



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA



**RETOS Y DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO. UNA VISIÓN
DESDE LA INDUSTRIA 4.0, 2021.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN RELACIONES ECONÓMICAS INTERNACIONALES**

PRESENTA

CLAUDIA AIDED TRUJILLO LÓPEZ

ASESORA

DR. YOLANDA CARBAJAL SUÁREZ

REVISORES

DRA. LAURA ELENA DEL MORAL BARRERA

DRA. BRENDA MURILLO VILLANUEVA

TOLUCA, AGOSTO DE 2022

RESUMEN

En este trabajo se analizan los retos y desafíos de la industria automotriz en México ante la llegada e implementación de la industria 4.0 (I4.0) no solo frente a los gigantes automotrices, sino también con empresas de innovación tecnológica. Se desarrolla un análisis exploratorio, donde se realiza un comparativo a lo largo de los años, utilizando los registros proporcionados por INEGI y páginas de consultoría logística, también se utilizan páginas oficiales de las empresas automotrices donde se informa sobre el funcionamiento de sus sistemas productivos.

El desarrollo de la industria automotriz y la I4.0 es objeto de estudio de este trabajo de investigación, es decir, se analiza desde el momento en que empezaron a incursionar distintas empresas en México propiciando el asentamiento de estas. Uno de los aspectos relevantes, es encontrar respuestas respecto al tema de la innovación que se ha vivido de forma reciente.

Para dicho estudio es necesario focalizar e identificar los retos en términos de innovación tecnológica que se han desarrollado a lo largo de los años, por las empresas automotrices primordialmente en México. Es decir, la realidad que enfrenta el sector automotriz ante la llegada de diversas innovaciones es uno de los aspectos que se desarrolla en el presente trabajo, siguiendo el contexto de un análisis exploratorio, se estudian los avances dentro de cada planta, así como el uso de nuevas tecnologías y las mejoras que se han derivado, sin dejar de lado los retos que representa y cómo los han enfrentado las empresas.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Introducción	6
CAPÍTULO I.....	13
Sistemas Productivos: Fordismo, Toyotismo, Lean production, producción modular e Industria 4.0	13
1.1 Definición y descripción de los sistemas productivos.....	13
1.1.1 Fordismo.....	14
1.1.2 Toyotismo	15
1.1.3 Lean production	18
1.1.4 Producción modular	22
1.2 INDUSTRIA 4.0. DESCRIPCIÓN Y EXPOSICIÓN DE SUS PRINCIPALES CONCEPTOS Y PLANTEAMIENTOS.	25
1.2.1 Internet of Things (IoT).....	27
1.2.2 Big Data (BD).....	28
Las "tres V" de big data	29
1.2.3 Demand-driven supply chain (DDSC)	29
1.2.4 Cloud	30
1.2.5 Cybersecurity	32
1.2.6 Additive manufacturing.....	34
1.2.7 Robotics.....	34
1.2.8 Augmented decision support.....	35
1.2.9 Digital Twin	36
1.3 Nuevas tecnologías de producción en la industria automotriz.....	36
CAPÍTULO II.....	39
Importancia, evolución y caracterización de la industria automotriz en México	39
2.1 Descripción e historia de la industria automotriz en México.....	39
2.1.1 El desarrollo de la industria automotriz en el periodo del TLCAN/T-MEC	44
2.2 Importancia de la industria en el sector económico.....	46
2.2.1 Producción total de vehículos ligeros 1990-2021	46
2.2.2 Venta total al público de vehículos ligeros 1990-2021	48
2.2.3 Exportación total de vehículos ligeros 1990-2021	50

2.3	La industria automotriz en México y la Pandemia por COVID-19.....	54
2.4	Presencia de plantas y ensambladoras automotrices en México.....	58
	CAPÍTULO III.....	65
	El sector automotor y la industria 4.0. Panorama internacional y retos y desafíos para la industria en México	65
3.1	Diagnóstico general. La industria 4.0 dentro de la industria automotriz	65
3.1.1	Automatización automotriz.....	66
3.1.2	Uso de la tecnología	67
3.1.3	La inteligencia artificial en vehículos autónomos	71
3.2	Reto y desafíos de la industria automotriz en México en el contexto de la Industria 4.0	73
3.2.1	Desafíos que enfrenta la industria automotriz	78
3.2.2	Empresas automotrices.....	81
3.2.2.1.	Marcas automotrices y su desempeño en la adición de la Industria 4.0.....	81
a)	Volvo.....	81
b)	BMW Group	84
c)	Ford Motor Company	87
d)	Volkswagen.....	89
f)	Toyota.....	92
g)	KIA	96
h)	Tesla.....	99
	CONCLUSIONES GENERALES.....	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	117

Introducción

Según Aristóteles (384 a.C.) “El ser humano es un ser social por naturaleza”, siendo una de las razones por la cual se han presenciado muchos de los avances tecnológicos y sociales, es necesario mencionar que, uno de los propósitos de estos adelantos ha tenido como foco el facilitar la vida de cada hombre y mujer, optimizando y favoreciendo su día a día.

Con la constante innovación dentro de las industrias se presenció un adelanto tecnológico, teniendo como resultado avances sustanciales dentro de la misma. En 1705, los adelantos se tornan más notorios como resultado de la primera máquina de vapor; a raíz de este acontecimiento se comenzaron a desarrollar avances tecnológicos más certeros, volviéndose un parteaguas para la llegada de las revoluciones industriales.

Los antecedentes de la Revolución Industrial tienen lugar desde el momento en el cual el ser humano externaliza sus necesidades respecto a los artículos, forzando a los productores a salir del *status quo*. Teniendo como resultado a mediados del siglo XVIII y hasta el XIX, el desarrollo de la primera revolución industrial o industria 1.0. Fue aquí donde las industrias del hierro y textil se vieron favorecidas ante un adelanto novedoso. En el año de 1765 James Watt crearía la primera máquina de vapor funcional, la cual sirvió para el desarrollo de la sociedad hasta el día de hoy, así mismo otorgó diversos usos e innovaciones en la manufactura. Sin embargo, la industria aún dependería de la mano de obra para poder arrancar una operación (Mora y Guerrero, 2020).

Entre 1870 y 1914 poco antes de la Primera Guerra Mundial, se logró vislumbrar el crecimiento en la industria apoyándose de la producción en masa, lo que traería como consecuencia el desarrollo e ingenio de organizaciones así como, la Segunda Revolución Industrial o también llamada Industria 2.0, surgen nuevas materias primas de las cuales predomina el acero y el petróleo así como sus derivados, lo que generaría un cambio en los procesos productivos con el surgimiento de líneas de ensamble así como los motores de combustión (Mora y Guerrero, 2020).

Uno de los sectores que se vio más beneficiado fue el energético, su principal beneficio fue la electricidad misma, es durante estos años que se reconoce la mano de obra, el comportamiento y rendimiento de los trabajadores, volviéndose un eslabón de suma

importancia para las empresas, durante este periodo Karl Benz presenta el primer automóvil, una “especie de carro” que utilizaba 3 ruedas, en el cual usaría diversas tecnologías de la época (La Vanguardia, 2019). Empezando así una historia de constante desarrollo e innovación tecnológica dentro del sector automotor.

En este sentido, la industria automotriz, de acuerdo con Carbajal (2015:27) “...a nivel mundial se ha caracterizado por un constante proceso de reestructuración, sobre todo durante las últimas décadas, con lo que se ha convertido en una de las industrias más dinámicas de la era moderna, generadora de importantes efectos en las distintas economías en términos de productividad, desarrollo tecnológico y competitividad.” siendo considerado uno de los sectores más versátiles, por distintas innovaciones y cambios a lo largo de la historia.

Un punto clave dentro del desarrollo de la industria automotriz, es a partir de Henry Ford y la invención del modelo “T”, lo cual vino a transformar la manufactura de vehículos, empleando la banda móvil o bien la línea de montaje, lo que llevó a una producción en masa, sacando de la jugada la producción artesanal, aumentando con creces los volúmenes de producción, con una reducción en costos unitarios en la producción. Este sistema sirvió como base para el fordismo.

Las características de este sistema de producción empiezan desde la cadena demontaje, producción en masa, stock que puedan absorber las fluctuaciones de la demanda, cierto control de calidad post venta, así mismo, cada trabajador se enfocaba en una sola tarea, generando un paro en rendimientos, en general, se enfocó en una división de trabajo sin lograr un aprendizaje basado en la experiencia.

En el año de 1929, el mundo viviría una de las mayores crisis económicas, afectando a todos los sectores, sin embargo, un año después se desarrollaría una de las evoluciones más significativas de la era, aun cuando el panorama que se vivía era poco prometedor, la revolución industrial mostró resiliencia trayendo consigo los muestreos para calidad, generando y propiciando el nacimiento de distintas marcas de automóviles que hoy en día siguen vigentes.

Los avances tecnológicos tendrían un progreso constante. El surgimiento del primer auto con transmisión totalmente automática “*Hydra Matic*” construyó un punto de inflexión

significativo; 5 años más tarde al término de la Segunda Guerra Mundial y la creación de la primera arma nuclear, se daban los inicios de la Tercera Revolución Industrial(Canosa, 2007).

