

**HERRAMIENTAS CAD/CAE PARA LA APLICACIÓN Y DESARROLLO DE
UN MODELO EN LA INDUSTRIA 4.0**

Autora

DIANA MAYERLI NORIEGA FLORES

Director

GERMAN ARLEY PORTILLA GONZÁLES

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, abril 25 de 2022

Agradecimientos

A mi familia por estar siempre a mi lado, a mis padres Bernardino Noriega y Yarith Flores por su incondicional amor, guía, sustento y apoyo durante todo este proceso. A mis hermanos Yaelis y Fabian por el apoyo, el ánimo y la alegría que me brindan. A mi amigo y compañero en este sendero de la vida Leiner por su absoluto cariño, apoyo y comprensión. A mis compañeros y futuros colegas que han compartido este hermoso camino y que de una u otra forma ayudaron en el transcurso de mis estudios. A todos los docentes que han sabido impartir de la mejor manera sus conocimientos a lo largo de todo este proceso.

Tabla de Contenido

Resumen	7
Introducción	9
Resultados	11
Conceptualización	11
Optimización de procesos	11
Revolución industrial	12
Cuarta revolución industrial.	16
Aproximación de un modelo automatizado industrial	23
Automatización industrial	23
Tipos de automatización	27
Tecnologías de automatización	29
Tipos de tecnología de automatización	36
CAD	39
CAE	41
CAM	42
Modelo	44
Conclusiones	52
Bibliografía	53

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Ventajas de los sistemas FMS</i>	34
Tabla 2. <i>Herramientas Tecnológicas</i>	36
Tabla 3. <i>Propiedades sujetador lateral</i>	49

Lista de Gráficas

Gráfica 1. <i>Historia primera revolución industrial</i>	13
Gráfica 2. <i>Historia segunda revolución industrial</i>	14
Gráfica 3. <i>Historia tercera revolución industrial</i>	14
Gráfica 4. <i>Historia cuarta revolución industrial</i>	15
Gráfica 5. <i>Convergencia de tecnologías</i>	24
Gráfica 6. <i>Proceso de manufactura</i>	32
Gráfica 7. <i>Eventos significativos en la producción</i>	33
Gráfica 8. <i>Diseño e ingeniería asistida por computador</i>	39
Gráfica 9. <i>Proceso de fabricación de un sujetador lateral</i>	45

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. <i>Esquema máquina de vapor</i>	25
Ilustración 2. <i>Boceto sujetador lateral</i>	47
Ilustración 3. <i>Nodo más afectado en el esfuerzo al aplicar fuerza</i>	48
Ilustración 4. <i>Montaje de piezas</i>	50
Ilustración 5. <i>Diseño robot industrial</i>	51

Resumen

El presente documento describe el desarrollo de un modelo, su aplicación a la optimización de procesos basados en herramientas CAD/CAE en la industria 4.0 como resultado de las nuevas tecnologías o nuevas formas de ver y percibir el mundo, esto se debe a los cambios que se han dado hacia la fuerte entrada de la industria 4.0, que tiene un efecto positivo en los sistemas productivos, económicos, operativos y sociales, brindando a las empresas y organizaciones las mejores oportunidades como también una amplia gama de misiones para mantenerse comercializables, competitivas, innovadoras y más eficientes en el mercado. Gracias a estos cambios se dan a conocer las herramientas tecnológicas CAD/CAE, que por sus siglas en inglés Computer Aided Design (CAD) encargada de analizar, modificar, crear, optimizar y visualizar cualquier producto que puedas pensar y Computer Aided Engineering (CAE) encargada de validar, mejorar, optimizar y simular los productos creados en el software de diseño. Hoy en día la optimización de procesos es el punto clave para cualquier empresa u organización que quiera mantener la competencia en el mercado. La optimización se basa en la reducción de tiempos del ciclo productivo, el rendimiento de los procesos, es decir, que esto solo se logra eliminando tareas obsoletas, fallos, reduciendo costos, mejorando la calidad, entre otros. Todo esto es posible y se puede lograr gracias a las herramientas que acompañan la industria 4.0 como lo son las herramientas de software CAD/CAE dedicadas al diseño y desarrollo de nuevos modelos y/o productos en manufactura de procesos. La innovación es la provisión de nuevos cambios, soluciones o nuevas ideas que ayuden a resolver problemas, llevándonos al resultado de que la mayoría de las organizaciones se han ido adaptando gradualmente a los cambios que trajo consigo la revolución industrial.

Palabras clave: CAD, CAE, Industria 4.0, Optimización, Manufactura, Innovación, Ingeniería

Abstract

This document describes the development of a model, its application to the optimization of processes based on CAD/CAE tools in industry 4.0 as a result of new technologies or new ways of seeing and perceiving the world, this is due to the changes that have occurred towards the strong entry of industry 4.0, which has a positive effect on productive, economic, operational and social systems, providing companies and organizations with the best opportunities as well as a wide range of missions to consolidate marketable, competitive, innovative and more efficient in the market. Thanks to these changes, CAD/CAE technological tools are made known, which for its acronym in English Computer Aided Design (CAD) is responsible for analyzing, modifying, creating, optimizing and visualizing any product you can think of and Computer Aided Engineering (CAE) responsible for validating, improving, optimizing and simulating the products created in the design software. Nowadays process optimization is the key point for any company or organization that wants to maintain competition in the market. The optimization is based on the reduction of production cycle times, the performance of the processes, that is, this is only achieved by eliminating obsolete tasks, failure, reducing costs, improving quality, among others. All this is possible and can be achieved thanks to the tools that accompany industry 4.0, such as CAD/CAE software tools dedicated to the design and development of new models and/or products in process manufacturing. Innovation is the provision of new changes, solutions or new ideas that help solve problems, leading to the result that most organizations have been gradually adapting to the changes brought about by the industrial revolution.

Keywords: CAD, CAE, Industry 4.0, Optimization, Manufacture, Innovation, Engineering.

1. Introducción

Hoy en día, el mundo se encuentra en constante cambio y la industria no queda fuera de él, la tecnología y el termino innovación consiste particularmente en aportar nuevas soluciones a problemas efectuados antiguamente y todo esto gracias al desarrollo tecnológico que ha tenido un gran impacto en los diferentes sistemas, aportando de manera positiva la economía global, aunque los métodos de algunas de estas tecnologías implantadas actualmente y en las que son basados muchos estudios e investigaciones de prospectiva pertenecen al siglo pasado de una manera más inusual. Las transformaciones más radicales en la industria han sido llamadas “revoluciones industriales” y hasta la actualidad han ocurrido cuatro de ellas, la cuarta surgió hace unos años y estamos aún en ella. A partir de su gran auge surge el concepto de industria 4.0, la cual hace referencia a una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología según el autor (Izar et al., 2017). También caracterizada por la automatización, la digitalización de los procesos y uso de tecnologías y la información especialmente en la manufactura según el autor (Sommer, 2015). Ahora bien, el uso de herramientas tecnológicas ha cambiado mucho gracias a la industria 4.0 por lo que este trabajo presenta la innovación de algunas herramientas tecnológicas para el desarrollo y análisis de escenarios aplicados a la nueva revolución industria 4.0, haciendo énfasis esencialmente en las herramientas tecnológicas CAD/CAE.

En este trabajo nos vamos a centrar en como esta última revolución acompañada de herramientas tecnológicas ayudan a las empresas a optimizar sus procesos más fáciles, utilizar de manera más eficiente los recursos y potencializar los sistemas de producción. Con el prospectivo desarrollo de estas herramientas cualquier modelo pensado puede ser posible, por lo que a la industria actual le es indispensable la utilización de estas para un mejor desarrollo de modelos

obteniendo la mejora de calidad, reducción de costos, disminuir tiempos y lograr una alta producción para poder ser más competitivos en el entorno y es por esto que, las herramientas CAD/CAE con la entrada de la industria 4.0 han tomado mayor valor gracias a su eficiencia, innovación y manera más ágil de implementación. Según (Calderón, 2010) de acuerdo al nivel de competitividad empresarial y funcionalidad de dichas capacidades tecnológicas, se puede considerar que es indispensable el uso intensivo y óptimo de las tecnologías CAD/CAM/CAE para la ayuda del desarrollo de sistemas de diseño y toma de decisiones en cualquier proceso de fabricación de producto en la manufactura y teniendo en cuenta que los objetivos principales en los que se basa la industria 4.0 son: la interface hombre-máquina y su conectividad nos centramos en la funcionalidad y vinculación de estas herramientas.

De manera general existen muchas aplicaciones que trabajan de la mano con la industria 4.0 por lo que las herramientas CAD/CAE tienen una metodología ágil, estructurada y puede ser aplicada a cualquier área, además incorpora muchas estrategias que permiten evaluar de forma más eficiente la calidad de los productos, tienen una mejor aceptación en la incorporación de las nuevas empresas, puesto que estas le proporcionan una solución mucho más realista. Asimismo, el alcance que se obtiene conceptualizándolas con la industria 4.0 les permite permanecer más en el mercado y ser más competitivos accediendo a más oportunidades de negocio mientras se alcanzan nuevas perspectivas, con lo anterior concluimos que con la implementación de estas herramientas se permite un mejor aprovechamiento en la industria. (Mejía et al., 2019). Los resultados se dividieron en tres etapas, en la primera se hace una conceptualización de los temas necesarios, en la segunda se justifica la importancia y beneficios que trae introducir las herramientas CAD/CAE en la industria optimizando procesos y por último se encontrara un modelo basado en estas herramientas.

2. Resultados

2.1. Conceptualización

En esta primera etapa de conceptualización se realizará una recopilación de diferentes puntos de vistas de autores, con el fin de mencionar todos los temas relacionados. Dando una breve historia y los beneficios que se han dado actualmente en la cuarta revolución industrial, la constante evolución de la automatización y la introducción de muchas de estas herramientas tecnológicas como lo son: CAD/CAE. Por otra parte, se mostrarán los pilares y beneficios de la industria 4.0.

Así, las herramientas tecnológicas CAD/CAE se encaminan en la búsqueda de una mejora continua, optimizando procesos, reduciendo tiempos, recursos, gastos innecesarios, mejorar la calidad obteniendo los resultados esperados, estas herramientas han tomado mayor importancia con el pasar del tiempo, porque además de ser una de las tecnologías de última tendencia también nos conducen a proyectos de grandes alcances, tanto así que algunos de estos alcances aún son desconocidos. Por último, se mostrará un modelo realizado en la herramienta SolidWorks aplicando algunas de las definiciones ya descritas.

2.1.1. Optimización de procesos

Como seres humanos siempre se busca optimizar nuestros recursos, desempeñarnos de manera constante con el fin de dar lo mejor en sí mismo por lo que se vuelve un proceso del diario vivir, es aquí donde nos sumergimos en lo necesario que es aplicar cada paso en la industria. La optimización de los procesos consiste en reducir o, si es posible, eliminar totalmente la pérdida de recursos, los gastos innecesarios y los errores que se producen en las

empresas, se trata siempre de buscar la mejora continua de los resultados obtenidos durante el proceso de cuestión. (Geinfor, 2019).

Al eliminar los errores técnicos o humanos se puede hacer frente al constante cambio, también lograr mejorar la eficiencia de todo el talento humano de la empresa, sin tener en cuenta la posición o función en el organigrama de la empresa, con la utilización de estas herramientas y recursos los procesos han aumentado de manera potencial la eficiencia de muchas empresas.

