.

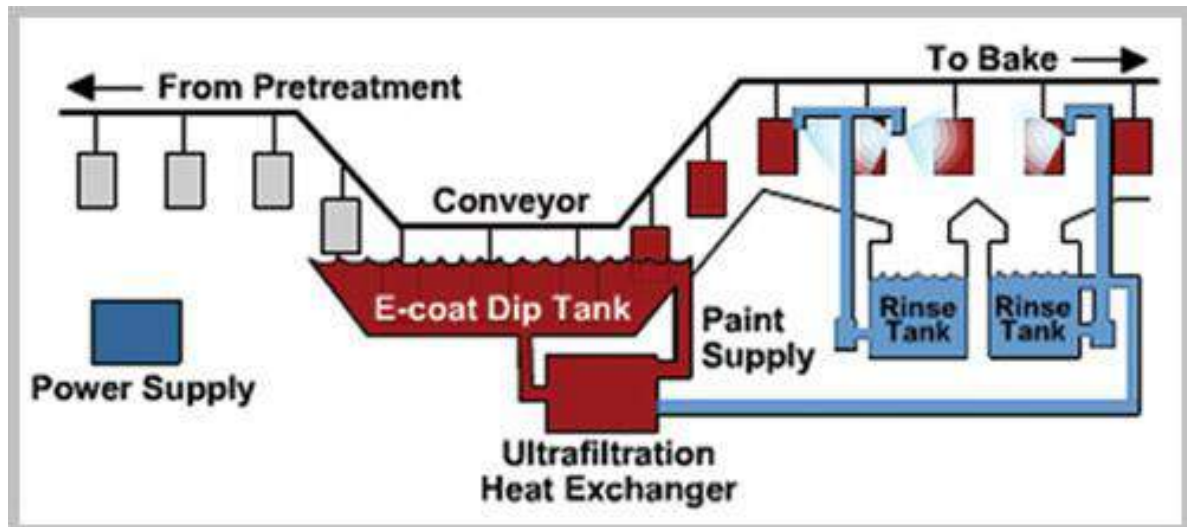


El proceso de electrorecubrimiento (E Coat) de pintura, es similar al proceso de revestimiento metálico con Ni o Cr. La diferencia es el uso de sustancia orgánica en vez de metal. El baño de electrorecubrimiento (E Coat) es una dispersión compuesta de partículas de resinas y pigmentos recubiertos de resinas.

La resina por sí misma, no es soluble en agua. Para el caso de resinas utilizadas en E Coats catódicos, estas son básicas y son solubilizadas por ácidos tales como ácido acético. E-coat liga eléctricamente el film de Resinas y Pigmentos a la capa fosfatizada.

Las resinas tienen carga positiva y son atraídas por el cátodo (negativo). El equipo completo de E Coat consiste en:

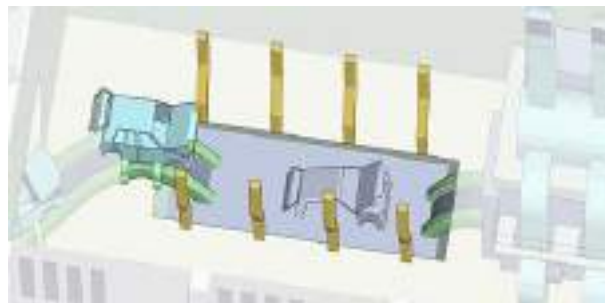
- Cubas o tanques profundos cerrados.
- Enfriadores
- Filtros
- Separadores
- Circuladores



El sistema de enjuague a contraflujo incorpora varias etapas de lavadores, las cuales van limpiando sucesivamente de partículas sólidas, las que son recolectadas y enviadas a la cuba donde son reutilizadas.

El tiempo de la limpieza con las duchas, está diseñado para minimizar el transporte de partículas de una etapa a la siguiente.

Un automóvil bien diseñado es lavado en 45 segundos. Uno pobremente diseñado, supera el minuto. Los tanques o cubas tienen un tamaño que permiten 3 minutos de inmersión total, más su ingreso y egreso.



La profundidad de la cuba debe proveer de 0.3 a 0.5 metros por encima y debajo de la carrocería. El ancho debe permitir las celdas anódicas. En general el tanque debe ser 1.5 m, más ancho que el de la carrocería. Las cubas se construyen de acero de bajo carbono, con una capa interior de epoxi-cemento que le da buena resistencia química, dureza contra la abrasión y especialmente las torna diaeléctricas. Son cerradas con el fin de proteger la pintura de contaminación externa y para proteger al personal de los peligros del proceso. Contienen

350000 litros de pintura e-coat. El baño E-Coat tiene carga eléctrica positiva y la unidad está cargada negativamente. Esto crea atracción eléctrica entre los químicos de la solución en el baño y la superficie del vehículo. El ión Resina que tiene carga positiva, se ve atraído por el Cátodo negativo.

(b) Pintura, aplicada por robots automáticos con un rociado electrostático, en cabinas acondicionadas con un alto nivel de renovación de aire, temperatura y humedad controladas, para asegurar la eliminación del fenómeno de "sobre rociado" y la evaporación rápida de solvente o recubrimiento básico de agua.

Después de cada fase, se completa la polimerización por desecación de las capas, obtenidas en hornos de flujo continuo, y seguida de un cuidadoso lavado con agua desionizada.

Los puntos focales para la correcta gestión de los procesos anteriores son:

- control de uso de materiales (de alta calidad y costosos);
- mantenimiento preventivo de equipos fluidicos y de filtrado;
- una limpieza rigurosa de los equipos anteriores;
- gestión logística de los sistemas de pintura y pulverización;
- control de calidad por parámetros de proceso y calidad de conducción de trabajos manuales.

– Los materiales de proceso gaseosos, líquidos y sólidos rechazados también son relevantes, y debe tratarse antes del agotamiento de acuerdo con estrictas normas legales.