Al término de la Segunda Guerra Mundial, en Japón, Toyota modifica la fabricación de vehículos y autopartes. Dicha innovación lleva el nombre de Sistemas de Producción Toyota (*Lean Production*) dentro de este tipo de fabricación se requiere personal multi calificado, gracias a ello es posible realizar tareas de fabricación, inspección y control de calidad, también el uso de maquinaria altamente flexible, la cual permite producir de manera rentable altos volúmenes de diversos productos con el fin de satisfacer la demanda en los consumidores, volviendo los modelos modulares gracias a los adelantos tecnológicos así como el uso de informática (Mortimore y Barron, 2005).

La llegada de Toyota fue un cambio radical desde los cambios en técnicas de inventario hasta las materias primas, aumentando su productividad, fortaleciendo la red de abastecedores, transformándose en uno de los adversarios más importantes a nivel mundial (Carbajal, 2015).

En la década de los setenta y hasta la actualidad, se profundiza la llamada tercera revolución industrial o la Industria 3.0 con la inclusión del internet, sistemas informáticos y comunicaciones, se tenía como finalidad fundamentar los avances que se lograrían a lo largo de la automatización y la era digital.

Diversas empresas optaron por una ideología apegada a la motivación en los trabajadores, resultando en mejoras dentro de los desarrollos. Lo que caracteriza a esta revolución es la apertura a la automatización dentro de los procesos productivos, teniendo las tecnologías de información como eslabón clave en su desempeño e incorporación. Fue durante este periodo que Estados Unidos es superado por Japón en el sector automotriz.

Los años y avances siguieron su curso. En el 2010 surge la cuarta Revolución industrial, también conocida como industria 4.0 la cual se rige por la suma de todas las revoluciones; gracias a los avances e innovaciones crea la necesidad de incorporar nuevas tecnologías. El origen de la I4.0 surge a finales del 2010 en Alemania, dicha industria se entiende por el acervo de ideas, así como juicios de la innovación

tecnológica. El papel de la organización es una práctica compleja integrada por diversos elementos como: personas, tareas, estructuras y tecnologías. Teniendo como base lo ya mencionado se puede concluir que, el triunfo depende del desarrollo de cada parte de maneja conjunta.

La manufactura inteligente y la llegada de la Revolución Industrial 4.0 forman parte de la renovación, donde tecnologías de fabricación e información se han consolidado para poder generar nuevas invenciones en sistemas de manufactura, gestión entre otras, propiciando una apertura en la optimización en los procesos (Sachon, 2017).

Con el desarrollo de la I4.0 se han considerado la introducción de tecnologías digitales en la industria misma, así como el ambiente de manufactura en tecnologías como: IoT, cómputo móvil, nube, *Big Data e IloT*. Dicha industria ya es considerada un proceso de innovación sistémica donde se cambian los modelos de negocio, aportando un panorama global integrado.

La industria 4.0 es un nuevo nivel de estructura dentro de la cadena de valor, así como de gestión, la cual probablemente se encuentre en cambios constantemente, tal como los procesos que operan los modelos de negocio y la cadena de suministro. Esta es una de las tantas razones por las cuales diversas empresas han comenzado a determinar las aplicaciones sintetizadas en la jurisdicción de la industria 4.0 para generar sus estrategias, tomando los pilares básicos como: descentralización, suficiencia en tiempo real, entre otras.

Indiscutiblemente México ha figurado en la Industria Automotriz, teniendo en cuenta que dicho sector además de generar empleos ha dado auge y mayor importancia a la innovación y al avance tecnológico, dentro del país.

Las probabilidades del desarrollo de mejoras, así como nuevas ideas para perfeccionar los cambios en el sector automotriz son altos, sin embargo, la búsqueda se ha visto pausada, siendo esta una de las razones e interés del trabajo, analizar las posibilidades de la Industria Automotriz en México a partir de la I4.0 así como el enfoque ante esta disposición. En la actualidad la popularidad de la industria 4.0 ha ido en aumento, generando el interés no solo en el sector automotriz, sino que, en toda industria, sin embargo, son pocos los estudios realizados sobre el tema.

El gran espectro que ha generado la era tecnológica en la industria automotriz ha tenido como consecuencia un cambio total dentro de la industria, desde operaciones internas hasta el método de venta. Todos estos aspectos han generado cambios a lo largo de los años, teniendo como consecuencia un entorno tecnológico aún mayor. La manera en la que se abordan estos aspectos en el trabajo es a partir de una ardua búsqueda y recopilación de información y datos de diferentes autores y páginas especializadas, como se mencionó anteriormente, lo cual no resultó fácil, pues los estudios relativos a la industria 4.0 son escasos.

Actualmente, el pronóstico para la industria automotriz no ha sido el más óptimo (por el periodo de pandemia, provocado por la COVID-19), pues se ha manifestado un periodo complicado para la industria automotriz con una recuperación débil y hasta cierto punto riesgosa con variaciones negativas tanto en producción como en ventas y exportación, en varios meses en lo que va de la pandemia, debido a los agentes externos que han afectado directamente al sector, sin embargo, todo indica que México ha logrado mantenerse a flote junto con la llegada de la Industria 4.0, el panorama se ha transformado.

De esta forma, el objetivo general del trabajo es analizar los retos y desafíos que enfrenta la industria automotriz en México, a partir de la industria 4.0, con la finalidad de dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los retos y desafíos que enfrenta la industria automotriz ubicada en México, ante los avances e innovación tecnológica que representa la presencia de la industria 4.0?
- ¿Cuáles son las implicaciones y cambios que se generan para la actividad industrial a partir de la industria 4.0?

Dentro de los objetivos específicos se encuentran:

- Definir conceptualmente la industria 4.0, así como los aspectos relacionados con la industria automotriz.
- Analizar la importancia y evolución en el desempeño de la industria automotriz en México.

- Definir los principales retos y desafíos de la industria automotriz localizada en México a partir de la industria 4.0.

La hipótesis que sirve de guía en este trabajo es la siguiente: La industria automotriz es una de las más dinámicas y generadora de importantes innovaciones tecnológicas, sin embargo, el surgimiento de la industria 4.0, la ha llevado a enfrentar grandes retos tanto a nivel mundial como de forma específica en México; entre ellos: El uso adecuado funcional de la tecnología en los procesos dentro de la industria, la inteligencia artificial en la fabricación de automóviles así como la implementación de esta en los vehículos, digitalización de herramientas enfocadas al cliente y el creciente mercado de automóviles eléctricos e híbridos..

Para poder identificar el funcionamiento de cada una de las industrias es necesario estudiar los componentes de cada una de ellas, es decir, definir los pilares de la industria 4.0 así como todos los procesos que son utilizados en el sector automotriz. Desde el punto inicial hasta el producto terminado.

Se utilizaron datos generados por INEGI y AMIA, dependencias logísticas, así como las páginas web oficiales de las empresas del sector automotor.

Esta investigación se encuentra dividida en tres capítulos.

En el capítulo uno titulado “sistemas productivos e industria 4.0”, se desarrollan ambos conceptos y sus componentes, otorgando conclusiones preliminares, por ello se divide en dos grandes apartados, en el primero se abordan los principales planteamientos sobre los sistemas productivos que han forjado el camino y crecimiento de la industria automotriz, básicamente desde el surgimiento hasta su maduración. También se hace una cronología de los cambios que ha tenido la industria automotriz y la evolución de las principales marcas del sector. Dentro del segundo apartado, se describen y afinan los principales conceptos relacionados con la industria 4.0 de manera global, focalizando el sector automotriz.

En el segundo capítulo se detalla la importancia y evolución de la industria automotriz a nivel nacional, teniendo como meta demostrar el desarrollo de la industria dentro del país, su gran avance y posicionamiento tan importante dentro de la economía mexicana. Se

explica la integración, desarrollo y avance que ha diferenciado a la industria automotriz en comparación a las demás industrias, el enfoque principalmente es la descripción histórica del desarrollo de la industria automotriz. Por otro lado, a partir de datos de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) y de INEGI se analiza el desempeño que ha tenido esta industria en los últimos años mediante variables como producción, venta y exportación de vehículos.

En el tercer capítulo se ha dividido de igual manera en dos bloques. En la primera parte se explica el papel de la industria 4.0 en conjunto con la automotriz donde, se abordan las nuevas implementaciones de la tecnología y los crecientes cambios relacionados con la innovación en los procesos. Dentro del segundo bloque, se aborda el uso como tal de la tecnología que es usada en la actualidad en las plantas ensambladoras de las empresas automotrices más representativas dentro del sector automotor, comúnmente llamadas “gigantes de la industria”. También, se presentan las soluciones y propuestas presentadas por las marcas a nivel nacional e internacional.

Finalmente, se abordan algunos de los retos y desafíos que se han presentado en la industria automotriz en México en el marco de la industria 4.0, siendo este el objetivo general en la tesis, añadiendo a esto las conclusiones correspondientes del capítulo.