Actualmente muchas empresas se encuentran inmersas en todo lo relacionado con mejora continua, optimización de procesos y automatización de estos, esto con el fin de lograr óptimos niveles en su jerarquía, que les permita ser más competitivos, rentables y se diferencien por su calidad en los procesos. (Segura, 2016). Y es aquí donde interviene la industria 4.0 aliado con herramientas tecnológicas y conseguir todo el proceso de automatización.

2.1.2. Revolución industrial

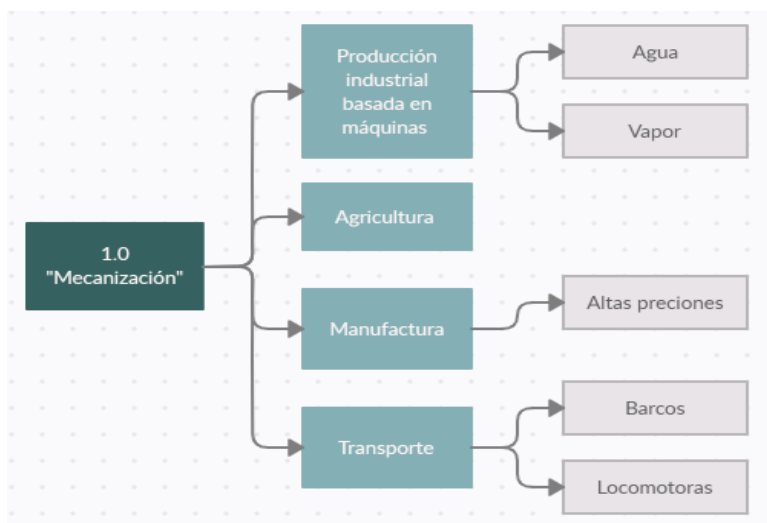
Denominada “Revolución Industrial”, a la transformación fundamental producida por la sociedad cuando su economía dejó de estar basada en la fabricación artesanal, el cultivo de la tierra, el comercio y las actividades agropecuarias, para depender de la industria. (Escudero, 2018). Y que a lo largo de estas décadas han tenido cambios drásticos en la vida cotidiana de las personas y organizaciones por lo que ha marcado de manera singular un antes y un después en toda la historia, esta revolución fue un boom de profundas transformaciones sociales, económicas, culturales y tecnológicas la cual dio inicio entre 1760 y 1810 como punto de partida en Inglaterra.

A lo largo de la historia este tipo de transformaciones han venido generando cambios drásticos a nivel general, algunos de estos cambios los pueden observar en las siguientes imágenes, en la que se da un breve resumen de lo que han traído estas revoluciones industriales.

La primera revolución industrial tuvo lugar aproximadamente entre 1760 y 1840. Fue iniciada por la construcción de vías férreas y la invención de la máquina de vapor, así como el comienzo de la fabricación mecánica. La *Gráfica 1* se utiliza como un marco de referencia de los acontecimientos de esta época. La segunda revolución industrial (*Gráfica 2*) que tuvo lugar a principios del siglo XX, hizo posible la producción en masa gracias a la introducción de la electricidad y las cadenas de montaje.

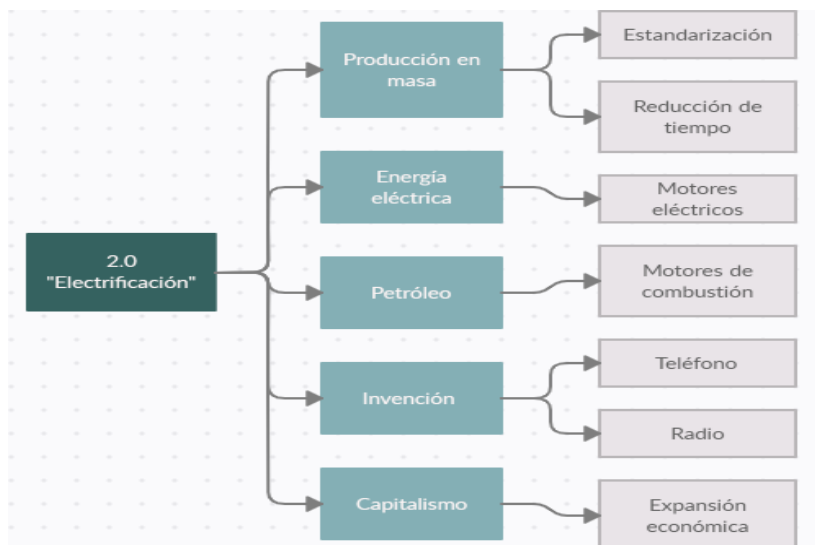
La tercera revolución industrial dio lugar a la conjunción de tecnologías de comunicación y a energías renovables en el siglo XXI. Se denomina revolución digital o informática porque fue catalizada por el desarrollo de semiconductores, la computación mediante servidores tipo “mainframe”, la informática personal e internet. (Castrillo, 2019). (*Gráfica 3*)

Gráfica 1. Historia primera revolución industrial



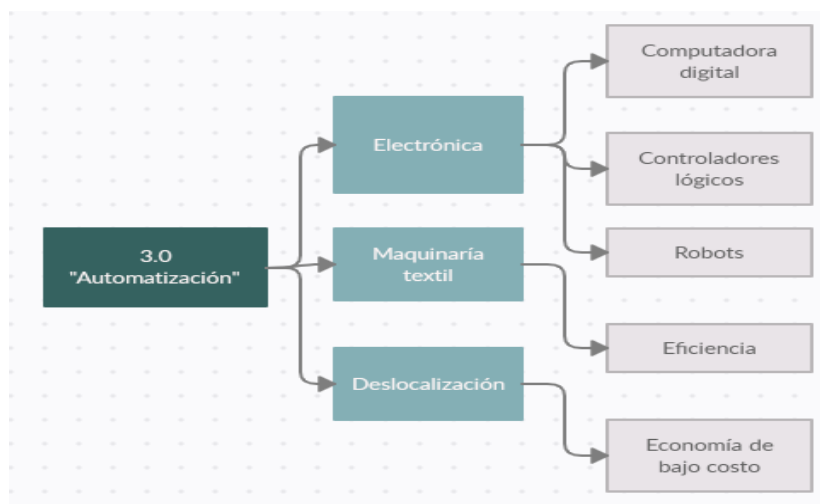
Fuente: (Noriega, 2021)

Gráfica 2. *Historia segunda revolución industrial*



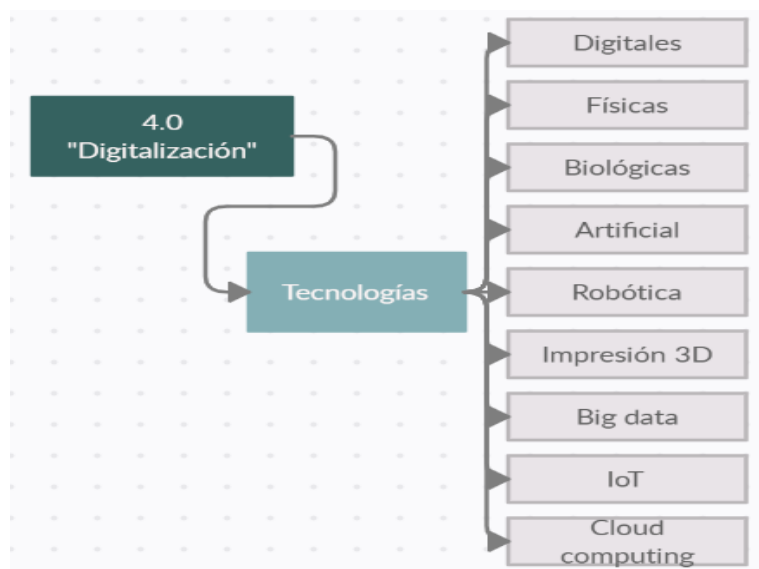
Fuente: (Noriega, 2021)

Gráfica 3. *Historia tercera revolución industrial*



Fuente: (Noriega, 2021)

Gráfica 4. *Historia cuarta revolución industrial*



Fuente: (Noriega, 2021)

Actualmente estamos viviendo la cuarta revolución industrial, que se caracteriza por el uso de nueva tecnología, la innovación frecuente y el impacto histórico en comparación con las tres anteriores, define la digitalización, la fabricación y la revolución en la forma en que se integran las tecnologías más avanzadas para garantizar producción flexible y menores costos de producto. Teniendo en cuenta los pilares fundamentales de esta que se pueden ver en la *Gráfica 4*.

El punto de partida y alcance de cada una de estas revoluciones industriales trae consigo nuevas proyecciones a futuro por lo que ya vemos venir la revolución 5.0 que va muy de la mano con la 4.0 pero esta busca unir a los humanos y máquinas en un contexto de desarrollo más artificial, con mayor proyección en los humanos y toma de decisiones, ya hemos visto algunos

detalles de lo que nos han traído cada una de estas revoluciones industriales, en este apartado nos enfocaremos en la última revolución que es el origen para el desarrollo de este modelo.

Cuarta revolución industrial. La cuarta revolución industrial es el conjunto de tecnologías que han permitido la digitalización de la mayor parte de las industrias, quiere obtener la transformación digital en todos los procesos de producción en base a las nuevas herramientas tecnológicas que se mueven actualmente.

Actualmente muchos de estos avances tecnológicos que hacen parte de la también llamada industria conectada 4.0 y que se detallaran a continuación, fueron usados también en la industria 3.0, pero cuando se pone en marcha la cuarta revolución los cambios en la producción son drásticos, se logró un flujo de producción integrado, automatizado y optimizado, lo que llevaba a las industrias que hacían parte de esta revolución a obtener una mayor eficiencia y productividad. A continuación, se describen los pilares de la industria 4.0, estos nuevos conceptos implican novedosas formas de integración en el mercado y más oportunidades para los que quieran especializarse en estas áreas. Esta información es tomada del libro “La industria 4.0 en la sociedad digital” por (Garrell Antoni y Llorenç Guilera, 2019).

Visión por computadora. Uno de los pilares de la industria más importantes hoy en día, es un conjunto de herramientas que permiten, analizar, obtener y procesar imágenes del mundo real y poder ser tratadas por un ordenador y ayudar automatizar una amplia gama de tareas con la ayuda de máquinas que procesan toda la información necesaria para la toma de decisiones correctas en cada uno de los procesos establecidos.

Al aplicar la inteligencia artificial se puede lograr visión artificial con aprendizaje automático. Una de las ventajas que se obtienen del aprendizaje automático es poder llevar a cabo la distinción de los patrones buscados de forma automática mediante el uso de algoritmos matemáticos. Es una técnica que se usa para la clasificación de las imágenes a la toma de decisiones y, a grandes rasgos, se pueden dividir en dos tipos principales: la visión por computadora supervisada o la automática y autónoma.

Robots industriales. Los robots están actualmente en una drástica evolución, estos son máquinas de fuerza y control debidamente programadas, aunque aún operadas por humanos, encerrando todos aquellos dispositivos capaces de realizar tareas de forma automática sustituyendo a los humanos, pero también interactuando con ellos.

El uso de robots industriales junto con los sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD), y los sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), son la última tendencia el uso del robot inicia con la automatización de los procesos de fabricación. Estas tecnologías conducen a la automatización industrial a otra transición. En la actualidad el uso de los robots industriales está concentrado en operaciones muy simples, actualmente existen tres generaciones de robots. La primera de ellas fueron los brazos manipuladores, de manejo muy simple y solo repite la secuencia para la que está programado sin tener en cuenta las alteraciones en su entorno. En la segunda generación, estos robots podían recibir información limitada sobre sus actividades, podían clasificar objetos (con visión artificial), eran sistemas mecánicos multifuncionales que funcionaban controlados por un procesador. En la tercera generación, los robots inteligentes de lenguaje natural se programan y auto programan, adaptándose en tiempo real a diferentes entornos dependiendo de la tarea a realizar.