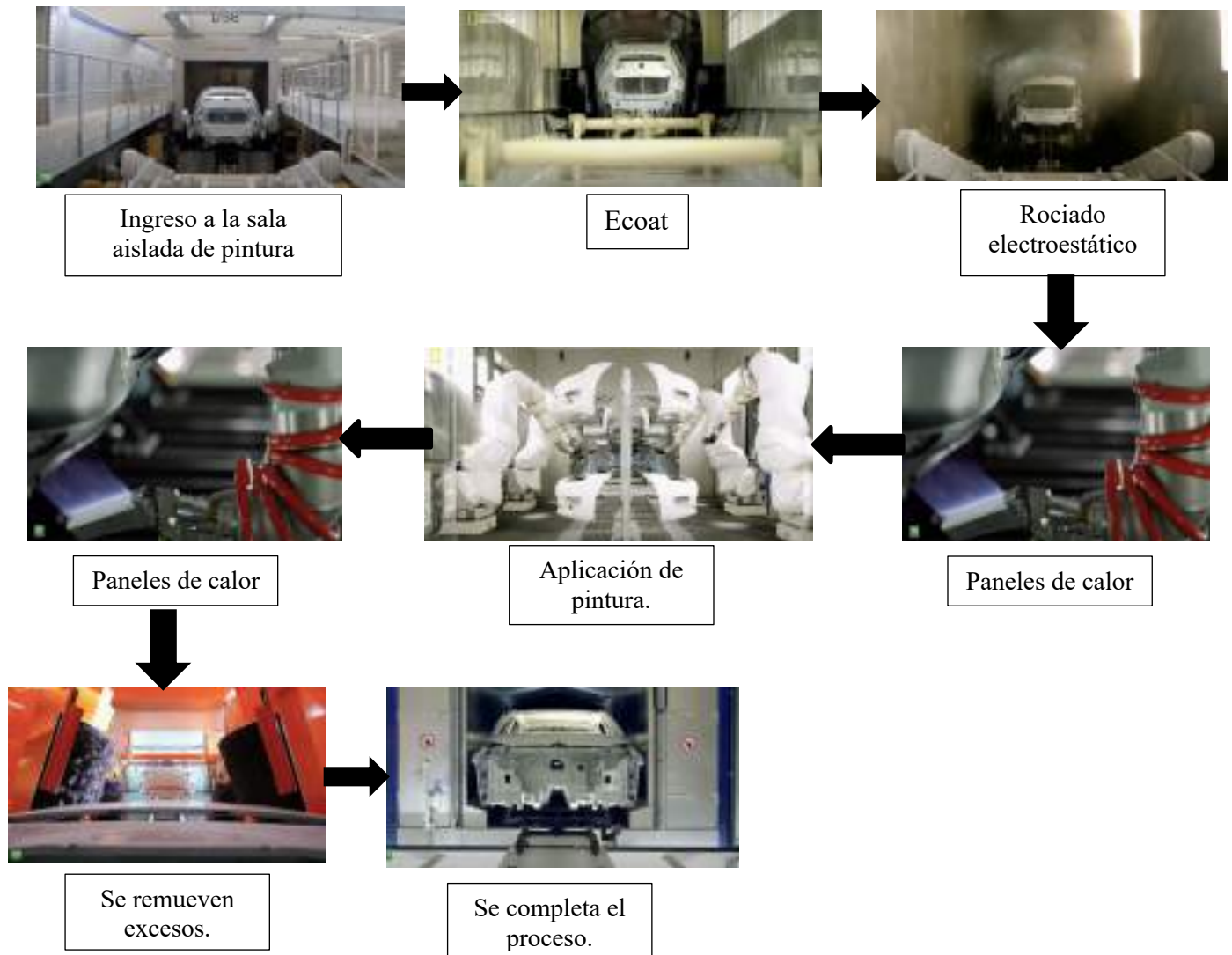
Previamente se exponían a los trabajadores a sustancias nocivas.



Sala aislada completamente automatizada.

Hay muchos espacios de producción, como se aclaró a lo largo del proyecto, donde no participan los trabajadores.

La pintura libera gases nocivos a los que obviamente los robots son inmunes, por esto para completar la pintura del auto se necesita trasladarlo a una sala completamente cerrada y aislada. Luego los paneles de calor ayudan con la adhesión de las capas finales.



Para esta tecnología, la relación volumen de fabricación/inversión muestra sus mejores valores cuando la capacidad de producción estándar se fija en 60/80 cuerpos/hora para la parte:

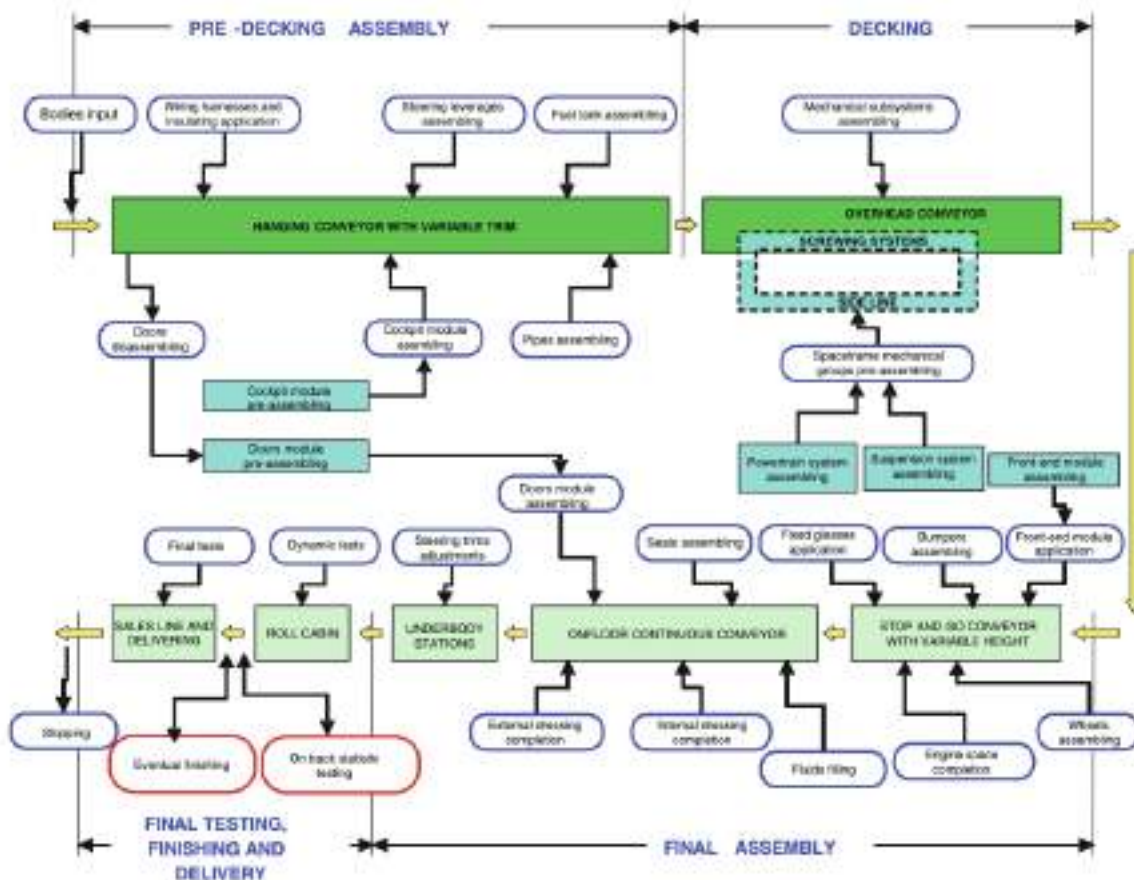
- a) del proceso y en 30/40 cuerpos/hora para la parte

b) Por lo tanto, es normal que una misma unidad de equipo de tratamiento previo al pintado proporcione trabajo suficiente para dos unidades de equipo de pintura.

8.4. Etapa 3: ensamblaje

Los principales factores que influyen en el costo de fabricación son: el consumo específico de energía y materiales directos, la mano de obra necesaria para administrar el proceso y los costos de mantenimiento del equipo

Para el flujo continuo en el montaje general de automóviles y vehículos comerciales, o stop and go, se utilizan líneas con estaciones interconectadas, gestionando secuencias fijas de producción.