En la parte final se presentan las principales conclusiones generales del trabajo y se agregan las fuentes bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

Sistemas Productivos: Fordismo, Toyotismo, Lean production, producción modular e Industria 4.0

En este capítulo se abordan los principales aspectos teóricos y definiciones que enmarcan la investigación para la elaboración del presente trabajo. El capítulo se divide en dos grandes apartados. En el primero se detallan los principales planteamientos de los sistemas productivos por los cuales ha transitado la industria automotriz y el resultado central de su evolución, desarrollo a nivel mundial añadiendo algunos aspectos sobre los principales países donde se ha desarrollado: el Fordismo, el Toyotismo, *lean production* (manufactura esbelta) y producción modular.

En el segundo apartado se describen y definen los principales conceptos relacionados con la industria 4.0 de manera global, particularizando en las áreas aplicables a la industria automotriz.

Este capítulo es importante, ya que permite conocer de manera general las características de los sistemas productivos en los que ha transitado la industria automotriz a nivel mundial, desde sus inicios hasta la época actual y específicamente como llega la industria automotriz a enfrentar el nuevo reto tecnológico de la industria 4.0. Esto permite tener una idea más clara de cómo la innovación tecnológica ha estado presente en el desarrollo de la industria automotriz convirtiéndose en un factor fundamental en su desarrollo.

1.1 Definición y descripción de los sistemas productivos

A lo largo de los años, muchas organizaciones se han encontrado con diferentes problemas relacionados con los avances tecnológicos, como restricciones al momento de la implementación, el tiempo invertido, los costos, flexibilidad, satisfacción del cliente, etc.

Para entender lo que realmente significan los cambios ocurridos dentro del sector automotriz, se definen dos formas de organización productiva, las cuales fueron pioneras en la producción: Fordismo y el Toyotismo. Los cuales se desarrollan a continuación.

1.1.1 Fordismo

El “Fordismo” tiene diversos significados e interpretaciones, dicho término se forma tomando como base la exposición de la radicalmente nueva manera de estructurar el desarrollo en masa de automóviles desarrollada bajo la mano de Henry Ford a principios del siglo XX (Hudson, 2009).

Años más tarde, se emplearía un modelo exclusivo a macro escala de organización logrando ligar la producción en masa además del consumo. Normalmente se ha visualizado como un modelo canónico de crecimiento capitalista durante la segunda mitad del siglo XX (Hudson, 2009).

El fordismo establece un modelo ideal que delimita un modo general de masas de producción y aumento del rendimiento (Markantonatou, 2007).

En el caso específico de Ford Motor Company, se desarrolla desde el modelo “T”, siendo este el momento definitivo que cambiaría la manufactura de los vehículos gracias a la banda móvil o línea de montaje originando la producción en masa (esta producción es usada en la actualidad) desplazando de manera significativa el ensamble artesanal. Dentro de este proceso los costos unitarios eran elevados, así como el tiempo de producción de cada unidad; lo que trajo consigo el caso de Ford Motor Company fue un aumento en los volúmenes de producción así como la reducción en costos unitarios en la producción siendo estas las bases para el Fordismo.

En este sistema de producción se focalizan en la cadena de montaje, la producción en masa, un stock suficiente para absorber las diferentes demandas de clientes futuros, un control de calidad post venta.

El fordismo por medio de la puesta en marcha de la línea de producción, basado en una cadena o una cinta transportadora se obtenía en un lapso obligado para cada tarea realizada por el operador, donde dependían totalmente la velocidad de la cinta utilizada (Avendaño, 2019).

Una de las cualidades significativas en este sistema era la focalización de cada trabajador en un área específicamente, creando un margen de error mínimo, sin embargo, no se daba apertura al aprendizaje basado en la experiencia.

Una característica fundamental de este modelo era el crecimiento a ritmos similares del salario medio y la productividad media alcanzada en la fábrica, lo que implicaba que la producción en masa tuviera su correspondiente mercado de masas. (Carbajal, 2015:29).

Definitivamente, la llegada y crecimiento por parte de Ford Motor Company crearía un cambio sustancial en las nuevas formas de producción teniendo la mecanización en las cadenas de montaje las cuales son usadas por diversas compañías actualmente, así como las normas de consumo masivo agregando el acceso de bienes de consumo duradero por parte de los trabajadores.

Otra de las características significativas del fordismo es la importancia que se creó al estimular diversas relaciones específicas entre los empleados con el fin de comunicar entre ellos la noción de efectividad en cada una de sus tareas. Se fomentó la imagen de contribución de trabajadores hacia la competitividad de la organización para la cual fue necesario una valoración en la contratación, progreso por el trabajo así como por la empresa; agregando el reconocimiento a través del salario (Zuccarino, 2012).

Se incentivó, de igual manera la disposición de pares entre los trabajadores, predisponiendo el alcanzar el desarrollo personal.

El Fordismo, es expresado como el desarrollo de producción que contiene un sistema de máquinas en línea continua, un trabajo parcializado, con un control de movimientos y tiempos homogeneizado, cuenta con producción y consumo en masa, así como una diligencia estatal y procedimientos de contratos colectivos, cabe mencionar el salario indirecto, el cual asegura la producción misma (De la Garza Toledo, 1998).

1.1.2 Toyotismo

En 1937 nace la marca Toyota, cambiando todo el enfoque que manejaba Ford Motor Company, sin embargo, es hasta la Segunda Guerra Mundial cuando Toyota modifica la fabricación de vehículos y autopartes.

El objetivo principal es la reducción de los costos mediante la erradicación de los elementos innecesarios, para así, poder desarrollar únicamente los artículos que se solicitan dentro del *Just in time* donde la calidad está por encima del número producido.

La condición del justo a tiempo (JIT) empezó a ser un rasgo característico de Toyota. Acorde a Toyota (2019) los elementos principales para la puesta en funcionamiento de este proceso son:

1. Kanban (Producción justo a tiempo)
2. Jidoka (Automatización)
3. Shojinka (Flexibilidad en el trabajo o polivalencia)
4. Soifuku (pensamiento creativo)

Con la llegada del Toyotismo nace el modelo que contaba con el privilegio del control íntegro de calidad y del justo a tiempo por medio de la participación de intervenciones en los procedimientos productivos, la modificación en organizaciones, a diferencia del Fordismo. En Toyota entendieron la importancia de la inclusión de los trabajadores en la cadena de producción haciéndolos partícipes, involucrándose e identificándose con la organización misma, propiciando un ambiente laboral adecuado donde las relaciones sociales juegan un papel importante para generar una mejor y mayor productividad, desarrollando “una nueva cultura laboral” (Avendaño, 2019).

Como se advierte, la flexibilidad es una de las principales características del modelo japonés, en contraposición a una relativa rigidez del modelo Fordista (Zuccarino, 2012:203).

La llegada de Toyota fue un cambio radical desde las modificaciones en técnicas de inventario hasta las materias primas, aumentando la productividad, fortaleciendo la red de abastecedores, transformándose en uno de los adversarios más importantes a nivel mundial (Carbajal, 2015).

La *lean Production* o TPS es la innovación del sector automotriz, siendo un complemento del Toyotismo junto con notables mejoras, como personal multicalificado, como resultado se logró crear un equipo capaz de realizar tareas de fabricación, inspección y control de calidad y el uso adecuado maquinaria altamente flexible.

Dentro del toyotismo se contó con volúmenes de diversos productos, logrando satisfacer las necesidades crecientes de los consumidores, se desarrollaron los modelos modulares como consecuencia de adelantos tecnológicos y el uso de la informática.

Lo que diferencia la forma de trabajo de Toyota a Ford Motor Company estriba en el proceso de integración a largo y mediano plazo entre: industria, empleados, proveedores e intermediarios; logrando generar valor a toda la cadena, en general acentúan el trabajo en equipo a la par del esfuerzo colectivo (Carbajal, 2015).

Diversos autores han especulado sobre el sistema de producción de Toyota quien se destaca por la impecable calidad en la manufactura de sus autos, donde construyen relaciones a largo plazo con fabricantes, abastecedores e intermediarios, resultando en una baja en los costos de transacción derivados de una relación a corto plazo, dichas alianzas son idealizadas en periodos largos, creando un vínculo importante entre los fabricantes de vehículos y proveedores.

La flexibilidad es una de las principales características del modelo japonés, en contraposición a una relativa rigidez del modelo Fordista (Zuccarino, 2012:203).

Otro de los rasgos característicos en el Toyotismo estriba en las estrategias que fueron empleadas para lograr diferenciarse frente a los competidores, obteniendo la identificación total de trabajadores dentro de la empresa, propiciando significativas garantías de empleo, carrera y de ingreso salarial, generando una atención especial a las necesidades y demandas del mismo, estableciendo estándares que facilitaron la identificación del trabajador así como el papel que se encontraba desarrollando; todas estas herramientas empleadas por el estilo japonés estriban en la flexibilidad a comparación con la organización productiva estadounidense.