Los análisis de mercado en cuanto a fabricación predicen que en esta década y en las posteriores los robots industriales incrementarán su campo de aplicación, esto debido a los avances tecnológicos en sensor, los cuales permitirán tareas más sofisticadas. (Yanahuaya, 2016).

Simulación. La simulación 3D se utiliza en el proceso de la realización de los diseños realizados por el diseño asistido por computador (CAD) y para asistir a la ingeniería en procesos de producción. A partir de datos en tiempo real, el mundo físico se refleja en un modelo virtual, y se simula el siguiente proceso para refinarlo y optimizar los parámetros que lo definen. Estos datos se obtienen en milisegundos, se transfieren del mundo virtual al mundo físico, reduciendo el tiempo de configuración de la máquina, mejorando la calidad y optimizando la mayoría de los procesos, incluidos los inventados por el usuario y transferidos al mundo real a través de la simulación.

En el modelo creado para este escrito paso por lo mismo, pensamos y desarrollamos un prototipo que nos gustaría trasladar del mundo virtual al mundo real, gracias a las simulaciones adecuadas realizadas antes de la implementación, las cuales aseguran conseguir los productos perfectos y con las condiciones necesarias para que funcionen.

Internet de las cosas (IoT). Es una herramienta indispensable para automatizar y aumentar la eficiencia de sus procesos, mejorando sus productos. Al aprovechar la conectividad, las máquinas inteligentes y el análisis de big data en tiempo real, el Internet de las cosas (IoT) ofrece beneficios significativos en términos de costos operativos, ingreso a nuevos mercados o aumento de la productividad.

Este avance aumenta la capacidad de descentralizar los componentes de control de procesos, conectando muchos otros dispositivos y productos con tecnología estándar, incluidos los componentes incompletos si es necesario, para enriquecer el controlador incorporado. Esto permite que los dispositivos de campo se comuniquen e interactúen entre sí y con controladores más descentralizados según sea necesario. El análisis descentralizado y la toma de decisiones permiten una mejor capacidad de respuesta en tiempo real, logrando avances en conectividad, plataformas, tecnología y aprendizaje.

Los productos se identifican mediante códigos de identificación de radiofrecuencia (RFID) y las estaciones de trabajo conocen que pasos de fabricación se deben realizar para cada producto y se pueden adaptar para realizar la operación específica. Y, evidentemente, que estas decisiones estén gobernadas por inteligencia artificial. (Castrillo, 2019).

IA. La inteligencia artificial reside en poder simular las capacidades de inteligencia del ser humano, esta es comprendida como parte de la ciencia de computación que se encarga del diseño y desarrollo de sistemas inteligentes, por lo que los nuevos retos que demandan la actualidad llevan a que se creen maquinas con las mismas o mejores capacidades que el ser humano por lo que es más utilizada en este ámbito de la informática y la robótica.

Ciberseguridad. Es el conjunto de tecnologías, procesos y prácticas diseñadas para proteger las redes informáticas, los ordenadores, los programas y los datos, de los ataques, daños o accesos no autorizados. Los posibles ataques a la integridad de un sistema informático son muy diversos: robo de información, destrucción de información, modificación maliciosa de datos;

perjudicar, bloquear o anular el funcionamiento del sistema, suplantación de identidades, transacciones fraudulentas, etc.

Computación en la nube. Las aplicaciones basadas en la nube son un recurso indispensable a la hora de hacer efectivo el modelo de Industria 4.0. Nace de la necesidad de interconectar todas las empresas que participan en la cadena de valor para obtener la necesaria congruencia de las informaciones que condicionan las interfaces de las relaciones. Incluso los sistemas que monitorean y controlan procesos pueden estar basados en la nube, lo que facilita una gran reducción de costos, tiempo y eficacia. Además, son de carácter fundamental para programas informáticos en los que se recolecta información de los procesos de producción. Una de las principales ventajas que tiene estas aplicaciones es que se puede acceder a archivos y servicios desde cualquier lugar del mundo y mediante cualquier dispositivo con conexión.

Fabricación aditiva. Las aplicaciones de fabricación aditiva con impresoras 3D son actualmente tan extendidas en tantos campos que solo la falta de creatividad e imaginación puede limitar su uso. Muchos analistas predicen que, en un futuro bastante inmediato, los consumidores tendrán impresoras 3D domésticas para fabricarse a domicilio los productos que deseen.

Realidad aumentada. Es la visión que se obtiene de un entorno físico del mundo real, a través de un dispositivo tecnológico que añade información adicional a la percibida por el ojo humano. Mediante un dispositivo o conjunto de dispositivos, se añade información virtual la cual puede ser multimedia, elementos del mundo real se combinan con elementos virtuales, creando de esta manera en tiempo real una realidad aumentada.

Realidad virtual. Son los programas encargados de diseñar, a través de la programación informática, un entorno que parece real para el usuario y se sumerge en él utilizando el equipo adecuado (gafas 3D, guantes opcionales, manos y un traje especial táctil). Se utiliza en la industria para la educación de procesos inmersivos y en marketing para solicitar promociones de productos para la venta.

Realidad mixta. Es una combinación de un escenario virtual proporcionado por la realidad virtual con información proporcionada por la realidad aumentada. Mediante el uso de unas gafas adecuadas, el usuario puede ver en su ordenador o Smartphone una tienda virtual, escenarios en los que puede caminar con total libertad y en la que puede estar informado, recibiendo alertas instantáneas y sin necesidad de realizar ninguna acción más que visualizar un producto, paisaje, con todas las ofertas en línea, especificaciones, precios, tiempos de entrega, garantías y soporte postventa.

Con la automatización industrial se busca aplicar todas estas tecnologías en distintos procesos que aporten en creación de diseños, que mejoren los servicios de usuario, que haya más innovación, que haya más competitividad en la fabricación de productos inteligentes y más efectividad en la hora de distribución y comercialización. En el transcurso de unos años se tendrá una nueva generación de industrias inteligentes. (Skilton & Hovsepian, 2018).

Big data. Es el gran volumen de datos, tanto estructurados como no estructurados, que están disponibles en internet y que pueden dar información útil a los intereses de las diferentes industrias. Dado el uso masivo y creciente de internet, son cantidades ingentes de datos, pero no

nos interesa la cantidad, sino la calidad de la información que, con analíticas adecuadas, podemos extraer para tomar decisiones estratégicas.

El Big data permite que a las industrias les sea tan útil el hecho de que puede proporcionar respuestas a muchas preguntas que las ni siquiera sabían que tenían, puntos de referencia para tomar decisiones estratégicas mejor fundamentadas, la recopilación de grandes cantidades de datos y la búsqueda de tendencias en estos datos permite a las empresas introducir productos y servicios innovadores mucho más rápido y adaptarlos a las necesidades del mercado.

2.2. Aproximación de un modelo automatizado industrial

En este segundo capítulo se realizará un análisis general de algunas de las técnicas básicas que definen automatización industrial, este apartado comienza realizando una breve revisión sobre los conceptos de automatización y los tipos que podemos encontrar.

2.2.1. Automatización industrial

La historia de la automatización industrial está caracterizada por periodos de constantes innovaciones tecnológicas y esto se debe a que muchas de las técnicas de automatización están centradas también a los cambios de los sucesos económicos en el mundo.

En relación con lo anterior este apartado comienza con un recorrido histórico sobre la historia de la automatización industrial y algunas de muchas de las definiciones que existen, esto con el objetivo de evidenciar un claro ejemplo y concepto de automatización, realizando una breve reseña el concepto de automatización según Gutiérrez et al. (1994) (del griego autos que significa “por sí mismo” y maiomai que significa “lanzar”) al transcurrir los años se le condiciona a la necesidad de minimizar las intervenciones humanas en los procesos llevados a cabo por los gobiernos relacionados directamente con la producción, es decir, conciliar la vida laboral. (Córdoba, 2006).

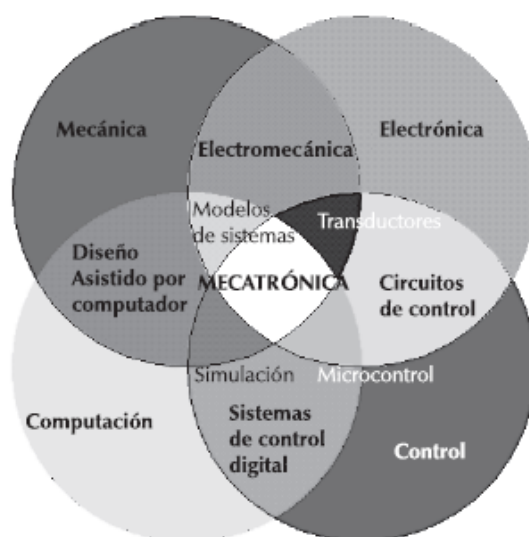
Por otro lado, todos estos procedimientos, ya sean lógicos o analíticos, son realizados por los humanos debido a los grandes avances que se han dado y dejando atrás algunas tecnologías se puede omitir los procedimientos manuales en cierta medida y por lo tanto se les confía a máquinas automatizadas, ordenadores especiales, los cuales procesan información más rápido que el hombre en sí y esta situación de sistemas automáticos son las que direccionan a que todos los procesos sean manejados de forma inteligente, más autónoma y que su optimización no sea

relacionada con la intervención directa del hombre, que nos deja un concepto de producción más ligero, más eficiente, más automático y estratégico en cuanto a beneficios.

Por tanto, la automatización industrial se considera como la gestión de la información de la empresa para la toma de decisiones en tiempo real, junto con la introducción de nuevas tecnologías informáticas y la implementación del control automático para concretar la autonomía, optimizar procesos diseñados según criterios técnicos, así como planes de gestión empresarial. Todo esto según (Plan estratégico del programa nacional de desarrollo tecnológico, industrial y calidad, 2000-2010).