Las líneas se pueden dividir en los siguientes subprocesos principales de ensamblaje:

(a) Ensamblaje previo al entarimado

Comienza con las puertas desmontadas de la carrocería pintada. Las puertas se retiran para facilitar el montaje de la operación en el interior de la carrocería y, una vez finalizado el faenado, son transportadas por transportadores automáticos hasta la zona de montaje final; las operaciones posteriores son instalaciones fluídicas y eléctricas, cabina, instrumentos, palanca de dirección y montaje del depósito de combustible en el vehículo.

La carrocería pintada se traslada a las estaciones de montaje a través de un transportador de cadena de doble carril o un transportador automático, equipado con un gancho colgante capaz de girar sobre el eje de traslación para facilitar la mejor condición ergonómica para las operaciones debajo de la carrocería.

El módulo de cabina completo y los módulos de instrumentos y puertas se preparan en estaciones dedicadas al costado de la línea principal y se transportan directamente al punto de instalación en el vehículo, de acuerdo con la secuencia de producción programada a través de sistemas programados.

(b) Montaje Mecánico y Entablado

Esta importante fase de montaje del proceso se realiza en línea inmediatamente después de la anterior e incluye el montaje en carrocería de los siguientes grupos mecánicos: sistema de propulsión, grupos de transmisión, sistemas de suspensión y tubos de escape. Estos grupos se preparan en la zona de “montaje mecánico” y se trasladan a la zona de “decking” mediante sistemas de transporte sincrónico. La unión al cuerpo se realiza normalmente mediante sistemas de atornillado automático multicabezal, con par de apriete controlado.

(c) Asamblea Final

Esta fase también está conectada con la anterior, pero la misma línea de “decking” podría alimentar dos líneas paralelas de “ensamblaje final”, en caso de que sea necesario dividir el flujo de producción para diferentes modelos con el mismo marco espacial. Cada línea de “ensamblaje final” se divide en tres partes secuenciales.

En la primera parte, las carrocerías premontadas procedentes de la zona de cubierta se colocan sobre unos soportes especiales para ser trasladadas mediante un sistema stop and go a la siguiente estación. En las plantas modernas, las carrocerías están dispuestas a través del eje de línea en esta fase para facilitar el montaje del módulo "front-end" y para mantener ergonómicas las operaciones de batería eléctrica, filtros de aire y conexiones del motor. Los vidrios fijos también son ensamblados por sistemas automáticos en esta parte. Para las operaciones posteriores, como el montaje de las ruedas, la carrocería se dispone de nuevo sobre el eje lineal.

En la segunda parte, el vehículo de ruedas se apoya sobre una cinta transportadora de movimiento continuo en la línea del piso; Se ensamblan asientos, guarniciones, módulos de puertas (preensamblados al costado de la línea y transportados a la misma carrocería original), sistemas de iluminación y el resto de las partes del vehículo.

En la tercera parte se trabaja en los bajos, ajustando la suspensión del vehículo. regulación de pensión y volante.

(d) Prueba final, acabado y entrega

Esta fase incluye una prueba de control de conformidad de calidad de las conexiones eléctricas y dinámica funcional (realizada a través de una prueba de rollo en línea), en preparación para la prueba final. Las operaciones de refinado posteriores se realizan "fuera de línea" y pueden considerarse una fase crítica del proceso. Las pruebas en camión o en carretera se realizan en el 100 % de los automóviles de alto rendimiento y vehículos con una complejidad técnica muy alta, mientras que, para automóviles y vehículos comerciales de alto volumen de producción, solo se prueba un porcentaje determinado, siguiendo un modelo estadístico. Este último asume que se ha alcanzado un nivel sólido de confiabilidad a lo largo de todo el proceso de producción, habiendo superado la fase de puesta en marcha de la producción.

Finalmente, los vehículos son refinados con precisión y entregados a embarque, luego de la aplicación de protecciones para evitar daños durante las fases de transporte y almacenamiento.

Las operaciones de unión, atornillado de grupos mecánicos y aplicación de vidrios fijos se realizan generalmente con sistemas automáticos, mientras que las operaciones más laboriosas, como aplicación del módulo de cabina, palancas de dirección, asientos y partes

móviles, se realizan con la ayuda de socios. para facilitar las operaciones desde un punto de vista ergonómico.

Para la mano de obra y la productividad de la inversión, las áreas de “cubierta” operativas más efectivas tendrán un promedio de 60/80 vehículos/hora, mientras que las áreas de “ensamblaje final” tendrán un promedio de 30/40 vehículos/hora. Esto significa que la misma línea de “decking” puede suministrar dos líneas de “ensamblaje final” diferentes. De esta forma, se pueden dividir los flujos facilitando el suministro de componentes específicos y la carga de trabajo para diferentes modelos con la misma plataforma espacial.

En esta área de alta complejidad logística y organizativa, es muy importante utilizar la moderna tecnología de información de productos/procesos conocida como “fábrica digital”.

De acuerdo con los principios de "producción ajustada", los fabricantes de automóviles tienden a organizar los subsistemas de la carrocería en módulos preensamblados que se prueban por separado (puertas completas con ventanas móviles, volantes con airbag y controles electrónicos, módulos de cabina equipados con airbag e instrumentos, módulos con sistemas térmicos, etc.). Estos módulos se suministran "justo a tiempo" a la línea de montaje final. Los módulos han sido probados previamente, por lo que disminuyen las no conformidades funcionales que requieren operaciones de reelaboración "fuera de línea".

Para los componentes que influyen en la seguridad dinámica del vehículo, es obligatorio que la "trazabilidad" de los lotes suministrados esté bien gestionada, asegurando la responsabilidad sobre la parte de los productores. Los factores que más influyen en los procesos de ensamblaje final son: mano de obra directa, manejo de materiales, sistemas específicos de tecnología de la información logística aplicados.

Fig. 1.18 Engine final assembly

Main components are manufactured by metal removing machining, starting from iron castings and steel microalloyed forgings



8.5. Etapa 4: Testeos

Se realizan diferentes testeos, en esta planta en particular se cuenta con tuneles de viento para simular que se conduce a 250 Km/h.



8.6. Ingeniería de manufactura y evaluación de eficiencia

8.6.1. Diagramas de operación y cálculo del Tiempo del Ciclo del Trabajo (WCT)

El análisis de procesos parte del producto y los elementos a fabricar: diseños de elementos y precisiones geométricas necesarias, mecanizados y características básicas de los materiales, desglose de estructuras de trabajo para el submontaje completo, etc.

Por ciclo de trabajo se entiende la secuencia correcta de operaciones necesarias para transformar un determinado material básico en una máquina parcial o completa, aplicando tecnologías de transformación específicas. Por ciclo de ensamble entendemos la secuencia correcta de operaciones para compilar componentes en subgrupos o subensamblajes de productos finales, aplicando tecnologías específicas para ensamblar y unir.