Los avances mostrados por cada una de las empresas en diferentes años fueron esenciales para el crecimiento dentro del sector automotriz, cabe mencionar que mientras Ford Motor Company tenía como objetivo el incremento de la eficacia en el trabajo, el gigante japonés tenía como meta obtener una fuente de identidad del trabajador con valores de la compañía.

Sin embargo, ambos han logrado constituir distintos enfoques en la organización productiva a nivel global no solo innovando los procesos, sino que también creando vínculos dentro y fuera de la empresa.

1.1.3 Lean production

Definitivamente la llegada de la *lean production* a la industria trajo cambios significativos. De la mano del Sistema de Producción de Toyota (*TPS Toyota Production System*) se llegó a una proximidad única dirigida al rendimiento.

Diversas empresas han evaluado las herramientas que engloban la Lean Production, sin embargo, el enfoque ha sido otro, concentrándose en herramientas como las 5s y JIT (Just In Time). Sin realmente influir en el lean como sistema totalmente completo, el cual en esencia debería estar integrada en una organización cultural (Liker, 2020).

¿Qué es textualmente una empresa lean? Es el producto de la óptima aplicación de TPS en todas las áreas de trabajo. La manufactura esbelta es un proceso de producción basado en la ideología de maximización de la productividad a la par de una disminución del desperdicio en una operación de manufactura. Este tipo de manufactura tiene por objetivo considerar el desperdicio que se encuentra deliberando no agregue valor por el cual los clientes deseen pagar (TWI Global, 2021).

Lo que todos controlamos es la cronología desde el momento del pedido del cliente hasta que cobramos. Durante el proceso todos estamos reduciendo ese tiempo y eliminando el desperdicio que no añade valor (Ohno, 1988:13).

Mientras que los gigantes del automóvil Ford Motor Company y GM empleaban la producción en masa, economías a escala y grandes máquinas para la producción del mayor número de piezas posibles, el mercado de Toyota era reducido teniendo que fabricar un mismo producto en la línea de montaje para satisfacer a sus clientes. El resultado fue el descubrimiento del *lead time*, lo cual significa aminorar los tiempos totales focalizando un interés en templar las líneas de producción, optimizando la productividad y aspirando a una calidad aún mayor de la que se ha estado manejando, obteniendo una respuesta deseable por parte del cliente, una destacada producción, el mejor uso de la maquinaria y espacio (Liker, 2020).

El objetivo de Toyota, durante los años 40 y 50 fue eliminar de manera total el desperdicio en tiempo y material en cada uno de los pasos del proceso de producción. Desde la materia prima al producto terminado, estaba diseñado para hacer frente a las mismas condiciones que se encuentran muchas empresas hoy en día: la necesidad de procesos más rápidos y flexibles, haciendo lo que quieren los clientes, cuando lo quieren, con la mejor calidad y a un coste competitivo (Liker, 2020:36).

Uno de los principios dentro de la implementación de la *lean production* es eliminar en su totalidad el desperdicio para optimizar paulatinamente el proceso. Al crear esta acción se optimiza el desarrollo otorgando valor de forma sostenible al cliente.

Dentro del lean se requiere mano de obra multicalificada, la cual tenga facilidad por realizar todo tipo de tareas partiendo del desarrollo, control de la calidad y el buen uso de la maquinaria, a la cual le será fácil manufacturar de forma productiva los volúmenes de los diferentes productos para así saciar la demanda de los consumidores (Mortimore y Barron, 2005).

La producción ajustada ha traído beneficios en la producción esbelta, donde se incluyen los lapsos de entrega, el costo operativo junto con la calidad del producto. Este tipo de producción utiliza una metodología basada principalmente en los inicios de la fabricación determinados que han tenido carga en los sistemas de producción en el orbe. Esta producción ha sido empleada en diferentes sectores como en la atención médica, software y otras (TWI, 2021).

Tomando en cuenta el legado de Henry Ford, Toyota se auxilió de las diversas ideas que se implementaron en Estados Unidos. La base de todas estas fue el “sistema de tirado” (pull), el cual es utilizado hasta la fecha en los supermercados bien gestionados. Consiste en reponer los artículos en cuanto el material escasea dentro de la estantería, es decir, en cuanto no se tiene más el producto se repone toda la mercancía dando paso al inicio del consumo.

Durante la implementación del lean, Toyota aplicó los principios de Jidoka. La descripción de Jidoka es el método lean que ha sido acuñado para la elaboración y progreso de productos. Es reconocida como automatización, donde tiene como meta resguardar a la empresa de la entrega de artículos de menor calidad o bien que cuenten con algún

defecto a sus clientes, entretanto sus clientes tratan de mantener su tiempo takt. (Kanbaniza, 2021).

Diversos autores han citado los cuatro principios que avalan el que una compañía ofrezca productos sin imperfecciones:

- Exteriorizar la anomalía.
- Suspender el proceso.
- Solventar el problema a la brevedad posible.
- Averiguar y aclarar la causa raíz.

Los cuatro principios presentados pueden ser implementados de diversas maneras dependiendo del giro de la empresa, auxiliando como un pilar a la mejora continua del proceso mismo.

Dentro del TPS cada uno de sus ciclos de fabricación tiene como semejante la “aguja del depósito” también llamada *Kanban*.

El método Kanban se focaliza en la administración del flujo de trabajo optimizando los servicios que brindan labor de conocimiento. Tiene por objetivo auxiliar a la visualización del mismo maximizando la efectividad y la mejora ininterrumpidamente (Kanbanize, 2012).

Implementando el método Kanban se genera la señal de cuando el producto está escaseando, solicitando ser reaprovisionado, gestionando un “pull”, donde el ciclo continua desde el final al principio del ciclo de producción.

Sin embargo, uno de los contrafuertes más importantes dentro de la TPS es la filosofía *Kaizen*. Esta ideología se ha distinguido por la constante búsqueda de la perfección en los procesos, así como el mantenimiento del TPS día con día. Kaizen auxilia a la detección y solvento de los problemas dentro de las áreas de organización teniendo como meta inspeccionar y mejorar los procesos que se llevan a cabo en la misma (Lean Construction México, 2020).

El implementar el método *Kaizen*, es asumir la cultura del progreso continuo, el cual se centraliza en la depuración de los desperdicios y la destitución de los sistemas

productivos. Esta ideología tiene sus pilares en el compromiso y disciplina a todo el nivel de ordenamiento.

Se debe agregar que Kaizen reanuda las diversas técnicas del control de calidad, incorporando la idea de la mejora constante aplicando esta filosofía alude a un sistema riguroso donde, se localiza el defecto y la solución, cabe mencionar que uno de los principales enemigos del Kaizen es la complacencia.

El objetivo del TPS consiste en eliminar el desperdicio (*Muda* en japonés).

¿A qué se le cataloga *muda*? Todo desperdicio o impedimento es decir aquella acción que no ha de generar valor añadido. Son acciones que el cliente no está dispuesto a pagar (Medina, 2019).

Acorde a Toyota (2019) Taiichi Ohno define siete patrones de muda:

1. **Muda de sobreproducción:** Catalogado como el peor de los muda, dentro de una producción. La sobreproducción es uno de los criterios que evita Toyota, pues la metodología es producir únicamente lo necesario.
2. **Muda de movimiento:** El moverse o trasladarse de manera innecesaria sin aportar valor al producto es originado mayormente por un mal diseño en el *layout*.
3. **Muda de espera:** La demora en tiempos de fabricación no aporta nada de valor al producto a falta de insumos, cuellos de botella durante el proceso de producción, retrasos dentro de la fabricación, insuficiente referencia y demás.
4. **Muda de transporte:** Es donde se puede maniobrar el material, desde un producto terminado, materia prima o bien, el producto semielaborado de forma ineficiente, como tal el transporte no genera valor al producto, es por ello por lo que se necesita un análisis detallado.
5. **Muda de sobre proceso:** Diversas ocasiones se llevan a cabo operaciones de manera repetitiva, todo esto ocurre dentro del mismo proceso también se realizan actividades que no son necesarias para así completarlo.
6. **Muda de stock o inventario:** esta categoría de muda se refiere al inventario del producto final, semielaborado o materia prima, lo cual es posible encontrar

durante el proceso de producción y al final de este. En esta categoría es visible la ineficiencia de dos procesos, los cuales resultan negativos y contraproducentes para la organización provocando el uso de un espacio el cual puede ser necesario para los procesos en la planta productiva.

7. **Muda de defectos:** Las imperfecciones y fallas son propios de las mudas, no aportan ningún tipo de valor y provocan desperdicios de cualquier tipo desde el costo del material defectuoso, lead time, etc.

1.1.4 Producción modular

La producción modular o bien, (MPS) *Modular Production Systems* por sus siglas en inglés, ha cambiado el panorama actual en el cual se ha desarrollado constantemente la industria tecnológica global. La MPS como lo dice su nombre subdivide la línea de producción en pequeños módulos, los cuales pueden tener un origen independiente y posteriormente usar diferentes sistemas (Pal, 2017).

La producción modular es catalogada como área especializada donde se manufactura un producto en conjunto con el equipo quienes son los encargados de procesar determinadas piezas una por una hasta el producto final, generalmente cada módulo está formado por diversos operadores. Una de las características dentro de la MPS es que solamente un producto se mantiene dentro del flujo de producción, de operador a operador, eliminando todas las mudas posibles.