También se puede afirmar que la automatización industrial es la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática, las cuales han venido desarrollado de manera conjunta esta unión de convergencia dándole un punto final como lo es la mecatrónica y el cual se puede evidenciar en la siguiente gráfica (*Gráfica 5*):

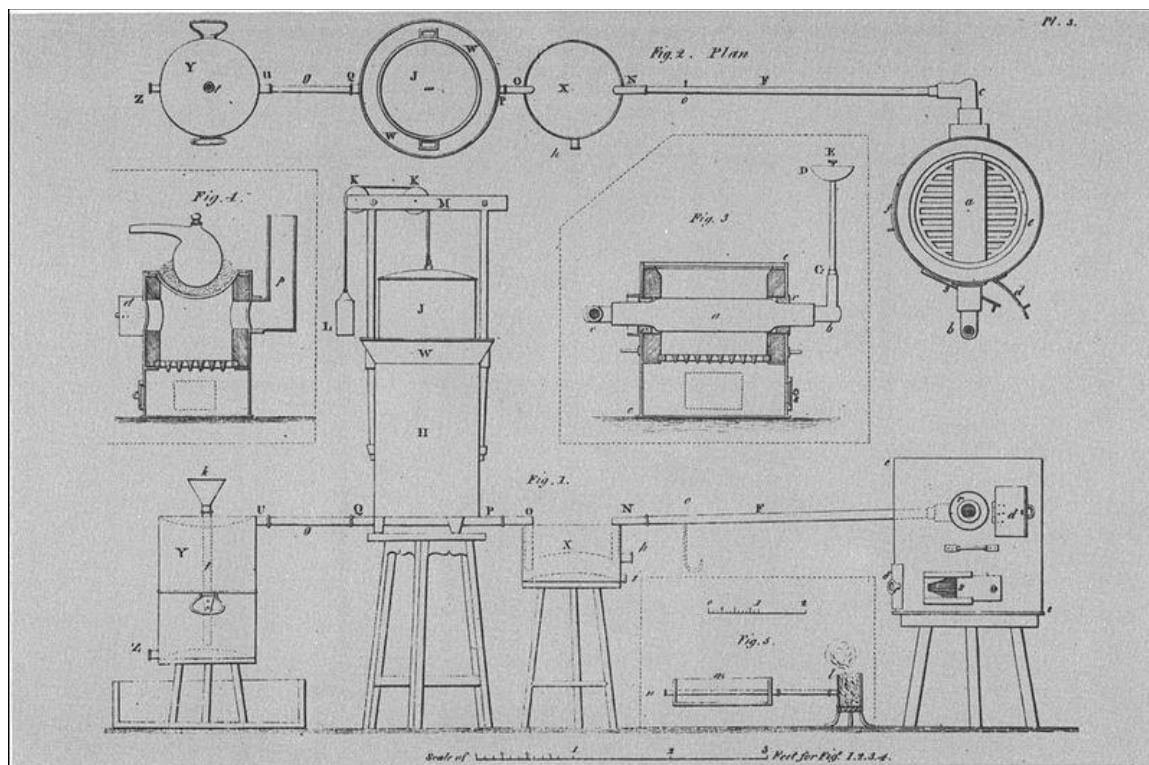
Gráfica 5. *Convergencia de tecnologías*



Fuente: (Córdoba, 2006)

Igualmente, la revolución industrial trajo consigo la aparición de nuevas creaciones mecánicas dentro del campo de la industria, uno de los primeros y mayores avances de esa época fue la máquina del vapor inventada por James Watt.

Ilustración 1. Esquema máquina de vapor



Fuente: (El blog de la ingeniería, 2021)

Este ha sido uno de los prototipos de sistemas automatizados más grandes e importante a lo largo de las revoluciones industriales, por lo que si nos fijamos en la imagen del esquema podemos definir automatización como el conjunto de técnicas asociadas y aplicadas a un sistema mecánico o electrónico basado en ordenadores cuyo objetivo es el control, operación y correcta producción.

Por ser una maquinaria pesada para que pueda realizar el procedimiento adecuado debe estar diseñada por piezas robustas que soporten dichas fuerzas necesarias en su operación, esta máquina inicialmente se usaba para mover máquinas grandes como lo eran motores, locomotoras, entre otras. Actualmente estas máquinas son utilizadas para generar energía eléctrica, en la *Ilustración 1* se ilustra un diseño del proceso que esta realiza.

Ahora, tomando como referencia algunas de las definiciones de automatización ya planteadas, según (Alpala et al, 2017) existen una serie de ventajas y desventajas que influyen en su implementación, algunas de estas ventajas son:

- Estabilidad y robustez en los sistemas
- Aumento de productividad y consistencia de los productos
- Las tecnologías de automatización no presentan errores, mejoran la eficiencia de los procesos, mejora la productividad
- Mejor integración de los sistemas de gestión y producción
- realización de operaciones imposibles físicamente para un operador humano
- Mejora en la disponibilidad de los productos, generando las cantidades necesarias en el momento preciso, mejorando las condiciones de trabajo, seguridad en el ambiente.
- Mejores adaptaciones en cuanto a metodologías, planificación y ejecución.

Finalmente, después de ver y analizar algunas de sus ventajas, vamos a exponer algunas de sus desventajas sobre la implementación de la automatización en la industria.

- Los softwares para la automatización solo responden y son ejecutadas mediante ordenes previamente establecidas en el diseño.
- La automatización es un nivel intermedio de inteligencia y no están diseñados para interactuar con todas las variantes del entorno.
- Estos sistemas también presentan varias dificultades en función de las actividades que se realicen.
- La automatización son herramientas englobadas más al campo de la productividad, por lo que requiere y está asociada a unos costes de gran escala demasiado importantes y esto conlleva a que para mantener estos costes el personal contratado para manejo de este tipo de máquinas debe ser cualificado.
- Depende de los procesos muchas veces para los operarios es muy difícil distinguir cuales se están dando de manera correcta y cuáles no, por lo que no se sabe cómo actuar en caso de producirse algún error.

2.2.2. Tipos de automatización

Dado que la automatización y la robótica han demostrado ser dos tecnologías estrechamente relacionadas que van de la mano cuando se ubican en un contexto industrial, la automatización se puede definir como una de las tecnologías relacionadas con los sistemas electromecánicos que se basan principalmente en computadoras. para el desarrollo de sus actividades y producción.

A partir de las definiciones planteadas en el apartado anterior, tenemos que hay tres clases muy amplias de automatización industrial: automatización fija, automatización programable y automatización flexible. (Erbes et al.,2019).

La automatización fija está enfocada en crear un producto determinado cuando el volumen de producción de este es muy alto durante un largo periodo de tiempo, aunque una desventaja de esta automatización son los bucles generados en su ciclo de vida el cual va de acuerdo con la vigencia del producto en el mercado. Además de esto representa un cierto tipo de características como lo son:

- Se maneja conforme a ritmos elevados de producción.
- Requiere una gran inversión debido a que su demanda en equipos es de por si especializados.
- Está diseñada por una secuencia sencilla de operaciones para los procesos.
- No se adapta a variaciones en los procesos.

La automatización programable está más enfocada cuando los volúmenes de producción son relativamente pequeños, produciendo pequeñas cantidades de productos en pequeñas cantidades y a bajo costo, lo que facilita la programación y la realización de diversas tareas, al tiempo que nos permite ser más flexibles, poder administrar la gran cantidad de información transportada por el software, este es un modelo que se adapta totalmente a cualquier necesidad que surja en el proceso, bastante apto para la producción en serie. Ahora veamos una serie de características que complementan la definición.

- Se realiza una gran inversión en los equipos de aplicación en general como por ejemplo las máquinas de control numérico.
- Ejemplo de este tipo de programación son los PLC (Programable Logic Controller por sus siglas en ingles) y robots.
- Tiene que existir un periodo previo para la realización y fabricación de los distintos lotes.

- Para poder realizar lotes de productos distintos es necesario que se hagan cambios en el programa y en la disposición física de dichos elementos.

Por otra parte, la automatización flexible es más estandarizada o enfocada a un volumen de producción medio, es decir, este tipo de automatización es una alienación de la automatización fija y la automatización programada, obtenemos muchos beneficios como el poder realizar cambios de forma más ágil y automática en los equipos, todo esto siendo controlado por una computadora. Se puede afirmar también que la base de la automatización flexible es la flexibilidad de la maquinaria y surge con la necesidad de subsanar las falencias presentadas en la automatización programable. (Erbes et al.,2019).

2.2.3. Tecnologías de automatización

Teniendo como referencia algunos de los conceptos planteados en el primer apartado de este escrito en base a la automatización, se pretende abordar como la fundamentación teórica de distintas metodologías permiten la automatización de un modelo y proceso de producción. A continuación, se verán algunas de las fases que componen un sistema de producción y las metodologías que se podrían aplicar a estos modelos para automatizar de una mejor manera los procesos requeridos.

Definición de un modelo. Partiendo desde el punto de vista de distintas definiciones del concepto de un modelo o proceso de producción podemos definir que el punto de partida de este empieza en el momento que el departamento de gestión decide empezar un nuevo producto o proyecto, pues desde este departamento se envían todos requerimientos a los demás departamentos de cómo va a ser el desarrollo, planificación y todas las especificaciones

necesarias para poner en marcha el producto teniendo en cuenta los materiales, maquinaria, personal y estrategias, porque durante el proceso de diseño y planificación del producto se debe tener en cuenta toda la toma de decisiones y opiniones de todos los departamentos para la correcta elección de materiales y maquinaria a usar, para así llevar a cabo una producción sin errores y sin complejidad.

Por lo que la denominada fase de producción se centra en la elección de la maquinaria necesaria para producir las piezas según los procesos definidos en la fase de diseño, dicho esto subdividimos esta fase de producción en tres procesos esenciales que vamos a ver a continuación:

- Manipulación del material. Cada uno de los modelos que se realizan requieren de unos materiales precisos, la exigencia de una buena elección nos permite una reducción de costes y un aumento de productividad en cada modelo.
- Fabricación. Se realiza la transformación del material mediante distintos métodos de fabricación, de estos métodos los procesos más conocidos son torneado, moldeado, fresado, entre otros, y la correcta elección de estos métodos depende del tamaño y forma de la pieza.
- Acabado. Los procesos de fabricación pueden incurrir imperfecciones en los productos que deben ser eliminados por lo que la producción implica una fase final de revisión para evitar estas imperfecciones se utilizan técnicas de control de calidad y así poder aumentar la eficiencia en la línea de producción.

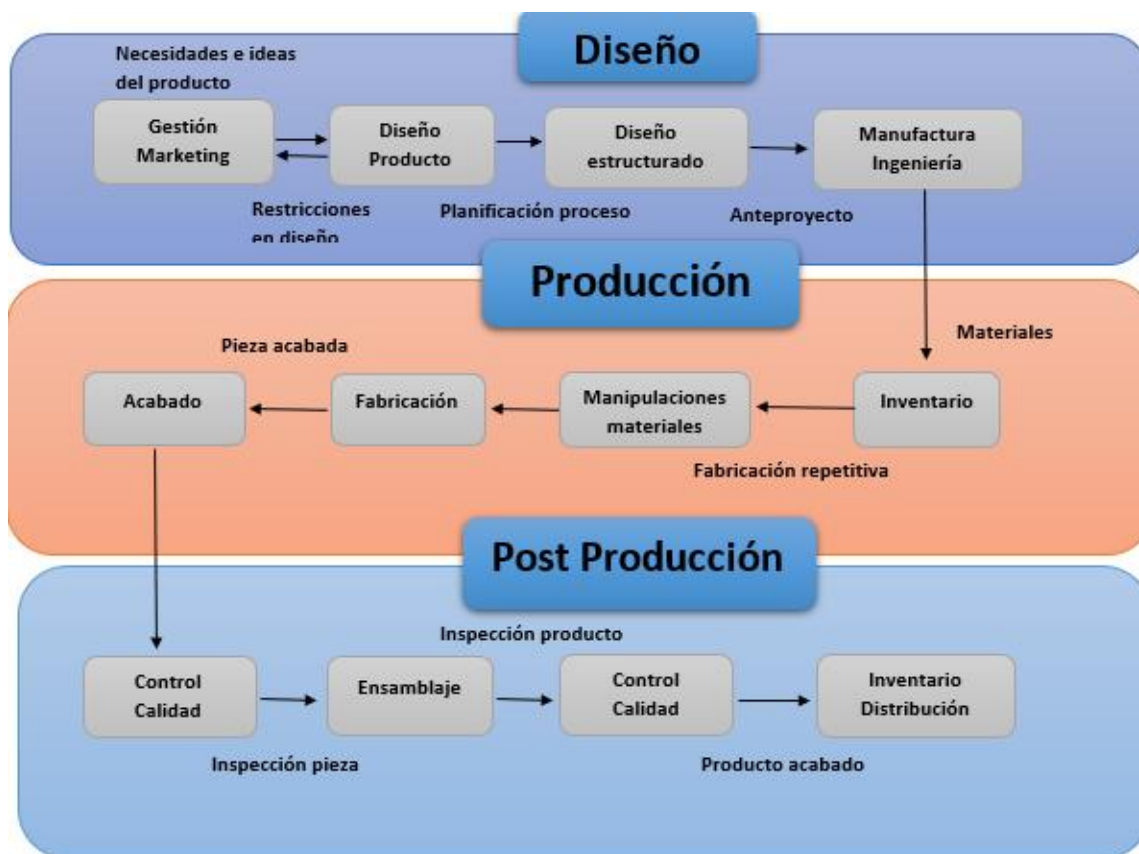
Una vez terminada la fase de producción de los productos según los diseños planteados se debe realizar una nueva fase denominada postproducción en la cual encontramos el ensamblaje de dichas piezas y control de calidad.