La velocidad operativa de un proceso depende de sus características tecnológicas, la capacidad del equipo y los límites fisiológicos de la actividad manual.

En la mayoría de las situaciones industriales, la interacción entre la mano de obra y las unidades operativas y los sistemas automáticos es particularmente relevante. Partiendo del plan de ingeniería de manufactura y del esquema ejecutivo de maquinaria y equipo, se traza una descripción temporal analítica de las operaciones, representada por un diagrama de GANTT, en el cual se reportan las microfases incluidas en el ciclo operativo.

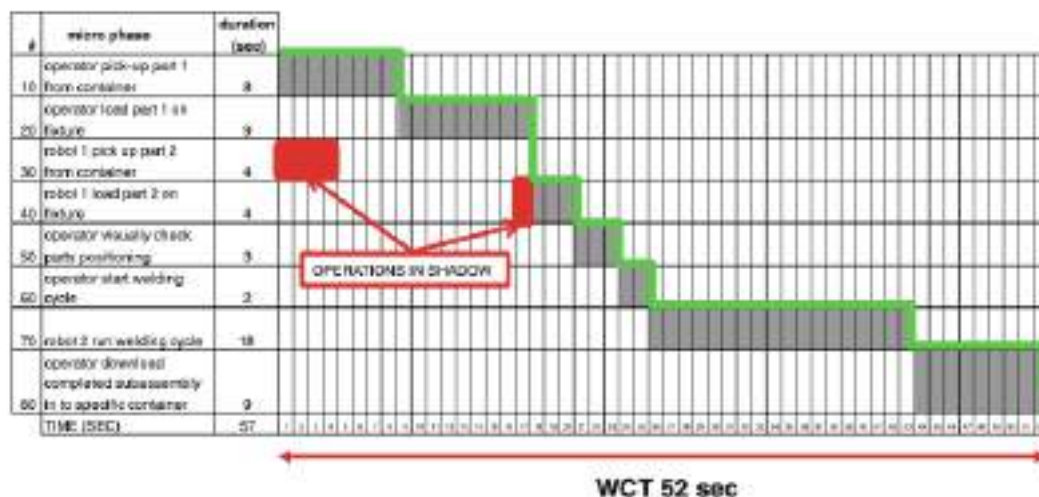


Fig. 3.1 Time sequence diagram example for a semi-automatic welding operation of a door

Este diagrama de operaciones repetitivas se llama diagrama de secuencia de tiempo de operaciones. En él se informa:

- (a) secuencias de tiempo de cada micro-fase, considerando prioridades y eventos contemporáneos;
- (b) duración de cada microfase, de acuerdo con la velocidad óptima de maquinaria y mano de obra;
- (c) "ruta crítica", que determina la duración del ciclo operativo Tiempo de ciclo de trabajo (WCT).

La operación manual del traslado desde el depósito hasta la planta de los troqueles es una de las automatizaciones que se plantean realizar en este Proyecto Final de Ingeniería. El diagrama de las secuencias de operaciones previa a la automatización y digitalización del proceso es la siguiente:



Tres operadores realizan la tarea de trasladar a la placa de traslado el troquel.



Traslado mediante grúa operada por el tercer operador.



Se traslada a la placa móvil el troquel.



Se traslada mediante una base automatizada el troquel a la prensa correspondiente.

Para la operación previa a la mejora, el número de elementos producido por ciclo de trabajo incluyendo en la misma la operación de prensado daba lo siguiente:

- Se toma k: 950 golpes/minuto o piezas por minuto (en este paso son los blanks)
- WTC incluyendo el proceso de prensado de un golpe es un total de un adicional de 0,04 segundos dando entonces 1500,04 segundos

$$HVP = \frac{60 * k}{WCT} = \frac{60 * 950}{1500,04} = 37,9989 \text{ piezas por minuto}$$

Luego de la automatización se logra la siguiente ganancia:

$$HVP = \frac{60 * k}{WCT} = \frac{60 * 950}{600,04} = 94,9937 \text{ piezas por minuto}$$

El índice de indisponibilidad del proceso como la incidencia de las interrupciones debidas a las operaciones mencionadas sobre el tiempo de trabajo, considerando su duración y frecuencia:

$$pu = \sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{SUUT}{P}\right)_i}{WTC}$$

- **(SUUT):** es la indisponibilidad del tiempo estándar para la producción, debido a la única operación periódica de configuración (i);
- **(P):** es el período requerido (número de ciclos de trabajo requeridos);
- **(N):** es el número total de operaciones periódicas configuradas para realizar durante un turno de trabajo.

La "capacidad productiva estándar" (SPC), relacionada con una sola "unidad operativa" o con un "sistema multioperativo": define la cantidad de elementos producibles en un tiempo de trabajo disponible definido (AWT), suponiendo plena continuidad y estabilidad, sin fallas técnicas o de gestión, pero considerando el tiempo necesario para ejecutar las operaciones auxiliares periódicas. En esta planta el estandar es que para producir una unidad se necesitan 12 hs en producción, de punta a punta del proceso.

8.6.2. Esfuerzo de tracción (TE) y el gradiente de resistencia/asistencia

El esfuerzo de tracción (TE) es la fuerza, proporcionada por el motor o la transmisión eléctrica, disponible en la interfaz carretera/neumático del eje motriz para propulsar y acelerar el vehículo. Para un vehículo ICE convencional, TE viene dado por:

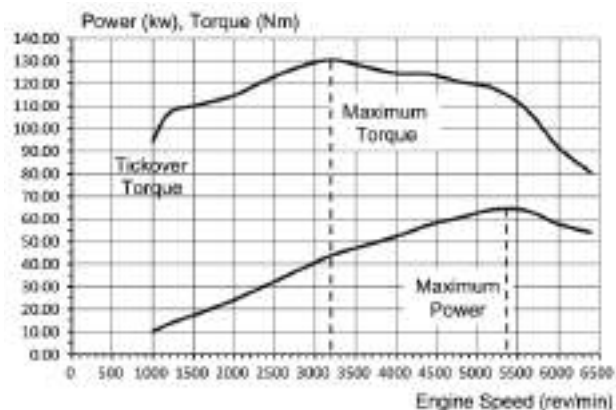
$$TE = \frac{T_e * n_g * n_d * \eta}{r}$$

- T_e : el par motor
- n_g : relación de caja de cambios
- n_d : relación de transmisión final (diferencial)
- η : eficiencia general de la transmisión
- r : radio de rodadura efectivo del neumático

Para un vehículo ICE convencional, la velocidad del vehículo (v) viene dada por, siendo N_e es la velocidad del motor en rev/seg:

$$v = \frac{N_e * 2\pi r}{n_g * n_d}$$

En la figura se muestra una característica típica de par y potencia de un motor de combustión interna representada en función de la velocidad del motor. El par máximo y la potencia máxima se producen a diferentes velocidades del motor. Una transmisión eléctrica o eléctrica híbrida tendría diferentes curvas características de par y potencia.



La resistencia al movimiento (TR) de un vehículo se debe a tres parámetros fundamentales: la resistencia a la pendiente, la resistencia aerodinámica y la resistencia a la rodadura (en maniobras a baja velocidad, la resistencia al giro también es importante).