Surge por las exigencias dentro del mercado, provocando que las empresas desarrollen y se encuentren en constante búsqueda a nuevos enfoques, así como innovadores métodos de producción, fijando como meta una respuesta rápida y eficiente a los clientes, apegado a estándares de calidad, servicio y precio (Bonilla, 2007).

La producción modular es un sistema de producción flexible basado en la filosofía “justo a tiempo”, que pretende desarrollar una producción halada por el cliente y administrada por un equipo de trabajadores polivalentes que aplican la mejora continua en los procesos a su cargo (Bonilla, 2007:11).

Los beneficios obtenidos por la producción modular estriban en la reducción del tiempo de renovación del lote, disminución del inventario en desarrollo, mejora de calidad, progreso del servicio y optimización del uso de espacios (Bonilla, 2007).

La producción flexible es el concepto primario que antecede al sistema de producción modular, concepto que se introduce formalmente en la década de 1970 en el Japón, donde la crisis del petróleo de 1973 colocó a las empresas de este país en una situación deficitaria, indicándose un único camino posible: la reducción de los costos. Taiichi Ohno, vicepresidente de la empresa Toyota, creó una filosofía integral de producción, el Sistema de Producción Toyota (TPS), cuyo objetivo principal era la reducción de los costos superfluos debidos al despilfarro de materiales, mano de obra y máquinas. Como objetivos secundarios se planteó el aprovechamiento de las capacidades humanas, la mejora de la calidad y la satisfacción de las necesidades de los clientes (Bonilla, 2007:11).

Este modelo busca hacer más rentable el diseño y la manufactura de vehículos mediante el empleo de plataformas comunes, que permiten una mayor coordinación y un uso múltiple de las partes mientras que se mantenga la habilidad para adaptar modelos específicos de vehículos y condiciones de manejo locales (Carbajal, 2013: 67).

La producción modular se ha visto impulsada por la Industria 4.0 gracias a fábricas inteligentes, facilitando los parámetros de cada operación, así como los posibles cambios repentinos, los cuales pueden ser resueltos a la brevedad posible y de manera remota, facilitando todo tipo de operación, minimizando las mudas de movimiento.

Acorde a (Palafox, s/f) la producción modular tiene dos términos básicos, los cuales interactúan entre sí:

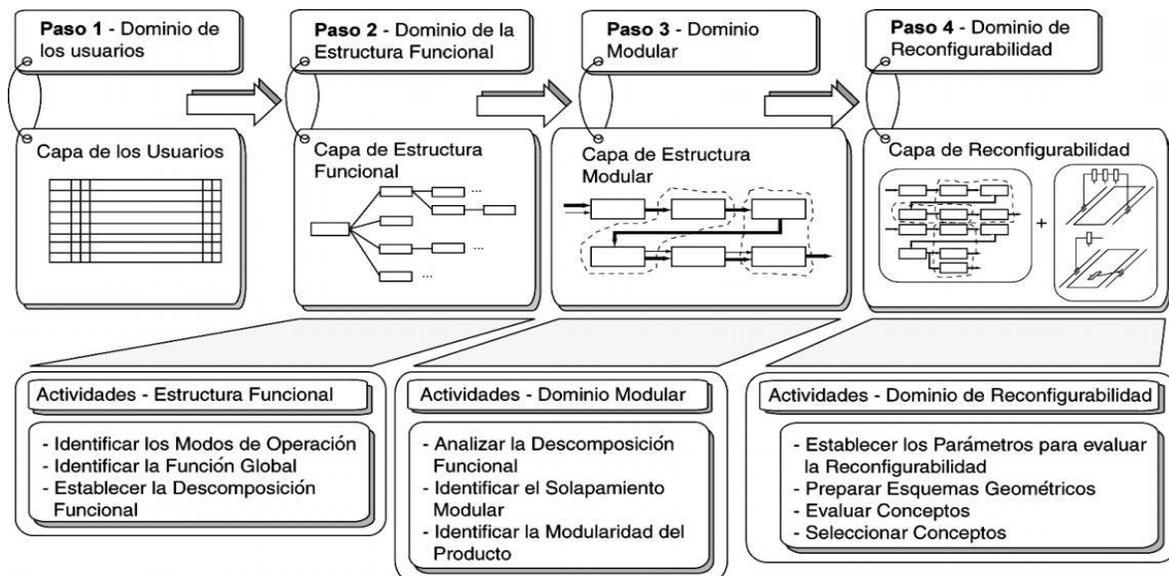
- **Modularidad:** Se encuentra ligado a una producción industrial. De manera que si un módulo no aporta algún valor el trabajador lo traspasa a un tercero pues no representa negocio al conjunto mismo.
- **Subcontratación:** Está desarrollada a la estricta generación de valor de los módulos. Afecta directamente a la cadena de suministro, proveedores y a las diferentes organizaciones de la producción misma.

Los proveedores del primer nivel se dedican exclusivamente a la integración de los sistemas, componentes, así como a la provisión de contenido local en países desarrollados, de esta manera Palafox explica que, tanto el nivel uno y dos se encuentran cerca de la línea de ensamble final estos módulos deben ser entregados en el momento solicitado (*Just in Time*) junto con la secuencia que ha de seguir la línea misma.

De manera que, los proveedores serán los encargados del desarrollo conjunto generando así un cambio positivo ante una buena relación entre fabricantes y proveedores, consolidando una red de estos.

La producción modular es expresada como lo muestra el diagrama de la red modular: Pérez Rodríguez, R., & Ahuett Garza, H., & Molina Gutiérrez, A., & Rodríguez González, C. (2005). Donde cada empresa es responsable del diseño, así como la venta del producto final, teniendo la posibilidad de apoyarse en una o varias empresas para prever el tamaño de la manufactura.

Diagrama 1.1. Producción modular



Fuente: Pérez Rodríguez, R., & Ahuett Garza, H., & Molina Gutiérrez, A., & Rodríguez González, C. (2005).

Las plataformas tienen la capacidad de diseñar, desarrollar y construir múltiples modelos usando un sistema de partes y módulos comunes que permiten que diversos vehículos

puedan ser construidos en la misma plataforma de fabricación. Así las fábricas son mucho más flexibles en la producción y pueden cambiar fácilmente el modelo dependiendo de las condiciones y circunstancias del mercado, de las relaciones laborales o de un cierto objetivo estratégico de la empresa (Carbajal, 2013:73).

1.2 INDUSTRIA 4.0. DESCRIPCIÓN Y EXPOSICIÓN DE SUS PRINCIPALES CONCEPTOS Y PLANTEAMIENTOS.

La manufactura inteligente y la llegada de la Revolución Industrial 4.0 forman parte de la renovación. Tecnologías de fabricación e información se han consolidado para poder generar nuevas invenciones en sistemas de manufactura, gestión y más, propiciando una apertura en la optimización en los procesos (Sachon, 2017).

La entrada de la Industria 4.0 al “mundo moderno” se personifica por la parcial o total automatización de los procesos productivos, que ocasionan la ciber física, computación, robótica además de la ingeniería.

La industria 4.0 significa la promesa de una nueva revolución industrial que combina las técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías digitales inteligentes para crear una empresa digital que no solo esté interconectada y sea autónoma, sino que también sea capaz de comunicarse, analizar y utilizar datos para impulsar más acciones inteligentes en el mundo físico (Deloitte, 2017).

Se podría definir a la Industria 4.0 como una fase de automatización e innovación, caracterizada por ser un tipo de industria digital, flexible y conectada. Quien busca optimizar en todos los sentidos a la industria, así mismo es usada para explicar un entorno de producción automatizado.

La I4.0 personifica las maneras en que la tecnología inteligente se encuentra enlazada y compuesta en las organizaciones en individuos y activos, generando el surgimiento de capacidades como: robótica, analítica, inteligencia artificial, tecnologías cognitivas, nanotecnología, computación cuántica, IoT, wearables, materiales avanzados y fabricación aditiva (Deloitte, 2007).

El constante crecimiento por parte de esta nueva industria ha tenido altas y bajas en todos los sentidos posibles. Es un hecho que en cierto momento la sociedad no podrá ser consciente del propagado uso de la tecnología, el poder y facilidad que tiene en diferentes tareas ya sean personales o a nivel empresarial e industrial.

En la cuarta revolución industrial, mayormente conocida como la industria 4.0, aparentemente ha estado alterando la manera en que marchan las empresas, así como los riesgos en los que se ven envueltas a competir. La industria debe saber cómo y dónde invertir a estas nuevas tecnologías, logrando identificar cuáles podrían saciar de mejor manera sus necesidades (Deloitte, 2017).

Las empresas han estado en un constante aprendizaje, teniendo como meta aprovechar las enormes cantidades de datos ascendentes en todas las áreas de operaciones, orillando a una resolución y toma de acciones que van más allá de lo que hasta ahora se conoce, es decir un nuevo nivel (Thomás Erwin, 2018). Las empresas u organizaciones deberán decidir cómo y cuándo invertir en estas nuevas tecnologías, así como identificar cuáles se adecuan a sus necesidades.