- Ensamblaje. Aquí se produce una unión de distintas piezas ya terminadas para producir una pieza final, en la cual se prepara el producto para pasar de nuevo por la fase de control de calidad.
- Control de calidad. Se establece unos estándares para determinar qué productos ya pueden ser enviados a distribución o aún deben permanecer en la zona de almacenamiento para nueva revisión, el establecer estos dichos estándares de calidad nos permite que se puede tener una mayor productividad y eficiencia.

Según la conceptualización de calidad planteada por algunos autores existen dos formas de implementarla en la fase de producción. Algunos plantean que el control de calidad debe ser implementado en la fase de producción, mientras que otros, plantean que el control de calidad se debe realizar después de haber terminado todas las fases y hacerlo justo al terminar la fase de ensamblaje. (Zapata Cortes et al., 2015).

A continuación, en la siguiente figura podemos ver más detallado y de manera simple el proceso descrito anteriormente.

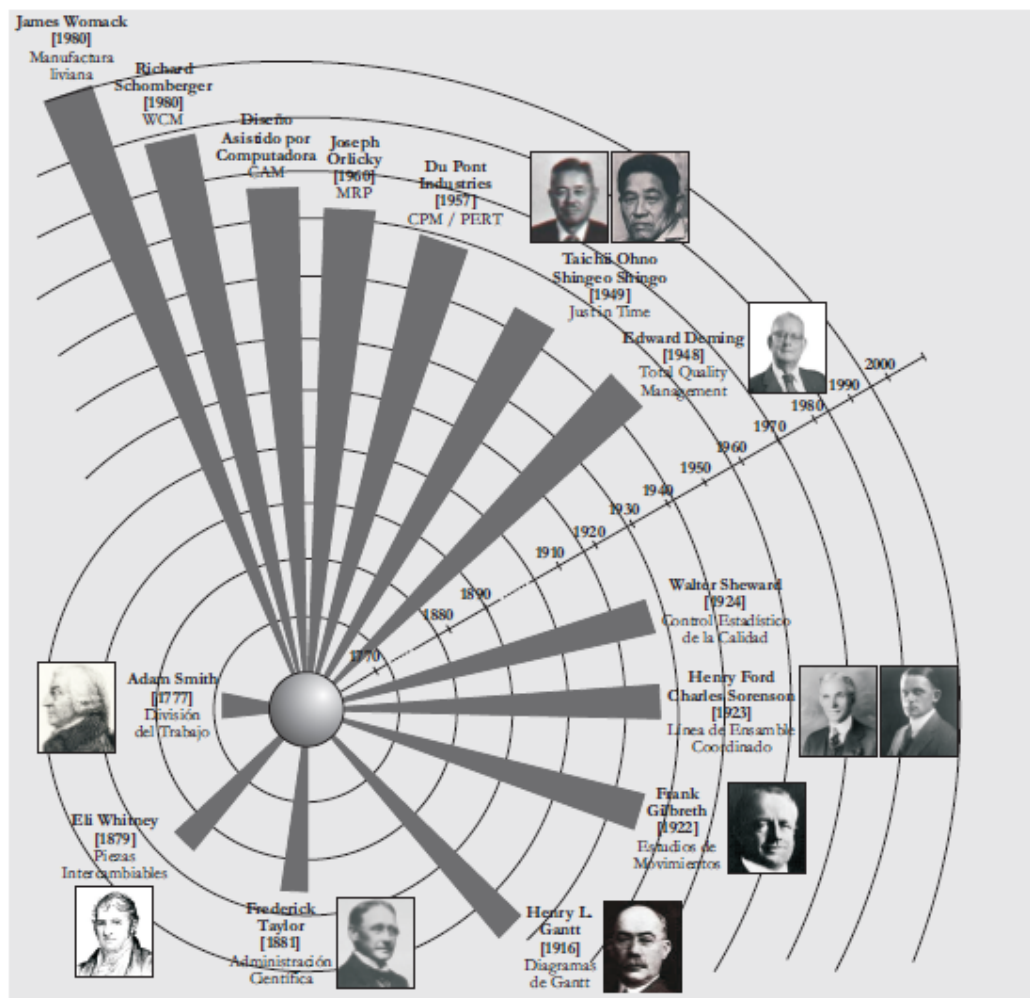
Gráfica 6. Proceso de manufactura



Fuente: (Diana Noriega, 2021 citado en Pérez et al., 2019)

Por otro lado, muchas de las innovaciones en modelos de operaciones fueron desarrolladas por las personas que aparecen en la *Gráfica 6*, quienes destacaron por sus grandes contribuciones para llegar a este punto en la automatización industrial.

Gráfica 7. Eventos significativos en la producción



Fuente: (Roberto C, 2012)

Sistemas de manufactura. De lo descrito en el apartado anterior como consecuencia la empresas buscan primordialmente que todos sus productos sean de alta calidad, de bajos costes y que todas sus operaciones sean eficientes, pero esta situación siempre puede tener algunas inferencias por los incrementos de precios en los mercados, la demanda de los materiales, productos, entre otras, por lo que una solución a este tipo de altercados y que es planteada en la

manufactura es la integración de nuevas técnicas, que puedan permitir mejoras en la implementación de los procesos y estas técnicas son llamadas sistemas de manufactura flexibles. En investigaciones sobre los sistemas de manufactura flexible, autores como (Fúquene et al., 2007) definen FMS (Flexible Manufacturing System) como una configuración controlada por el ordenador, la cual está estructurada por puestos de trabajo semiindependientes. Además, son útiles para aquellas empresas que desean mejorar su competitividad y rentabilidad, a través de procesos de fabricación eficientes.

Los autores citados explican en su estudio cómo funcionan los sistemas FMS, diciendo que la mayoría de los sistemas FMS pueden simular y ejecutar operaciones de fabricación, incluidos procesos como el análisis y la distribución. Para la distribución, el almacenamiento y el manejo de materiales, estos sistemas ofrecen una serie de ventajas que ayudan a eliminar las desventajas. Sistema de producción estándar. A continuación, en la siguiente tabla (*Tabla 1*) se exponen algunas de las ventajas que incorporan estos sistemas FMS.

Tabla 1. *Ventajas de los sistemas FMS*

Criterio	Beneficios potenciales
Productividad	Bajo coste de las piezas
	Coste más bajo en las líneas de transferencia
Sistemas	Capacidad de maquinaria
Equipos	Reducción para un menor coste
Labores	Menor coste de inventario
Trabajo en proceso	Reducción de tiempo de trabajo en máquina
Utilización del equipo	Reducido para las salidas

Tiempo de producción	Realce de las salidas continuas
Capacidad de mantenimiento de la producción	Mayor cantidad de movimientos para las salidas
Flexibilidad operacional	Mejor control de capital
Introducción a la tecnología	Nuevas ideas
Calidad	Reducido para mejora de procesos
Medidas preventivas	Reducido para menos costes de inversión
Evaluación Medidas	Reducción de los costes de revisión
Fallos internos	Reducción de costes en garantía
Fallos Externos	Reducción de costes en garantía

Fuente: (Diana Noriega, 2021)

En otras investigaciones como la de los autores (Bravo, et al., 2011) donde se plantean nuevas definiciones para estos sistemas de manufactura flexible, “PABADIS” la cual apunta a llevarse de manera colaborativa con otras arquitecturas, donde invade principalmente la autonomía y la inteligencia implantados en dispositivos de campo y aplicativos, para estructurar y darle una mejor estrategia de flexibilidad a los cambios de esquemas en la producción. De su escrito podemos determinar que esta arquitectura se caracteriza por una serie de elementos:

- Integración de interfaces de control para mejorar el intercambio de datos.
- Arquitectura de control centralizada.
- Avances en las ordenes de gestión para el ámbito de distribución
- Redes de trabajo flexibles de fuentes de manufactura mediante estructuras participativas, entre otras.

2.3. Tipos de tecnología de automatización

Después de analizar los procesos y sistemas de producción, las distintas variables que se presentan y sus posibles mejoras, en esta sección vamos a analizar algunas de las metodologías ilustradas en la *Tabla 2* que permiten el diseño, planificación, evaluación, optimización, producción, análisis, control, entre otras, según (Chang, 2014) la primera de las metodologías aplicadas es CAD (Computer Aided Design), este método permite producir un diseño aproximado de una pieza real, una vez diseñada en CAD pasa por una serie de pruebas en simulación mediante las tecnologías CAE (Computer Aided Engineering) y finalmente es aplicada la tecnología CAM (Computer Aided Manufacturing) quien hace posible la gestión y planificación de toda la información.

Tabla 2. *Herramientas Tecnológicas*

<i>Sigla</i>	<i>Significado</i>	<i>Traducción</i>
<i>CAD</i>	Computer Aided Design	Diseño asistido por computador
<i>CADD</i>	Computer Aided Design and Drafting	Dibujo y diseño asistido por computador
<i>CAM</i>	Computer Aided Manufacturing	Fabricación asistida por computador
<i>CAE</i>	Computer Aided Engineering	Ingeniería asistida por computador

Fuente: (Noriega, 2021)