Si el vehículo avanza cuesta arriba, la resistencia a la pendiente (GR: Gradient Resistance) es la proporción del peso del vehículo que actúa cuesta abajo. Si el vehículo avanza por la pendiente, la componente estaría asistiendo al vehículo, en cuyo caso la fuerza se denominaría "asistencia en pendiente". La resistencia a la pendiente (GR: Gradient Resistance) se puede representar como una sola fuerza que actúa en el C.G (centro de gravedad) del vehículo y paralela a la superficie de la carretera:

$$\text{GR: Gradient Resistance (Assistance)} = \pm mg \sin \theta$$

- La resistencia/asistencia a la pendiente es proporcional al peso del vehículo (**mg**).
- La fuerza normal a la carretera es siempre $mg \cos \theta$ y, conforme θ tiende a cero, la fuerza normal total en la interfaz neumático/carretera se aproxima a **mg**, el peso del vehículo.

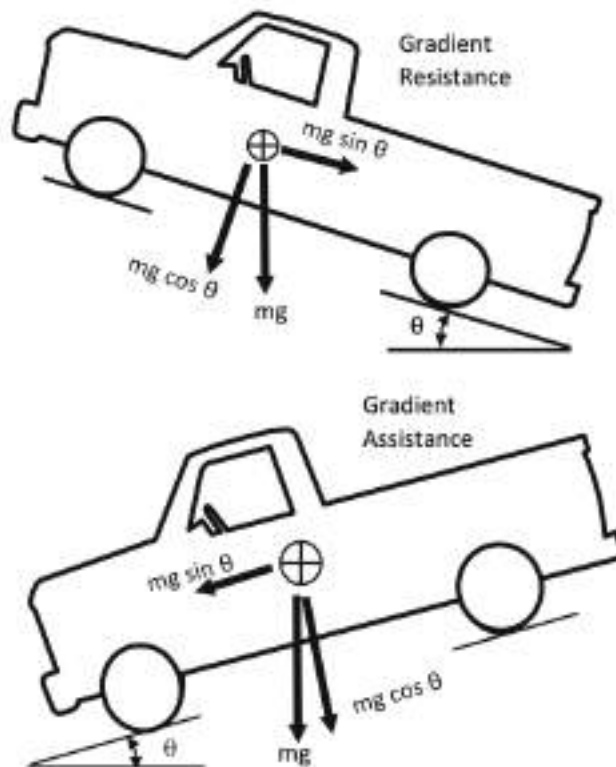


Fig. 1.3 Gradient resistance and assistance

8.6.3. Resistencia aerodinámica o fuerza de arrastre (D)

La resistencia aerodinámica es una medida de la eficiencia del vehículo para moverse por el aire. Puede representarse como una sola fuerza que actúa en el centro de presión a cierta distancia sobre el nivel de la carretera. Esta distancia normalmente se determinaría inicialmente mediante análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD) y se confirmaría mediante pruebas en túnel de viento, este último es uno de los tests que se realizan particularmente en la planta tomada de referencia.

La fuerza de arrastre (D) viene dada por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2$$

- C_D : coeficiente de arrastre (típicamente 0.3 para un automóvil moderno)
- ρ : densidad del aire
- A : Un área frontal del vehículo
- v : velocidad del vehículo relativa al aire circundante.

La fuerza de arrastre no depende del peso del vehículo, pero es proporcional al cuadrado de la velocidad relativa. Como la potencia es igual a la fuerza multiplicada por la velocidad, la potencia necesaria para superar la resistencia es proporcional al cubo de la velocidad relativa. La resistencia de arrastre es proporcional a $C_D A$, por lo que el producto de estos parámetros determina la fuerza de arrastre general sobre un vehículo a una velocidad particular.

El coeficiente de arrastre se determina en última instancia experimentalmente a partir de pruebas de túnel de viento. También se puede estimar a partir de una prueba de desaceleración siempre que se conozcan las otras fuerzas de resistencia, es decir, las resistencias a la rodadura.

El coeficiente de arrastre es claramente un parámetro de diseño de vehículos importante desde el punto de vista de la eficiencia energética y, por lo tanto, del ahorro de

combustible. Los mejores autos comerciales ahora tienen un CD de alrededor de 0,3. Los valores típicos para otros vehículos se muestran en la siguiente tabla:

Table 1.1 Typical aerodynamic properties of vehicles

Vehicle	Drag coefficient	Frontal area (m ²)
Modern passenger car	0.30	2.05
Delivery van (3.5 t)	0.48	4.10
Bus	0.60	7.17
Articulated truck	0.70	9.20

El coeficiente de arrastre depende del elemento del diseño del vehículo que determina qué tan bien fluye el aire alrededor del vehículo. En esencia, esto representa la "eficiencia" del vehículo que pasa a través de un fluido. Se producen pérdidas si se hace que el aire cambie de dirección o incluso se detenga en relación con el vehículo, de modo que la presión estática aumente delante del vehículo. Si el aire fluye rápidamente sobre el vehículo, la presión estática se reducirá y, en algunos casos, se volverá negativa en relación con la ambiental.

Aunque para un análisis aerodinámico completo, se debe tener en cuenta la compresibilidad del aire, es instructivo considerar la ecuación de flujo incompresible, una forma común de la ecuación de Bernoulli, que es válida en cualquier punto arbitrario a lo largo de una línea de corriente:

$$\frac{v^2}{2} + gz + \frac{p}{\rho} = constante$$

- **v** : velocidad del flujo de aire en relación con el vehículo y en cualquier punto de una línea de corriente.
- **g** constante gravitacional (9,81 $\frac{m}{s^2}$)
- **z**: elevación del punto sobre un plano de referencia.
- **p** presión en el punto elegido.
- **ρ** :densidad del fluido en todos los puntos del fluido.

El término " gz " generalmente se puede ignorar para un vehículo de carretera, ya que se analiza normalmente un desplazamiento puramente horizontal con lo cual se trabaja con la siguiente expresión:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = constante$$

Claramente, a medida que la velocidad del aire cae, la presión aumentará localmente. A la inversa, a medida que aumenta la velocidad del aire, la presión local disminuirá y, de hecho, puede volverse negativa para el ambiente. Esto explica por qué los papeles serán "succionados" a través de un techo corredizo abierto a alta velocidad.

La figura a continuación muestra líneas de corriente que fluyen sobre un automóvil Mercedes en un túnel de viento. Cabe señalar que cuanto antes se separe el aire del vehículo, mayor será la "estela" (el área directamente detrás del vehículo), lo que resulta en un aumento de la presión negativa en la parte trasera del vehículo y un aumento en la resistencia aerodinámica. Otras pérdidas ocurren si el aire forma vórtices en la estela del vehículo o si se hace que el aire viaje por un camino tortuoso como el del compartimiento del motor o los arcos de las ruedas. Dichos flujos de aire a menudo se controlan y pueden denominarse "gestión del aire", y el flujo de aire se utiliza para enfriar el motor y los frenos. Las áreas de presión positiva indicadas en la pueden aprovecharse colocando tomas de aire en estos puntos.