La fusión de la información digital de diversas fuentes, así como la colocación, han propiciado el impulso del acto físico para hacer negocios, a un ciclo continuo (Deloitte, 2017).

La cuarta Revolución Industrial ha llegado para quedarse, siendo esta una de las razones por las cuales es necesario comprender su alcance, no sólo aflige en los procesos de fabricación, su espectro es aún mayor, influyendo a todas las industrias y divisiones.

La industria 4.0 se basa principalmente en un enfoque de la interconectividad, automatización, aprendizaje automatizado y datos en tiempo real. La I 4.0 o bien IIoT, ha logrado consolidar la producción y operaciones físicas, de la mano de la tecnología digital inteligente, el *big data* y el aprendizaje, logrando la creación de un ambiente integral y con mejor relación para las compañías focalizadas en el desarrollo y la óptima administración de la cadena de suministro (Epicor, 2021).

Dicha industria se ha encargado en optimizar las operaciones de incremento e intercambio en los ingresos, modificando los productos, cadenas de abastecimiento y las

expectativas del cliente. Si bien, esta revolución ha cambiado el funcionamiento de las cosas y así como el uso de estas. Deloitte (2017) ha especulado, sobre el cómo podrían afligir la interacción el cliente con ellas, así como la comprobación que se desea tener, durante la interacción con la organización.

La I4.0 ha agrupado una gran cantidad de tecnologías previamente constituidas, en el desarrollo para la creación de un cambio al mayor alcance posible capaz de diversificar la manera de operar dentro de las organizaciones, adhiriendo conceptos de moral a este nuevo paradigma (Calvo, 2017).

Con el fin de llegar a un proceso insuperable, la I4.0 ha decidido fusionar tecnologías digitales importantes, así como las físicas, incorporando análisis, robótica, fabricación aditiva, procesamiento del lenguaje natural, tecnologías cognitivas, robótica, computación de alta productividad, inteligencia artificial, realidad aumentada, así y materiales avanzados (Deloitte, 2017).

Es necesario describir los habilitadores críticos que conforman a la industria 4.0, sus características y uso respectivamente. A continuación, se describen y definen algunos de los principales conceptos que derivan y se relacionan con la llamada I4.0

1.2.1 Internet of Things (IoT)

Internet de las cosas (IoT), se refiere a los miles de millones de dispositivos físicos en todo el mundo que ahora están conectados a Internet, todos recopilan y comparten datos (Ranger, 2020).

El término “*Internet of Things*” (IoT), fue acuñado por el emprendedor Kevin Ashton uno de los fundadores del *Auto-ID Center en el MIT*. Ashton fue parte del equipo que investigó el nexo de los objetos con el internet mediante una etiqueta RFID, en coordinación con AB&R (2021). RFID es un acrónimo de Identificación por radiofrecuencia “*radio-frequency identification*”, el cual hace referencia a la tecnología con la cual Digital Data codifica una etiqueta RFID, las cuales son monitoreadas y capturadas con la ayuda de radiofrecuencias (SAS Insights, 2021).

Mediante la computación de costo asequible, el *big data*, tecnologías móviles, nube y el análisis ha sido posible compartir las cosas físicas, así como la recopilación de datos con menos intervención humana posible.

En este mundo influenciado por la tecnología, los sistemas digitales pueden inspeccionar, ajustar y monitorear todas las interacciones entre las cosas enlazadas. Como tal, el mundo físico se ha topado con el mundo digital y parece ser que han cooperado de manera efectiva (Oracle, 2020).

Cualquier objeto físico puede adaptarse al uso de IoT siempre y cuando se pueda establecer una conexión a internet o bien notificar información. El término IoT tiene un uso en instrumentos que regularmente no se llegaría a pensar puedan llegar a tener conexión a internet, junto con una comunicación con la red indistintamente del uso humano.

Diversas industrias han implementado el uso de IoT, con el fin de entender y atender las necesidades del cliente en tiempo real, tornando una relación responsable, optimizando las máquinas y los sistemas de calidad sobre la marcha, así como las operaciones en líneas de corriente. También, se ha buscado la innovación en las operaciones como parte de la transformación digital (SAS Insights, 2021).

1.2.2 Big Data (BD)

Big Data puede ser descrito como un gran volumen de datos estén o no organizados, los cuales se encuentran dentro de la organización de manera diaria. Sin embargo, la suma no es como tal importante, es decir, lo significativo dentro de una organización es el uso que le dan a estos datos. Los macrodatos (BD) se estudian con el fin de obtener información que guíe al progreso en decisiones y movimientos comerciales que tengan una ventaja estratégica (SAS Insights, 2021).

Se puede puntualizar como el grupo de datos que cuentan con un tamaño más allá de la extensión de las bases de datos tradicionales para capturar, administrar y tratar los datos con baja latencia. Si bien, las particularidades del Big Data incluyen un gran volumen, variedad y alta velocidad (IBM, 2021).

DB está conformado por grupos de datos, los cuales cuentan con un tamaño mayor y complejidad, especialmente por grandes fuentes de datos, dichos conjuntos son tan inmensos que el software usado para su procesamiento simplemente no puede administrarlo. Los volúmenes colectivos de datos pueden aproximarse a problemas empresariales con antelación, lo cual años atrás era imposible.

Las "tres V" de big data:

Volumen: Diversas organizaciones reúnen información y datos de distintas fuentes, incluyendo las transacciones de negocios, dispositivos inteligentes (IoT), equipo industrial, videos, redes sociales y más (SAS Sights, 2021).

La cantidad de datos importa. Con *big data*, se procesan grandes volúmenes de datos no estructurados de baja densidad (Oracle, 2020).

Velocidad: La velocidad es el ritmo al que se reciben los datos y (posiblemente) al que son utilizados. Algunos productos inteligentes habilitados para Internet funcionan en tiempo real o prácticamente en tiempo real y requieren una evaluación y actuación en tiempo real (Oracle, 2020).

Con el crecimiento del Internet de las cosas (IoT), los datos brotan a las empresas a cierta rapidez sin precedentes, también es necesario operar de manera oportuna (SAS Sights, 2021).

Variedad: Los datos llegan en todo tipo de formatos como datos numéricos estructurados dentro de bases de datos, hasta textos no organizados, correos electrónicos, videos, audios y más (SAS Sights, 2021).

La variedad hace referencia a los diversos tipos de datos disponibles. Los tipos de datos convencionales eran estructurados y podían organizarse claramente en una base de datos relacional. (Oracle, 2020)

1.2.3 Demand-driven supply chain (DDSC)

La (DDSC) o cadena de suministro desarrollada por la demanda, también llamada red de suministro se ha visto potenciada por la demanda (DDSN), volviéndolo un sistema de técnicas junto con procedimientos que detectan y progresan al requerimiento de tiempo

real, mediante una red de empleados, proveedores y clientes. Se ha adaptado el correcto uso de los sistemas de comercio electrónico, así como las nuevas tecnologías todo esto ha sido impulsado mediante el surgimiento del IoT (CIPS,2020).

La cadena de suministro impulsada por la demanda tiene beneficios donde destaca la disponibilidad de bienes a lo largo de la cadena, también las máquinas y el personal, mismos que son empleados a su máxima extensión garantizando disponibilidad en el suministro.

Hoy en día los clientes tienen diferentes expectativas, cada vez se tornan más variadas, complejas y sutiles. La industria se ha visto en la necesidad de buscar mercados potenciales y estos a su vez han estado en una extenuante búsqueda de locaciones impecables para la fabricación. Con el notable incremento de las interdependencias. La cadena de suministro se ha tornado vulnerable a costosas interrupciones naturales y económicas (BCG, 2021).

Diversas empresas han optado por el uso de la cadena de suministro impulsada por la demanda (DDSC), en general han visto el potencial del uso de la misma, observando un incremento en las ventas, una mejora en el posicionamiento dentro del mercado, progreso en el pronóstico de demandas, una notable reducción en los niveles del inventario teniendo como resultado un aumento del capital de trabajo, cabe mencionar el auge en el cumplimiento de pedidos (CIPS, 2020).

Sin embargo, dentro de la DDSC existen desafíos. La especulación sobre las posibilidades de que la tecnología sea el mayor inhibidor al operar la cadena de suministro altamente intensificada por la demanda la cual es alta, sin embargo, las empresas que aún no han decidido invertir en la tecnología o cuentan con sistemas fraccionados, necesitarán la extensión de la transferencia de datos con la más alta velocidad eficiente (CIPS, 2020).

1.2.4 Cloud

El soporte de la TI se encuentra fundamentado en la nube, quien sirve como parteaguas del enlace y comunicación entre diversos elementos del centro de aplicaciones I4.0.

Con la I4.0 como auxiliar del ordenamiento necesita un perfeccionamiento en el intercambio de datos dentro de las empresas y sus sitios, perfeccionando los tiempos en milisegundos incluso, con mayor rapidez que la *digital production*. Es decir, se ha creado la noción de generar mayores conexiones en diversos mecanismos a la misma nube para así compartir datos de uno a otro amplificando los compuestos de máquinas dentro de un taller hasta llegar a la planta (Saurabh Vaidya, Prashant Ambad & Santosh Bhosle, 2018).