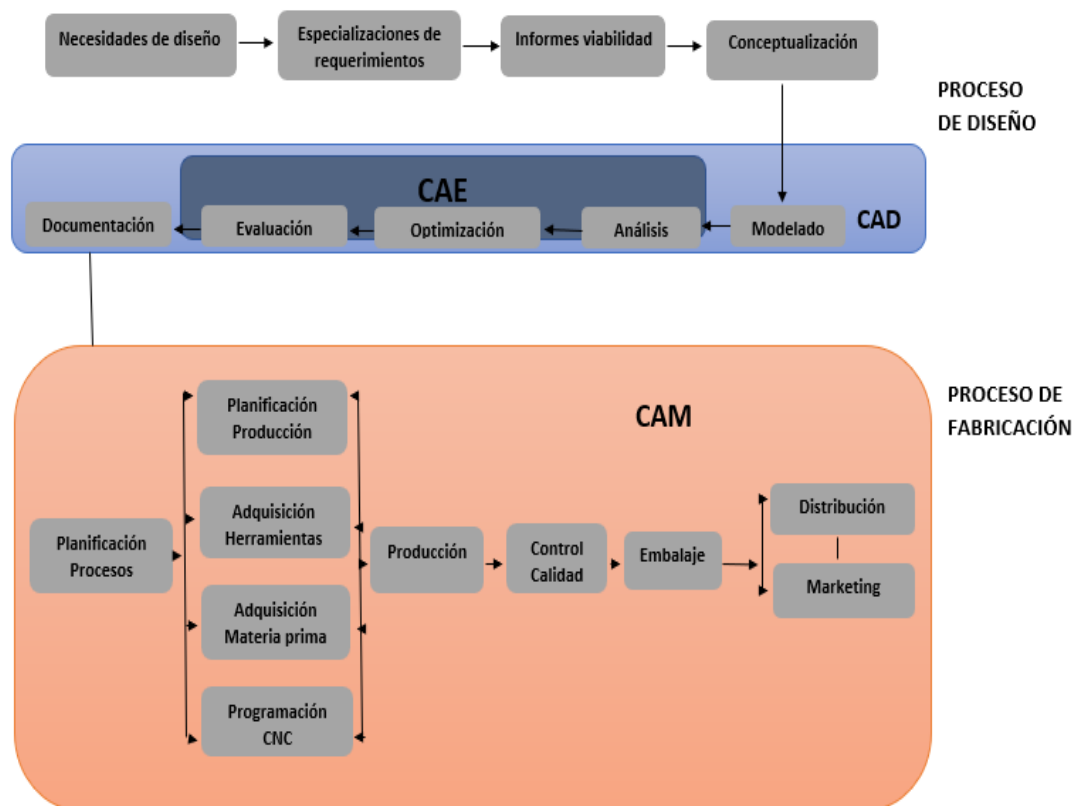
A raíz de esto actualmente se vive en un mundo de grandes expectativas e incertidumbre y esto se debe en gran medida al rápido cambio que llevan las tecnologías actuales, es por ello que no es tan fácil adaptarse a ellas de la forma correcta para sacarles el mayor provecho posible, al generar cambios constantes en este tipo de tecnologías también surgen los cambios en el orden económico y político los cuales en países como el nuestro, que nos generan mayor influencia en el desarrollo de nuevas tecnológicas emergentes a nivel mundial en mercados abiertos con destino a la globalización. Todo esto nos lleva a nuevos desafíos y con ellos otras habilidades, por lo que las industrias deben adaptarse cada vez más para enfrentar estos nuevos desafíos en el futuro, implementar de manera más completa y absorber gradualmente las nuevas tecnologías, sin olvidar uno de los factores más importantes que afectan la eficiencia de estas tecnologías, inversiones y capacidades productivas.

De esta forma, uno de los elementos más importantes dentro de la industria de la automatización son las máquinas de control numérico computarizado, de las cuales se brindan muchas ventajas en este ámbito y son de importancia, relacionadas con las tecnologías CAD/CAE y por las cuales es el propósito de este escrito.

Antes del siglo XX, según artículos sobre aplicaciones de automatización en ese entonces resultaban siendo un fracaso y muchas de estas aplicaciones terminaban con una fuerte oposición por parte de los trabajadores, quienes como ejemplo, en Inglaterra a principios del siglo XIX destruyeron una maquinaria textil como protesta por la reducción de sus salarios y el desempleo que se venía presentado por la nueva tendencia, pero esto no fue un paro para continuar con las aplicaciones, por lo que la producción en masa se convirtió en la esencia del modo de vida americano y que actualmente se está convirtiendo en el modo de vida universal.

En realidad, CAD/CAE es un matrimonio entre numerosas disciplinas de ingeniería y fabricación. Es una comunicación computarizada y una función de diseño para y entre ingenieros y todo aquel que desee apoyar sus procesos de diseño mediante este tipo de software. Si vamos más allá del común, podemos incluir en el casi todas las etapas de fabricación y gestión. Por lo que también se incluyen el marketing, ofimática, contabilidad, control de calidad y casi todo aquello que pudiera tener relación con una base de datos centralizada. Algunas de las funciones más comunes del CAD son el modelado geométrico, análisis, prueba, delineación, verificación y documentación. El CAE nos permite crear prototipos virtuales e identificar el comportamiento integral de piezas y modelos ante diferentes tipos de escenarios. El CAM, además, incluye control numérico, robótica, planificación y control de fabricación. Ambas disciplinas están relacionadas por una base de datos común. (Tafur et al, 2015). En la *Gráfica 8* se puede observar cómo se estructuran estas tecnologías.

Gráfica 8. *Diseño e ingeniería asistida por computador*



Fuente: (Suarez, 2021)

Hoy en día no podría mencionarse el desarrollo tecnológico, ni diseño de nuevos productos sin relacionarlas con estas tecnologías que están en constante crecimiento sostenido. La creación de las herramientas CAD/CAE/CAM están en constante evolución, estos sistemas permiten realizar el diseño de productos y componentes a través de gráficos interactivos, fabricación de elementos y su respectiva distribución. (Erazo, 2022).

2.3.1. CAD

Es una de las tecnologías implicadas en el uso de máquinas (computadores) para realizar tareas de análisis, creación, modificación y optimización de un diseño, a través de técnicas de

visualización y representación gráfica de un modelo. De acuerdo con (Mercado, 2020) tomado de Rojas y Rojas 2006 el CAD “Es un método analítico, una forma distinta de modelar el comportamiento de un producto o modelo antes de construirlo, sin la necesidad de tener diseños en papel.”. Este software es empleado para aumentar la productividad del diseñador, ingeniero y cualquier persona que este familiarizada con él, mejorar la calidad del diseño, mejorar las comunicaciones a través de la información documentada y así poder crear una base de datos que permita la fabricación de los prototipos.

El CAD fue inventando por Pierre Bézier, un francés, ingeniero quien fue uno de los primeros en crear los principales fundamentos del CAD con su programa UNISURF diseñado para ayudar a los diseñadores de automóviles desarrollado para Renault en 1968. Además de ser proporcionado para ayudar a los diseñadores este fue utilizado para ayudar a mejorar el análisis en casos de ingeniería (Fakhry et al., 2021). El objetivo principal del CAD que se busca es la definición de la geometría de las piezas, estos softwares están compuestos por elementos y técnicas que aumentan sus virtudes dentro de los sistemas de producción, algunos de ellos son:

- Modelos geométricos. Son un conjunto de técnicas cuyo objetivo es la representación de estas entidades.
- Técnicas de integración gráfica. Consiste en los elementos que soportan las entradas de toda la información del modelado geométrico.
- Técnicas de visualización. Son elementos fundamentales para la creación de imágenes en el modelo.
- Interfaz de usuario. Nos permiten la interacción con los elementos del diseño.

- Bases de datos. Almacén de toda la información generada por el modelo y resultados de esta.
- Métodos numéricos. Hacen parte de las técnicas de cálculos utilizados en estos sistemas.
- Elementos de fabricación. Conformado por todo el conjunto de maquinaria destinada a este proceso.

Los softwares CAD son importantes desde la primera etapa del proceso de producción, pues nos permiten crear productos en dos y tres dimensiones (2D, 3D). Además de eso incrementan la productividad de los diseñadores, reduciendo los tiempos, mejoran la calidad del diseño, mejoran la documentación del diseño, las piezas pueden ser observadas desde diferentes perspectivas, entre otras. Con esto concluimos que con estos sistemas de diseño asistido por computador se puede crear productos tan complejos que para los hombres serian prácticamente imposibles de realizar. (Gooch J.W, 2011).

2.3.2. CAE

Es una de las tecnologías encargadas de utilizar sistemas informáticos para la realización del estudio de las geometrías generadas por sistemas CAD, esto para valorar sus propiedades, características, viabilidad, deficiencias y su objetivo principal es la optimización. Dentro de estas tecnologías CAE las más aplicadas son el análisis de elementos finitos, esta técnica permite estudiar el comportamiento de las deformaciones, transmisiones de calor, tensiones, flujo y entre otros requerimientos del producto, una serie de características de esta tecnología son:

- Definición, desarrollo e integración de modelos y sistemas para realizar mejor la gestión de procesos.

- Gestión de modelos y análisis de datos.
- Simulación.
- Diseño de control.
- Optimización.

Todo esto nos lleva a que las áreas que cubre la ingeniería asistida por computadora según (Mercado, 2020) son:

- Análisis de estrés y dinámica de componentes y ensambles con el empleo de FEA.
- Análisis termal y de fluidos gracias al uso de CFD.
- Sistema multicuerpo (MBD) y cinemática.
- Herramientas de análisis para simulación de procesos y para procesos de fabricación.
- Optimización del proceso de documentación.
- Optimización del desarrollo del producto y verificación inteligente de las inconformidades.

2.3.3. CAM

Es una metodología que consiste en la utilización de sistemas informáticos para ayudar directamente en la producción del producto, realizar la planificación, gestión y control de las operaciones en esta fase, es un puente entre el diseño CAD y el lenguaje de programación de las máquinas y herramientas con una intervención mínima del operario.

También se le puede definir como el conjunto de distintos tipos de automatización programable que se utilizan en las industrias en el proceso de manufactura, como consecuencia de la gran variedad de ventajas que representan este sistema, tenemos la combinación del

CAD/CAM para integrarlas en procesos de manufactura, esta combinación nos permite mayor transferencia de información de la fase de diseño a la fase de fabricación. El CAM procesa una base de datos desarrollada durante CAD para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar el equipo de producción, el equipo de manejo de materiales, las pruebas y verificaciones automatizadas para determinar la calidad del producto, tiene un gran impacto en la producción porque puede desarrollar productos de manera más eficiente sin mucho esfuerzo de diseño. (Mercado, 2020).

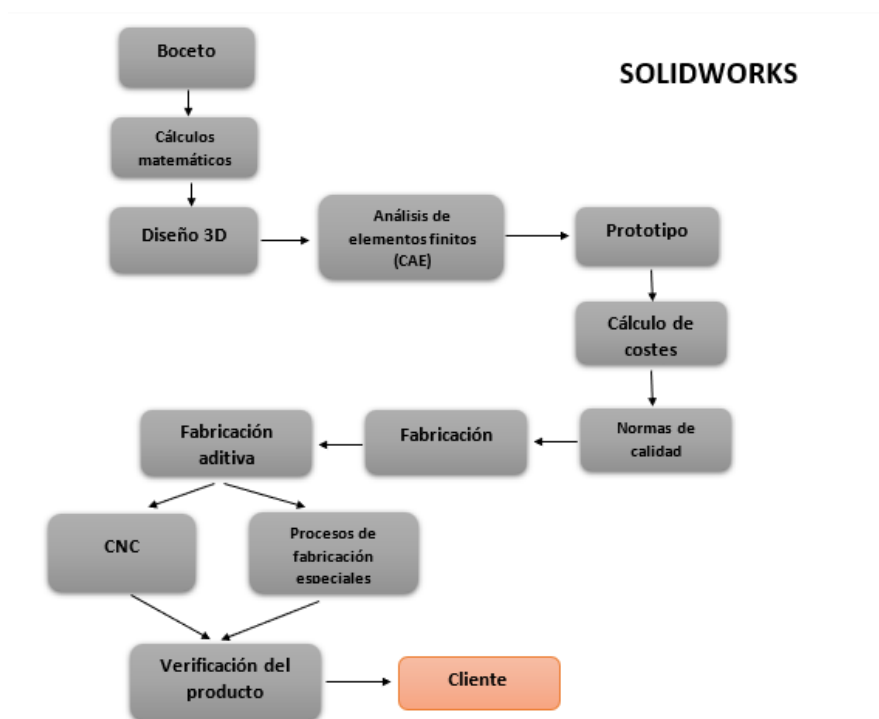
Entre las muchas herramientas que se ofrecen en estas aplicaciones tenemos robots, máquinas herramienta de control numérico, sistemas automatizados de manejo de materiales y sistemas de fabricación flexibles mediante los cuales se pueden crear, modificar y clasificar piezas de cualquier tipo de segmento a través de codificación alfanumérica. Como resultado, podemos adaptar mejor las soluciones a procesos cada vez más complejos. (Gong, et al., 2019).