Fig. 1.4 Visualisation of streamlines in a wind tunnel test.
 Ref: http://images.gerrelt.nl/roofspoiler/mercedes_windtunnel_test.jpg

Además de las fuerzas de arrastre horizontales, el flujo aerodinámico sobre un vehículo también generará fuerzas verticales hacia abajo (ascensor negativo). Esta fuerza descendente ayudará en las curvas, pero se sumará de manera efectiva a la fuerza de interfaz entre el neumático y la carretera del vehículo y aumentará las fuerzas de resistencia a la rodadura durante la conducción en línea recta. El objetivo de los autos de carreras de fórmula equipados con alas es equilibrar el aumento de la fuerza aerodinámica requerida para tomar una curva con el aumento de la resistencia aerodinámica del ala que se desarrolla en las rectas de alta velocidad.

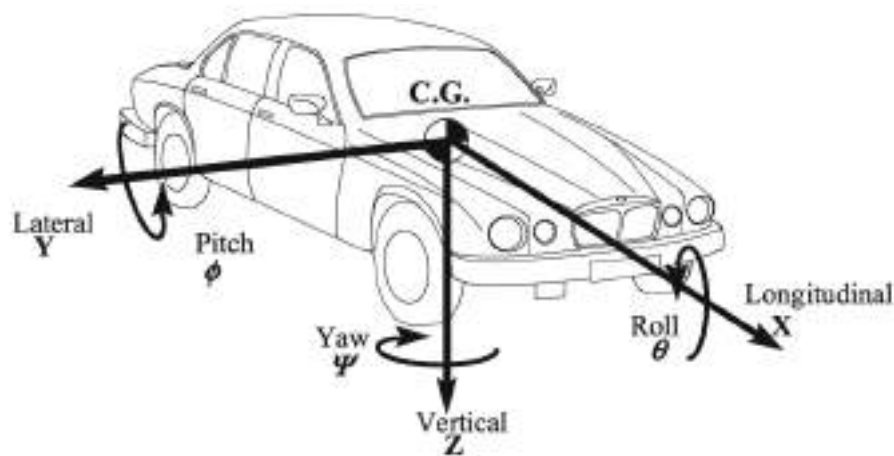


Fig. 1.1 The vehicle co-ordinate system as detailed in SAE J670 vehicle dynamics terminology

El área total a considerar para calcular la resistencia aerodinámica si el vehículo arrastra un remolque o un acoplado, lo habitual es sumar las áreas frontales del vehículo y del acoplado para dar un límite superior a la resistencia aerodinámica total. Si esto resulta ser incorrecto, la combinación funcionará mejor de lo esperado. Por otro lado, si se subestima el área frontal, el vehículo puede estar equipado con una capacidad de motor demasiado pequeña y la combinación funcionará mal ya que tendrá poca potencia.

8.6.4. Resistencia de rodadura (R_R)

La resistencia a la rodadura se define como la fuerza que debe superarse para hacer que el vehículo se mueva a velocidad constante sobre una superficie horizontal, suponiendo que no haya fuerzas aerodinámicas en la carrocería del vehículo. Normalmente se supone que el vehículo viaja en línea recta y que la superficie del camino es razonablemente

suave. La Resistencia de rodadura (R_R) se representa como una fuerza en la interfaz carretera/neumático de cada rueda. Puede reducirse a una sola fuerza que actúa en la interfaz carretera/neumático de cada eje.

La resistencia a la rodadura surge de dos fuentes principales:

- la deformación continua de los neumáticos durante la rodadura
- los efectos de fricción en los componentes mecánicos de la transmisión.

Los neumáticos rodantes experimentan una deformación cíclica continua a medida que el neumático pasa continuamente a través del área de la región de contacto. Esto provoca la deformación de las paredes laterales y el área de la banda de rodadura y, debido a que no es un proceso perfectamente elástico, se pierde algo de energía a través de la histéresis.

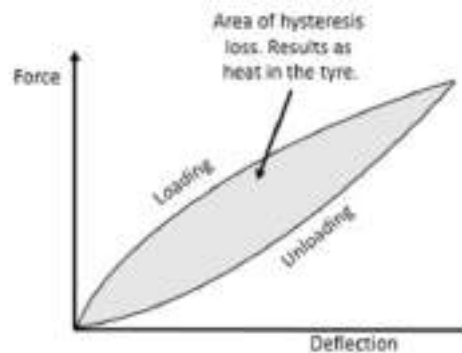


Fig. 1.5 Hysteresis loss within a tyre during loading and unloading

La energía elástica perdida aparece como calor, lo que puede confirmarse “sintiendo” la temperatura del neumático después de un período de conducción a alta velocidad.

Si el neumático está desinflado, la deformación de los flancos aumenta junto con las temperaturas. Si se sigue conduciendo el vehículo con un desinflado excesivo, puede producirse una delaminación de los flancos.

Además, se producen pequeñas cantidades de deslizamiento entre los elementos de la banda de rodadura y la superficie de la carretera que se suman a las pérdidas. A velocidades más altas, los efectos aerodinámicos debidos a la resistencia del aire sobre los neumáticos giratorios se suman nuevamente a las pérdidas.

Es común agrupar todas las pérdidas por resistencia a la rodadura de un vehículo y aproximarlas en términos de un coeficiente de resistencia a la rodadura definido por la siguiente ecuación:

$$R_R = N \times C_R = mg \cos \theta \times C_R$$

- R_R : resistencia a la rodadura
- C_R : coeficiente de resistencia a la rodadura
- N : fuerza normal perpendicular a la superficie sobre la que se mueve el vehículo.

N generalmente será el elemento " $mg \cos \theta$ " del peso del vehículo (mg) que actúa normal a la superficie de la carretera, es decir colocando el eje x paralelo a la carretera (tomado como horizontal) y el eje y perpendicular a la ruta entonces tomo la componente paralela al eje y. Pero también debe incluir cualquier carga aerodinámica impuesta por los efectos aerodinámicos.

Si el vehículo está parado, la resistencia inicial a la rodadura suele denominarse resistencia inicial, similar a las condiciones de fricción estática. La resistencia inicial puede ser entre un 50% y un 80% mayor que la resistencia a la rodadura en estado estacionario: el CR normalmente varía de 0,012 de rodadura a 0,020 de arranque.