La nube se refiere a servidores con los cuales se tiene acceso mediante internet, así como al software, agregando los datos que se manejan en los mismos. Los servidores que conforman la nube están localizados en centros de datos alrededor del mundo, con la intervención del uso de la computación en nube no se requiere que usuarios y/o empresas ejecuten los servidores físicos por sí solos o que ejecuten aplicaciones que requieran software en sus ordenadores (CLOUDFLARE, 2021).

The cloud ha logrado que los usuarios accedan a diversos archivos y aplicaciones desde cualquier dispositivo, los procesos informáticos y almacenaje, mantienen un lugar dentro de los servidores en un centro de datos sin tener que permanecer estático en el dispositivo del usuario (CLOUDFLARE, 2021).

Como se ha mencionado anteriormente, la nube sirve como almacenamiento archivando, organizando y distribuyendo datos conforme se soliciten o requieran. También sin distinción de volumen de almacenamiento todos estos datos virtuales son consolidados en diversos sistemas de hardware físico. Es decir, es la estructuración de diversas cantidades de datos los cuales se encuentran en algún lugar siendo de fácil acceso para la persona que posea los permisos adecuados, todo esto mediante el uso del internet.

La nube dentro de la computación ha sido posible gracias al uso de tecnología, mayormente conocida como virtualización. Esta permite el origen de un computador virtual, digital y simulado el cual ha tenido una actuación como si se tratara de una computadora física la cual posee un hardware. El término como tal para este computador es máquina virtual (CLOUDFLARE, 2021).

CLOUDFLARE, (2021) La nube, cuenta con 4 principales modelos de servicio de la computación:

Software as a service (SaaS): El Software como servicio, permite a los usuarios instalar aplicaciones en sus dispositivos, las aplicaciones SaaS, se localizan en los servidores de la nube, creando un acceso rápido para los usuarios a través del internet.

Platform as a service (PaaS): Plataforma como servicio, en este modelo las compañías no dan ningún pago por las aplicaciones instaladas, sino que se da el pago por los posibles desarrollos que puedan llevar dentro de sus propias aplicaciones.

Infrastructure as a service (IaaS): Infraestructura como servicio, la firma alquila los servidores, así como el almacenamiento que requiera de un proveedor de nube.

Function as a service (FaaS): Función como servicio o también llamada computación sin servidor, divide las aplicaciones que operan en la nube por componentes aún más pequeños, estos solo se ejecutan cuando es necesario.

1.2.5 Cybersecurity

La seguridad de la red es la práctica de proteger una red informática de intrusos, ya sean atacantes dirigidos o malware oportunista.

La seguridad de las aplicaciones se centra en mantener el software y los dispositivos libres de amenazas.

La seguridad de la información protege la integridad y privacidad de los datos, tanto almacenados como en tránsito.

La seguridad operativa incluye los procesos y decisiones para manejar y proteger los activos de datos.

La recuperación ante desastres y la continuidad del negocio definen cómo responde una organización a un incidente de ciberseguridad o cualquier evento que provoque la pérdida de operaciones o datos.

La educación del usuario final aborda el factor de seguridad cibernética más impredecible: el ser humano. Cualquiera puede introducir accidentalmente un virus en un sistema que de otro modo sea seguro siempre y cuando no se sigan las buenas prácticas de seguridad.

La seguridad cibernética se ha aplicado en una diversidad de contextos como la computación móvil y en los negocios, siendo posible la división en las categorías que tengan en común. Es decir, la seguridad cibernética (seguridad de la tecnología de información o seguridad de información electrónica) es el ejercicio de amparar servidores, sistemas electrónicos, computadoras, datos y dispositivos de ataques malintencionados (Kaspersky, 2020).

La seguridad de información electrónica es la práctica de preservar los sistemas críticos y de información de cualquier ataque digital. La seguridad de la tecnología de la información, los cálculos ante la ciberseguridad han sido diseñados para oponerse a las posibles amenazas a los sistemas y redes, dentro o fuera de alguna organización (IBM, 2021).

Los dominios dentro de la *Cybersecurity*, IBM (2021):

Seguridad de la infraestructura crítica: Son prácticas que consisten en la protección de los sistemas informáticos, las redes y otros activos de los que depende la sociedad para la seguridad nacional, la salud económica y / o la seguridad pública.

Seguridad de la red: medidas de seguridad para proteger una red informática de intrusos, incluidas las conexiones por cable e inalámbricas (Wi-Fi).

Seguridad de las aplicaciones: procesos que ayudan a proteger las aplicaciones que operan en las instalaciones y en la nube.

Seguridad en la nube: específicamente, computación confidencial la cual se encarga de cifrar los datos de la nube en reposo (en almacenamiento), en movimiento (mientras viajan hacia, desde y dentro de la nube) y en uso (durante el procesamiento) para respaldar la privacidad del cliente, los requisitos comerciales y el cumplimiento normativo.

Seguridad de la información: medidas de protección de datos, como el Reglamento general de protección de datos (GDPR), protegen sus datos confidenciales contra el acceso no autorizado, la exposición o el robo.

Educación del usuario final: crear conciencia sobre la seguridad en toda la organización para fortalecer la seguridad de los puntos finales.

Recuperación ante desastres / planificación de la continuidad del negocio: herramientas y procedimientos para responder a eventos no planificados, como desastres naturales, cortes de energía o incidentes de ciberseguridad, con una interrupción mínima de las operaciones clave.

1.2.6 Additive manufacturing

La (AM) fabricación aditiva o comúnmente llamada ALM (Fabricación de capas aditivas) es el nombre que recibe el desarrollo industrial ante la impresión 3D, el cual grosso modo, es un proceso vigilado por computadora, capaz de crear objetos tridimensionales con solo colocar los materiales, generalmente colocado en capas (TWI, 2020).

La AM es el procedimiento de crear un elemento a partir de capas, lo cual es lo opuesto a la fabricación sustractiva, en donde se crea un objeto cortando un bloque sólido del material hasta tener el producto final. Básicamente, dentro de la fabricación aditiva se alude a cualquier desarrollo en el cual el producto se elabora por medio de la construcción de algo, a rasgos generales se refiere a la impresión 3D (Linke, 2017).

La fabricación aditiva tiene diversos beneficios, uno de ellos es la elaboración tradicional la cual es posible que la cadena de suministro lleve meses y se llegue a necesitar una nueva inversión de millones inclusive miles de millones de dólares, de los cuales únicamente es posible recuperar a través de una alta producción de volumen. Con la AM, es posible eliminar pasos mediáticos de la cadena de suministro (Linke, 2017).

1.2.7 Robotics

Una vertiente dentro de la I4.0 son los métodos de desarrollo autónomos, los cuales son impulsados por el Internet de las cosas (IoT), el poder aprovechar una malla que sea capaz de posibilitar la conexión de computadoras, objetos y dispositivos y la intercomunicación entre ellos. Los robots autónomos son un hecho ya que se está teniendo una aplicación dentro de diversas industrias incluso en la misma fabricación de ellos (Melason, 2018).

Al lograr una conexión con un servidor central, con alguna base de datos o un controlador lógico programable, la respuesta de los robots se logra armonizar en aumento, completando tareas de forma eficiente, disminuyendo la participación humana.

1.2.8 Augmented decision support.

La realidad aumentada es un método que cubre una imagen renderizada a través de una computadora al mundo real, mediante el uso de cascos, lentes, monitores de tamaño real o dispositivos de bolsillo (Karlsson, Bernedixen, y otros, 2017).

La *Augmented decision support* es el panorama de un mundo real a un plano totalmente tecnológico, donde es posible añadir ciertos datos al plano físico ya existentes. Es la fusión del mundo virtual y el panorama real del mundo, mezclando elementos reales con los virtuales, en tiempo real (BBVA, 2018).

Con la llegada de la realidad aumentada la información del mundo físico cambia a información interactiva y artificial, teniendo muchísimas variables las cuales pueden modificar al momento.

La realidad aumentada tiene presencia en el mundo real, según BBVA (2018) en:

Videojuegos: grandes empresas de este sector tienen ya potentes desarrollos y lanzamientos de videojuegos que combinan la realidad física con la virtual.

Visión de realidad aumentada: los desarrollos permiten al usuario sensaciones de tacto de objetos generados por ordenador dentro de su campo visual.

Moda: Un ámbito donde ya se usa con regularidad la realidad aumentada es la moda, por la posibilidad de probarte ropa virtualmente y ver cómo nos queda. También hay dispositivos para realidad aumentada en el terreno de la óptica, para probarnos gafas, o del maquillaje.

Logística, transporte e industria: las empresas de logística y transporte han empezado a utilizar dispositivos con realidad aumentada para ver cómo colocar y encajar las mercancías en almacenes, naves y medios de transportes.