2.4.Modelo

El objetivo de este apartado es mostrar un modelo con una ruta de proceso de fabricación mediante un diseño establecido, esto mediante sus fases esenciales: la realización del boceto, modelado, análisis finitos con programas informáticos CAD/CAE/CAM verificando si las piezas aguantaran la fuerza suficiente para cual ha sido diseñado, fabricado, optimizado, propiedades físicas y por último el montaje final, como ejemplo de este proceso se tomó como referencia un sujetador lateral del diseño de un carro robótico la cual es una de las piezas principales y de mayor importancia para determinar la resistencia del este.

Para empezar, la *Gráfica 9* resume el proceso de fabricación de uno de los sujetadores laterales del robot, también la importancia de llevar un orden jerárquico en cada proceso de fabricación. Para este modelo fue utilizado el Software SolidWorks.

Gráfica 9. Proceso de fabricación de un sujetador lateral



Fuente: (Noriega, 2021)

- Boceto. Como en cualquier proyecto o nuevas ideas, el primer paso es hacer una proyección de lo que se quiere diseñar para posteriormente convertirlo en un diseño simulado en 3D. *(Ilustración 2)*.
- Diseño en 3D. Como parte fundamental de un proceso de fabricación debemos tener un correcto diseño, este se logra estudiando todos los aspectos y comportamientos que va a tener dicha pieza en su fabricación, por lo que si se requiere se debe hacer los cálculos necesarios para lograr el diseño y poder también determinar el material de este. Para poder llevar un diseño y tener éxito en la creación de esta es importante el software de modelado por lo que estos son unos de los más usados hoy en día: SolidWorks, Solid

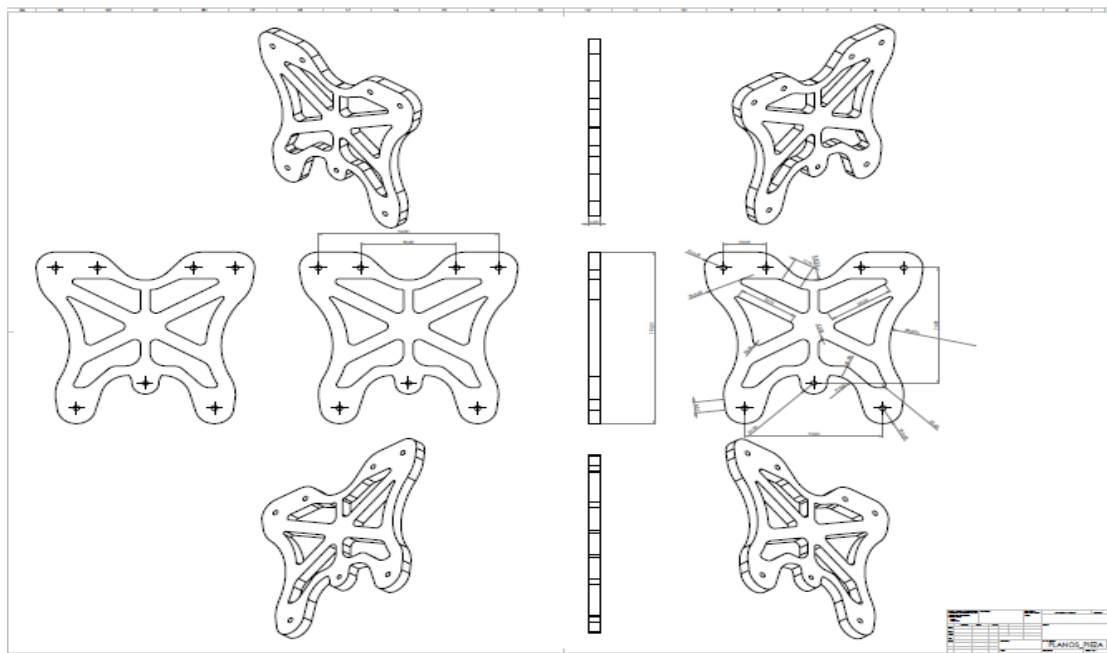
Edge, Fusión 360°, AutoCAD, CATIA, estos son algunos de los programas CAD/CAE que más demandan las empresas que solicitan profesionales para el diseño de productos.

- **Análisis de elementos finitos.** Desde mi punto de vista y basándome en fundamentos ya establecidos, la simulación es uno de los procesos más importantes para obtener mediante realidad virtual como se dará el comportamiento de las piezas y del producto final, así mismo probar de manera oportuna si el diseño si cumple con las especificaciones sugeridas, por lo que es esencial realizar siempre un análisis de elementos finitos, con el fin de poder ver y demostrar que el diseño y el material aplicado a la pieza soportaran los esfuerzos de trabajo con los que se calcularon. También podemos, después de procesar el producto final y de acuerdo con el análisis establecido, optimizarlo, logrando mejores resultados, como la reducción de peso, manteniendo la resistencia continua. *(Ilustración 3)*
- **Fabricación aditiva.** Es uno de los procesos más asombrosos en el mundo de la fabricación, más aún cuando el producto final que se desea fabricar aun no empieza el proceso y se desea obtener una primera imagen real de esta, y así verificar su forma real, ayudando a optimizar, mejorando modelos, poder tener la posibilidad de comprobar si de verdad el diseño establecido cumplirá con los requisitos e incluso poder enviarle al cliente el prototipo de como quedara su diseño antes de que este pase a proceso de producción, para que pueda hacerle cambios a tiempo si así lo requiere y no hayan perdidas tanto de material como de dinero. *(Ilustración 4)*

SolidWorks nos permite obtener un diagrama general y detallado de cada una de las vistas de la pieza requerida, en este caso se puede apreciar a detalle distintas vistas en dimensión

2D y algunas vistas isométricas del sujetador lateral del carro robótico, este software procesa de forma rápida el diseño de la pieza y lo expone en este formato, entregando también sus propiedades físicas.

Ilustración 2. *Boceto sujetador lateral*



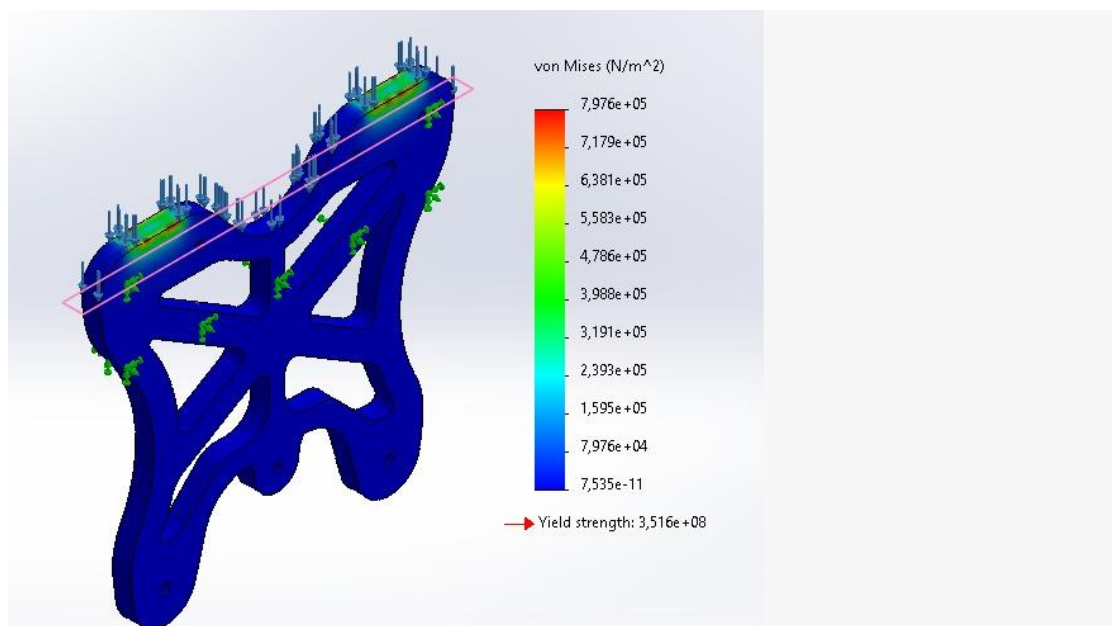
Fuente: (Noriega, 2021)

Actualmente, la fabricación aditiva como lo mencione anteriormente está dando pasos muy grandes en la industria, porque ha sabido demostrar sus grandes capacidades en sus formas de impresión, también es cierto que para algunos metales ya no es tan precisa, por lo que es necesario involucrar la fabricación con máquinas de mecanizado CNC con las que se pueden conseguir una estructura rígida del material, aquí entran los software de tecnología CAM los cuales se encargan de proporcionar todos los parámetros correspondientes al mecanizado, obteniendo el máximo rendimiento para la fabricación de dichos modelos, por lo que construir

este tipo de modelos es parte de la validación y son aspectos importantes para cualquier proyección.

Por otra parte, en cuanto a simulación virtual y su manejo con la ayuda de programas informáticos mencionados anteriormente, se emplean tres realidades: virtual, aumentada y mixta, de las cuales las más demandadas por empresas son la realidad aumentada y la realidad mixta, de cuales se manejan en programas como: Unity, Spark AR, Arsenal, los cuales sirven para los operarios puedan realizar sus trabajos de manera más fácil, ágil, productiva y eficiente.

Ilustración 3. *Nodo más afectado en el esfuerzo al aplicar fuerza*



Fuente: (Diana Noriega, 2021)

Al realizar el estudio de fuerzas como herramienta profesional que brinda SolidWorks, se puede obtener un análisis estático de cada una de las fuerzas que actúan en esta pieza lateral, conociendo así los puntos en los que hay mayor esfuerzo y resistencia por parte del sólido y en

dependencia de sus propiedades físicas, este análisis consiste en definir los sujetadores de la pieza para luego ser modelados, en este caso la pieza va sujeta de manera lateral al robot y sus fuerzas son aplicadas de arriba hacia abajo por la carga de masa que llevaría el mismo y su peso; finalmente se realiza un proceso de mallado para obtener las propiedades específicas de la pieza haciendo un recorrido por cada una de sus superficies. A partir de este análisis estático se puede concluir que el resultado es satisfactorio debido a que la pieza ofrece una buena resistencia al estar propensa a altas cargas.