La resistencia a la rodadura resulta principalmente de pérdidas en la deformación de la banda de rodadura y la pared lateral, lo que resulta en pérdidas por histéresis dentro del neumático que se manifiestan como calor. El tipo de carretera también influye en la resistencia a medida que el neumático impacta contra la superficie de la carretera. Generalmente se considera constante, pero en realidad depende de la velocidad y aumenta ligeramente con la misma. Esta información normalmente la proporcionan los fabricantes de neumáticos. Los valores típicos de C_R para diferentes vehículos y superficies de carreteras se dan:

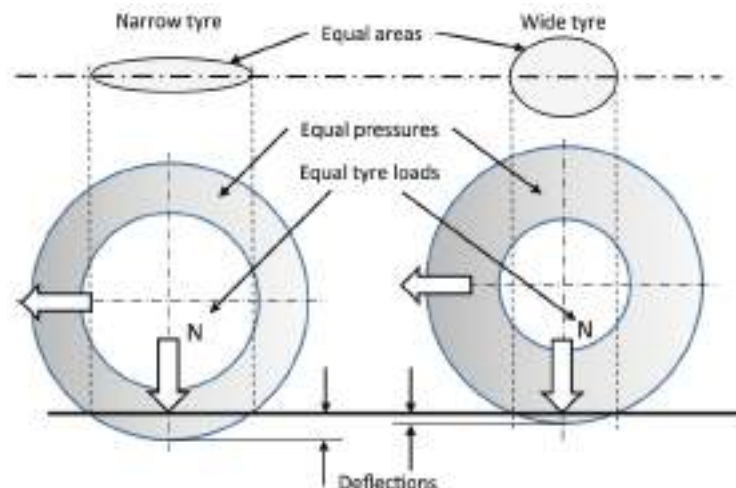
Table 1.2 Typical rolling resistance properties of vehicles

Vehicle type	Coefficient of rolling resistance (C_R)		
	Concrete	Good track	Sand
Passenger car	0.012	0.08	0.30
Truck	0.012	0.06	0.25
Tractor	0.02	0.04	0.20

La ecuación de la resistencia a la rodadura es una aproximación útil que se puede utilizar para cálculos sencillos para evaluar las cargas, el rendimiento y el consumo de combustible de la transmisión del vehículo. Sin embargo, la resistencia a la rodadura, ya sea que se exprese como una fuerza o como un coeficiente adimensional, no es constante en la práctica.

En particular, la resistencia a la rodadura de los neumáticos, que por supuesto es un parámetro de diseño crítico para el fabricante de neumáticos, es muy sensible a:

1. Velocidad del vehículo: tasa de pérdida por histéresis.
2. Temperatura de los neumáticos: afecta el compuesto.
3. Diseño de la carcasa y propiedades del material: un material más delgado da como resultado menos resistencia de rodadura.
4. Superficie de la carretera: la superficie blanda da como resultado una deformación que da lugar a una mayor resistencia a la rodadura.
5. Deslizamiento y deformación de la banda de rodadura cuando se producen fuerzas de tracción: autos de carreras de fórmula use "slicks" (sin banda de rodadura) en clima seco porque desean minimizar la rodadura resistencia reduciendo/eliminando la deformación de la banda de rodadura.
6. Tamaño: el aumento en el ancho de la llanta da como resultado una menor resistencia a la rodadura debido a una menor deflexiones de la pared del neumático.



1.6 Effect of tyre width on rolling resistance

7. Presión de carga e inflado.

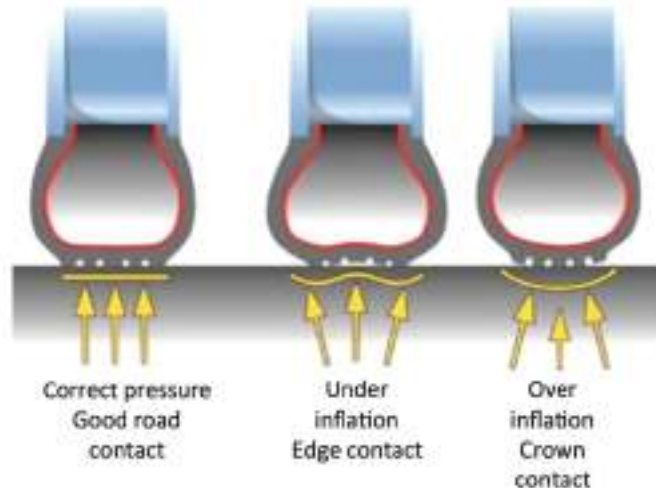


Fig. 1.7 Effect of pressure on contact area and tyre deformations.
<https://i.stack.imgur.com/aJdAl.jpg>

Si se infla un neumático normal a la presión correcta, se reduce la resistencia a la rodadura y aumenta la economía del vehículo. Si el neumático está desinflado, la resistencia a la rodadura aumentará debido a las deformaciones excesivas de las paredes del neumático. Si se produce un inflado excesivo, el manejo del vehículo se ve afectado. La tecnología actual tiende hacia el control automático de la presión para tener en cuenta las distintas superficies de carreteras y altitudes. Este es un movimiento destinado a minimizar el consumo de combustible y mantener un rendimiento óptimo del vehículo.

La resistencia a la rodadura también puede cambiar significativamente durante las curvas. A velocidades más altas, esto tiende a ser un problema menor, ya que la resistencia aerodinámica juega un papel más importante en las resistencias generales y el coeficiente de fricción dinámica cae (el coeficiente de fricción dinámica es menor que el valor estático o de "fricción estática"). A baja velocidad, como la conducción urbana, el estacionamiento y las condiciones de mucho tráfico, la resistencia aerodinámica es menos importante y la resistencia a las maniobras aumenta a medida que aumenta el coeficiente de fricción de la interfaz neumático/carretera.

En general, la resistencia en las curvas depende del ángulo de la rueda direccional (que depende del radio de giro), la carga de la rueda direccional, el nivel de fricción

de la interfaz neumático/carretera y la configuración de conducción (tracción delantera, trasera o en las cuatro ruedas).

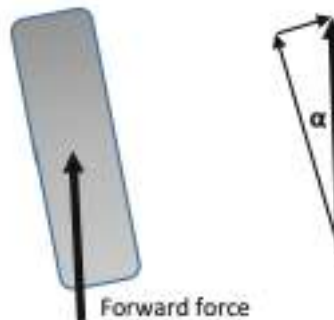


Fig. 1.8 Plan view showing cornering resistance at low speeds

- Coeficiente de resistencia a la rodadura en línea recta = C_R
- Aumento por curvas = $\Delta C_R = \mu \sin \alpha$
- Coeficiente total de resistencia a la rodadura = $C_R +$

$$\Delta C_R = C_R + \mu \sin \alpha$$

Donde μ es el coeficiente de fricción de la interfaz estática neumático/carretera (a menudo denominado coeficiente de adherencia) y α es el ángulo entre la dirección de dirección de la rueda y el movimiento hacia adelante del vehículo.

Para este Proyecto final de Ingeniería se toma el análisis para una ruta asfaltada para $\alpha = 5^\circ$ y $\mu = 0,7$ y entonces para un vehículo como para este Proyecto Final de Ingeniería en el cual se toma el modelo de la Tiguan con coeficiente de resistencia a la rodadura en línea recta de 0.012 el coeficiente total de resistencia a la rodadura es:

$$C_R + \Delta C_R = C_R + \mu \sin \alpha = 0,012 + (0,7 * \sin 5^\circ) = 0,073$$

Con grandes ángulos de dirección, el neumático tiende a frotarse más, lo que aumenta la resistencia en las curvas; esto a menudo se observa como un chirrido de llantas cuando los vehículos maniobran lentamente en los estacionamientos.