Tabla 3. *Propiedades sujetador lateral*

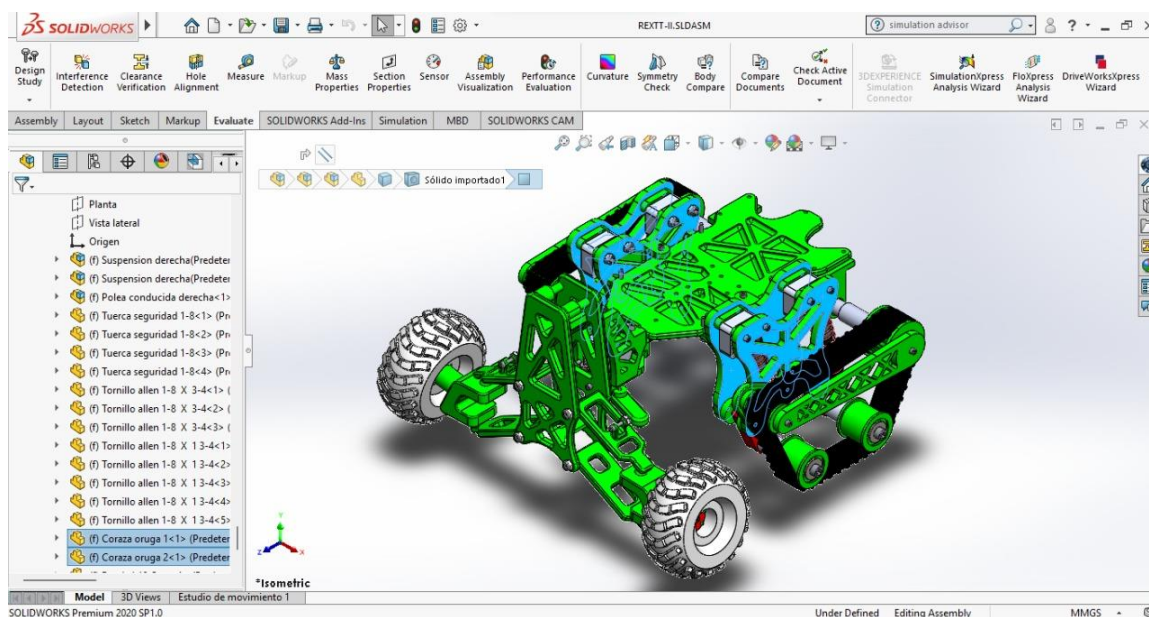
Propiedades	
<i>Densidad</i>	0.01 gramos por milímetro cúbico
<i>Masa</i>	275.29 gramos
<i>Volumen</i>	34846.30 milímetros cúbicos
<i>Superficie</i>	18399.79 milímetros cuadrados
<i>Material</i>	Acero aisi 1020

Fuente: (Noriega, 2021)

Verificación del producto. El control de calidad de cualquier producto es la fase final y una de las más críticas e importante en el proceso de fabricación, el resultado de que todo esté bien es el paso para poder hacer entrega de estos a sus respectivos clientes confirmando que cumple con todas las características, especificaciones previas para la cual fue diseñado.

(Ilustración 5)

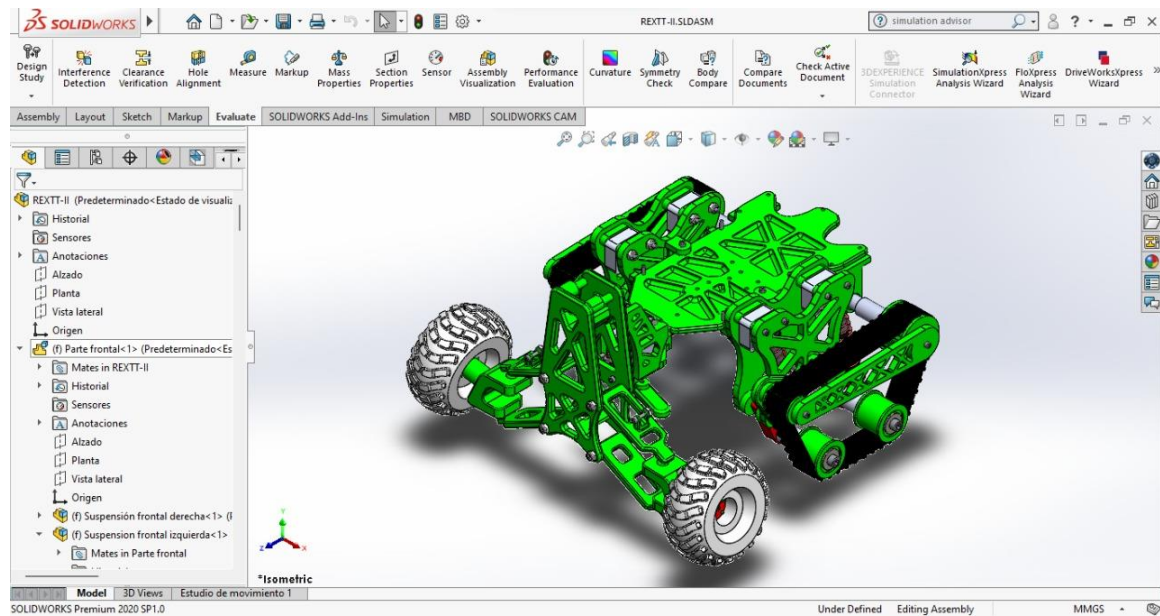
Ilustración 4. Montaje de piezas



Fuente: (Noriega, 2021)

El carro robótico cuenta con cuatro sujetadores laterales en total, dos de cada lado que permite conectar el soporte central y sus rodamientos laterales. SolidWorks ofrece herramientas de ensamblaje para modelar la unión de todas las piezas y poder visualizar una construcción bien definida de todo el robot, exponiendo la utilidad e importancia de los sujetadores laterales.

Ilustración 5. Diseño robot industrial



Fuente: (Noriega, 2021)

Producto final ensamblado, con propiedades físicas modeladas en el software y cada una de sus piezas y componentes terminadas.

3. Conclusiones

La industria 4.0 ahora ofrece muchos beneficios en diseño, análisis y fabricación asistidos por computadora, mejorando la calidad, precisión y eficiencia de prácticamente cualquier proceso. El modelado de los procesos de producción permite simulaciones casi realistas de estos procesos, lo que hace posible analizar el desempeño de las condiciones presentes y futuras bajo las cuales se puedan proponer cambios. Así, con base en estos análisis de simulación expuestos anteriormente, se pueden tomar decisiones que brinden mas confianza en los resultados esperados.

Por todo lo anterior, las herramientas CAD/CAE son una metodología ágil, bien estructuradas, de fácil aplicación a cualquier área en la que se requiera de un análisis prospectivo de diferentes tipos de escenarios permitiendo evaluar la calidad de estos.

Actualmente la facultad de ingeniería industrial desempeña un papel importante en la actualización de la formación educativa informática, integrando nuevos softwares para el desarrollo de nuevas habilidades, este tipo de formación con tecnologías CAD/CAE ejecutadas en este escrito conllevan a un mejor desarrollo y adaptación. Esta formación aportaría a tener un programa de mejor calidad. El programa de ingeniería industrial forja profesionales en el área de la industria Colombia y el mundo, por lo que estas nuevas tecnologías que facilitan el aprendizaje necesitan ser potencializadas garantizando profesionales íntegros para el desarrollo de estas nuevas tecnologías.

A nivel general es importante analizar todos los procesos productivos con el uso de herramientas tecnológicas para estandarizar todos los procesos, desarrollar metodologías flexibles para optimizarlos, y finalmente al implementar un modelo demostrar que se pueden utilizar metodologías efectivas en un entorno de producción para proporcionar un mejor servicio.

4. Bibliografía

- Erbes, A., Gutman, G., Lavarello, P. y Robert, V. (2019). Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe. *Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/80)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Alpala, L., Maria del Mar, E., Peluffo, D., Bolaños, F., Rosero, A. y Torres, J. (2018). Metodología para el diseño y simulación de instalaciones industriales y sistemas de producción basada en una visión modular bajo un contexto de "industria 4.0".
- Bravo, C., J. Aguilar, A. Ríos, J. Aguilar, F. (2011). Inteligencia Artificial Distribuida como Estrategia para la Gerencia Integrada de Producción Industrial. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 8, 405-417.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791211000471>
- Calderón, M. (2010). El valor estratégico de los acuerdos de colaboración para la adquisición de conocimiento en procesos abiertos de innovación: con especial atención al sector de las TIC en España.
- Castrillo, M. (2019). Implantación y evaluación de la Industria 4.0.
<http://hdl.handle.net/10259/5189>
- Chang, K. (2014). Product design modeling using CAD/CAE chapter 4 assembly modeling. *Academic Press*, 169-232 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398513-2.00004-X>
- Córdoba, E. (2006). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación*, 26(3),120-128.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326315>
- Escudero, A. (2018). Redefinición del “aprendizaje en red” en la cuarta revolución industrial. *Apertura*, 10(1),149-163.

[https://www.redalyc.org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/articulo.oa?id=68855405](https://www.redalyc.org/unipamplona/basesdedatosezproxy.com/articulo.oa?id=68855405)

010

Fakhry, M., Kamel, I., y Abdelaal, A., (2021). CAD using preference compared to hand drafting in architectural working drawings coursework. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(3), 3331-3338, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.01.016>

Fúquene, C., Aguirre, H. y Córdoba, N. (2007). Evolución de un sistema de manufactura flexible (FMS) a un sistema de manufactura integrada por computador (CIM). *Ingeniería y universidad*, 11(1).

Garrell Guiu, A., & Guilera Aguella, L. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital* (1 ed.).

València, Barcelona, España: Marge books.

<https://elibronet.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/es/ereader/unipamplona/106378>

?fs_q=industria__4.0&prev=fs&page=22

Geinfor. (18 de 02 de 2019). ¿En qué consiste la optimización de procesos en una empresa?:

<https://geinfor.com/business/optimizacion-de-procesos-en-una-empresa/>

Gong, L., Zou, B. & Kan, Z. (2019). Modeling and Optimization for Automobile Mixed Assembly Line in Industry 4.0. *Journal of Control Science and Engineering*, 1-10. 10.1155/2019/3105267.

Gooch, W. (2011) CAD/CAM. In: Gooch J.W. (eds) *Encyclopedic Dictionary of Polymers*. Springer, New York, NY. <https://doi->

[org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/978-1-4419-6247-8_1790](https://doi-10.1007/978-1-4419-6247-8_1790)

Gutiérrez, J., Infante, M. y Córdoba, E. (1994). Significado Económico - Social y Técnico de Automatización.

- Izar, J., Bocarando, J., & Larios, M., Ynzunza, C. y Aguilar, F. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, (54),
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>
- Mejía, Á., Jabba, D., Caballero, G. y Caicedo, J. (2019). Influencia de la Ingeniería de Software en los Procesos de Automatización Industrial. *Información tecnológica*, 30(5), 221-230.
- Mercado, J. (2020). Evolución de los softwares de simulación para el diseño y construcción en la industria. *Polo Del Conocimiento*, 5(08), 1333-1343
- Ordax Cassa Javier, (2005). automatización de procesos industriales.
- Rojas Lazo, Oswaldo, & Rojas Rojas, Luis (2006). Diseño asistido por computador. *Industrial Data*, 9(1),7-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81690102>
- Segura, J. l. (21 de 05 de 2016). Gestión. Obtenido de ¿Cuáles son las ventajas de optimizar los procesos en las empresas?: <https://gestion.pe/tendencias/son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-121297-noticia/#:~:text=Asimismo%2C%20la%20optimizaci%C3%B3n%20de%20procesos,fundamental%20para%20lograr%20resultados%20efectivos.>
- Skilton, M. & Hovsepian, F. (2018). The 4th Industrial Revolution.Responding to the Impact of Artificial Intelligence on Business. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62479-2>
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512-1532.
- Tafur, W., Calderón, P. y Suárez, A. (2015). Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos. *Tecnura*,

19(46),115-121. ISSN: 0123-921X. Disponible en: <https://www-redalyc-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/articulo.oa?id=257042318010>

Erazo, V. (2022). El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina. Vol 22 N°2, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Yanahuaya, A. (2016). Sistema de vigilancia de personas mayores o con incapacidad usando sistemas multiagente y robots bipedos controlados mediante voz.
<http://hdl.handle.net/10251/75607>

Zapata Cortes, Julián Andrés , & Arango Serna, Martin Darío, & Campuzano Zapata, Luis Felipe (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14(27),221-233. ISSN: 1692-3324. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75045730015>