9. Conclusión

La conclusión de este Proyecto Final de Ingeniería es que incluso partiendo de una de las plantas más avanzadas en automatización que hoy en día existen, la digitalización es mucho más que sólo tomar diferentes partes del proceso productivos y agregar brazos robóticos que reemplacen la mano de obra. Por su puesto, la automatización toma un rol central, pero también lo son la captura, el ordenamiento, análisis y posterior transformación en información. La manufactura 4.0, logró no sólo incrementar la eficiencia de la sala de prensado de 37 piezas/minuto a casi 95 piezas/minuto, sino que también se evidencio como diferentes procesos se vuelven más seguros para los trabajadores simplemente evitando exponerlos a riesgos innecesarios (ejemplo: sala de pintura o sala de soldadura). Además, permite que el manual del operario que propone lean manufacturing, que es una forma de comunicación lejana y unidireccional se transforme en una forma de instruir al personal bidireccional y dinámica. Y por último, la implementación de múltiples sensores a lo largo del proceso que permiten aprovechar al máximo la minería de datos masivos, en orden de generar información que permite ver los indicadores de planta (OEE, Calidad, Mantenimiento, entre otros) en tiempo real optimizando la toma de decisiones.

Bibliografía

- William D. Callister, Ciencia e ingeniería de los materiales, Editorial Reverté, S.A.
- David C. Barton, John D. Fieldhouse, Automotive Chassis Engineering, Springer.
- Giuseppe Pia, Andrea Tonoli, Lorenzo Morelo, Lorenzo Rosti Rossini, The Automotive Body Volume I Components Design, Springer.
- Giuseppe Pia, Andrea Tonoli, Lorenzo Morelo, Lorenzo Rosti Rossini, The Automotive Body Volume II System Design, Springer.
- Giancarlo Genta, Lorenzo Morelo, The Automotive Chassis Volume II: System Design, Springer.
- James M. Rubenstein, Making and selling cars, The Johns Hopkins University Press, Baltimore & London.
- Marco Gobetto, Operations Management in automotive industries, Springer.
- Kevin M. Lynch and Frank C. Park, Modern robotics: Mechanics, Planning and control, Cambridge University 2017.
- Mario Rossi, Estampado en frío de la chapa, Editorial Dossat, 2000.
- Manual del soldador, Oxfasa.
- Matlab Mathematics, Mathworks.
- Zongwei Luo, Robotics, Automation and Control in Industrial and Service Settings, IGI Global.
- Misza Kalechman, Practical Matlab Applications for Engineers, CRC Press.
- Todd, Fundamentals of robot technology, Kogan Page.

-
- Floyd, Dispositivos Electrónicos, Pearson Prentice Hall.
 - Cengel, Cimbala, Mecánica de los fluidos: fundamentos y aplicaciones, MC Graw Hill.
 - Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Prentice Hall.
 - Libro técnico, fundamentos de la técnica de la automatización, Festo, 2008.
 - Riley, Hobson, Bence, Mathematical Methods for Physics and Engineering, Cambridge.
 - Kreith, Manglik, Bohn, Principles of heat transfer, Cengage Learning.
 - Lai, Krempl, Ruben, Introduction to continuum mechanics, ELSEVIER, 2009.
 - Kumar, Engineering Mechanics, McGraw Hill, 2006.
 - Smith, Hashemi, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, McGraw Hill, 2006.
 - Hibbeler, Mecánica de materiales , Pearson Prentice Hall.
 - Ogata, Ingeniería de control moderna, Pearson.
 - Zemansky, Dittman, Heat and Thermodynamics, McGraw Hill.
 - Beer, Mecánica vectorial para ingenieros: Estática, McGraw Hill.
 - Beer, Mecánica vectorial para ingenieros: Dinámica, McGraw Hill.
 - Krar, Oswald, St. Amand, Operación de máquinas y herramientas, McGraw Hill.
 - Feynamn, Leighton, Sands, Lectures on Physics: Volume I "Mainly Mechanics, Radiation and Heat ", New Millenium Edition, Basic Books.
 - Feynamn, Leighton, Sands, Lectures on Physics: Volume II "Mainly Electromagnetism and matter ", New Millenium Edition, Basic Books.

-
- J.L. Meriam, L.G. Kraige, Engineering Mechanics Dynamics, Wiley, 2012.
 - Frank M. White, Fluid Mechanics, McGraw Hill.
 - Ranald V. Giles, Mecánica de los fluidos e Hidráulica: teoría y problemas, McGraw Hill.
 - Charles K. Alexander , Matthew N.O. Sadiku, Fundamentals of Electronic Circuits, McGraw Hill.
 - Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, Electrónica de Potencia: convertidores, aplicaciones y diseño, McGraw Hill.
 - Jorge Wentworth, David Eugenio Smith, Geometría plana y del espacio, Editorial Porrúa, 1972.
 - Lehmann, Geometría analítica, Limusa.
 - Jerrold Mardsen, Anthony Tromba, Cálculo Vectorial, Pearson Prentice Hall, 2004.
 - Tom M. Apostol, Calculus I, Editorial Reverté.
 - Tom M. Apostol, Calculus II, Editorial Reverté.
 - Dennis G. Zill, Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones de Modelado, Cengage Learning, 2018.
 - DeGarmo, Black, Kohser, Materiales y procesos de fabricación Volumen I, Editorial Reverté.
 - Alberto Villaseñor Contreras, Edber Galindo Cota, Manual de Lean Manufacturing: Guía básica, Limusa.
 - Mikell P. Groover, Fundamentos de Manufactura Moderna: materiales, procesos y sistemas, Pearson Prentice Hall.
 - James R. Mihelcic, Julie Beth, Zimmerman, Ingeniería ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad y diseño, Alfaomega.

- Frederick S. Hiller, Gerald J. Lieberman, Introducción a la investigación de operaciones, McGraw Hill.
- W. Bolton, Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, Alfaomega.
- Ana María Kozak, Sonia Pompeya Pastorelli, Pedro Emilio Vardanega, Nociones de Geometría Analítica y Álgebra Lineal, McGraw Hill.

Referencias Web

<https://mx.ternium.com/es/productos/aceros-recubiertos/acero-automotriz>

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/17331/5/Tesis.pdf>

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2063/Capitulo3.pdf>

<https://estampado394457290.wordpress.com>

https://escuelaing.s3.amazonaws.com/production/documents/1578_conformado.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFBJGCIWME&Signature=ZnC35MwBNFGnt05d4SVSeVF%2FYbw%3D&Expires=1668618650

<https://solpressbcn.com/tipos-de-prensas-industriales/>

<https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf>

<https://www.directindustry.com/prod/dekuma-rubber-plastic-technology/product-50783-2237087.html>

<https://www.ipn.mx/assets/files/cecyt4/docs/estudiantes/aulas/guias/cuarto/vespertino/procesos/procesos-de-soldadura.pdf>

<https://blogs.autodesk.com/inventor/model-based-definition-in-autodesk-inventor/>

<https://www.iso.org/standard/63711.html>