Seguridad e investigación policial: La seguridad es un ámbito donde se desarrollará ampliamente la realidad aumentada, especialmente en la combinación de dispositivos o efectivos de seguridad en diferentes recintos físicos que requieran sus servicios.

Publicidad: El mundo de la publicidad ha sido uno de los primeros en adentrarse con pasión en la nueva realidad aumentada, donde ve un altísimo potencial para desarrollar nuevas actividades de promoción que “enganchen” a los consumidores.

1.2.9 Digital Twin

Como un rasgo dentro de la evolución de un comportamiento histórico, tiene como objeto optimizar el rendimiento empresarial. El gemelo digital tiene como base mediciones de datos masivos en tiempo real, así como del mundo real en cantidad de variedad de dimensiones. Las mediciones pueden instaurar un perfil en transformación sobre el rendimiento del sistema lo que tiene como consecuencia acciones en el plano físico rediseñando el producto o su proceso de elaboración (Parrott, Warshaw, 2021).

Digital Twin puede ser definido como un trazo digital en el desarrollo de un objeto, o un proceso físico, con el cual se auxilia la optimización del rendimiento empresarial.

Un gemelo digital se puede definir, fundamentalmente, como un perfil digital en evolución del comportamiento histórico y actual de un objeto o proceso físico que ayuda a optimizar el rendimiento empresarial. De hecho, el verdadero poder de esta, y la razón por la que podría importar tanto, es que puede proporcionar un vínculo completo casi en tiempo real entre los mundos físico y digital. Los gemelos digitales están diseñados para modelar activos o procesos complicados (Deloitte, 2021:3).

1.3 Nuevas tecnologías de producción en la industria automotriz

El surgimiento de nuevas tecnologías de producción está en un constante desarrollo para obtener la velocidad y rentabilidad necesaria para la producción en masa.

Dentro de los sistemas productivos de la industria automotriz entra la soldadura por puntos de manera manual y automatizada, la cual une las áreas metálicas al momento de entrar con calor extremo. Esta acción ha sido la forma estándar de aunar acero por décadas dentro de la industria automotriz, sin embargo, no es tan productiva al momento de unir piezas no metálicas (Mentor Works, 2021).

Acero formado en caliente: aumentando el calor del acero se logra una mejora en la ductilidad y ayuda a formar formas complejas sin agrietarse.

Aluminio caliente: los aluminios requieren menos calor, pero siguen una lógica similar a la del acero para calentar. El aluminio se calienta y se forma a aproximadamente 200-300 grados Celsius para mejorar la flexibilidad, luego se enfría para aumentar la resistencia.

Fundición a presión de aluminio de paredes delgadas a alta presión: los altos puntos de temperatura de fusión y solidificación del aluminio significan que los moldes de aluminio delgados deben llenarse rápidamente antes de que las temperaturas se enfríen. Esto crea la necesidad de procesos de fabricación de alta presión y temperatura.

Moldeo por transferencia de resina: las resinas se bombean a alta presión en moldes donde se encuentran con una preforma de fibra pre insertada. Esto transforma los materiales de preformas ligeras en piezas de automóviles de alta resistencia.

Impresión 3D: ofrece a los fabricantes la oportunidad de desarrollar prototipos y piezas a gran escala que son significativamente más complejas de lo que es posible al formar o moldear. Las piezas se pueden imprimir con una variedad de medios, desde plásticos de alta resistencia hasta aluminio y algunos metales más resistentes (Mentor Works, 2021).

Tecnología de baterías: hoy en día, las baterías para vehículos eléctricos de batería (BEV) y automóviles híbridos se basan generalmente en la tecnología de iones de litio que se mantiene para alcanzar 250 euros / kWh a nivel del sistema en un par de años.

Tecnología de pila de combustible: los vehículos de pila de combustible (FCV), con hidrógeno como portador de energía, tienen el potencial de reducir significativamente la dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones nocivas.

Construcción híbrida ligera: para aumentar la eficiencia del combustible y la agilidad de conducción de los automóviles, se deben desarrollar estrategias ligeras, especialmente respecto al aumento de esfuerzos y pesos causados por restricciones de seguridad y características adicionales como dispositivos de entretenimiento.

Fabricación aditiva: también llamada "producción bajo demanda" se usa ampliamente en la creación rápida de prototipos, herramientas, recubrimiento de superficies y

producción o reparación de matrices. El uso de láser es actualmente uno de los enfoques más comunes para trabajar con polvos metálicos en el área de la automoción.

Fabricación flexible de carrocería en blanco: La fabricación flexible (FM) es, en esencia, la capacidad de fabricar diferentes vehículos en la misma línea sin grandes retrasos debido al cambio de herramientas. Las tecnologías clave de FM para carrocería en blanco son el uso extensivo de robots y computadoras de supervisión.

Montaje final autónomo: Las líneas de ensamblaje final en la producción en serie de automóviles se caracterizan por docenas de lugares de trabajo bien definidos remando en una ruta fija. Cada estación tiene un programa de trabajo fijo y un número más o menos fijo de empleados que puede ser suavizado por la llamada "*drifting*" de un solo trabajador.

Re-manufactura: La industria de la remanufactura tiene una relación de larga data con el sector automotriz ya que las partes y componentes de los vehículos están sujetos a un desgaste significativo en consecuencia requieren reparaciones durante su vida útil. Con el desarrollo emergente de vehículos electrificados, incluidos los vehículos eléctricos híbridos (HEV), los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV) y los vehículos eléctricos de batería (BEV), la refabricación de costosas baterías de tracción y componentes electrónicos / mecatrónicos se ha considerado una estrategia sostenible para OEM (Steven, Lanza y otros, 2014).

Cabe mencionar, la importancia que tiene la evolución dentro de territorio nacional, ya que siendo uno de los primeros sectores en apostar por México, es por ello que a continuación se analiza la perspectiva mencionada.

CAPÍTULO II

Importancia, evolución y caracterización de la industria automotriz en México

Este capítulo tiene por objetivo abordar la importancia y evolución de la industria automotriz a nivel nacional con el propósito de mostrar cómo la industria se ha desarrollado en el país y poco a poco ha logrado convertirse en una de las más dinámicas e importantes para la economía mexicana.

El capítulo se divide en dos grandes apartados. En la primera parte, se aborda la manera en la cual está integrada, así como el desarrollo y crecimiento que ha caracterizado al sector automotriz en México durante los últimos años, con énfasis en la descripción histórica del desarrollo de esta industria.

En el segundo apartado se aborda el comportamiento que ha mantenido durante los últimos años utilizando algunas variables obtenidas de páginas especializadas como INEGI, también, se analizará la importancia que ha tenido la industria automotriz en: exportaciones e importaciones, rendimiento en el producto interno bruto total, así como en el manufacturero, la repercusión que ha tenido como generadora de empleos y el crecimiento que trae consigo en los lugares donde se instala, llevándolo a ser una pieza clave para la economía nacional.

2.1 Descripción e historia de la industria automotriz en México

La llegada de las revoluciones industriales generó un impacto en todas las industrias, siendo uno de los pilares más importantes dentro del sector automotriz, propiciando el crecimiento y la constante innovación así mismo, empresas que agrupan este sector han tenido un desarrollo importante.

En México y otras naciones manufactureras, la industria automotriz es considerada un pilar estratégico económico en virtud de los diferentes beneficios que trae consigo: generación de empleos, recaudaciones fiscales derivadas de las operaciones comerciales de la industria, capacitación del personal, desarrollo de proveedores locales y modernización tecnológica relacionada (Miranda, 2007).

La historia de la industria automotriz dentro de la República Mexicana comienza en el año de 1921 con la instalación de la línea de ensamble de Buick, bastarían solo cuatro años para que se establecieran las líneas de ensamble bajo la firma de Ford Motor Company, las cuales se apoyaban en la producción en masa, economías de escala y grandes máquinas para fabricar el mayor número de piezas lo más costeable posible, asegurando la producción de cien vehículos diarios todo esto gracias al método de producción empleado. Sin embargo, el espectro no se quedó solamente en Estados Unidos pues su desarrollo se incrementó notablemente (Miranda, 2007).

La industria automotriz ha fungido como columna angular en el desarrollo industrial del país desde su origen cuenta con programas específicos de desarrollo que al paso de los años han quedado enmarcados dentro de lo que se conoce como "Decretos automotrices", los cuales son emitidos por el gobierno federal y tienen por objeto la regulación de la producción y ventas; esto incluye limitaciones al número de empresas terminales, restricciones a la participación de la inversión extranjera en las empresas de autopartes y algunas prohibiciones como: i) la importación de vehículos, ii) la importación de partes que eran producidas localmente y iii) la producción de autopartes en las empresas terminales, además de las cuotas de contenido local en los automóviles (Miranda, 2007:213).

A lo largo de los años se ha visto el potencial de la industria automotriz mexicana la cual ha logrado mantener un crecimiento tan significativo, orillando a colocarse como el segundo representante del sector económico más importante a nivel nacional, siendo uno de los pilares de la modernización, así como de las estrategias de la globalización dentro de la industria.

En 1935 se estableció General Motors (GM), más tarde arrancarían las operaciones por parte de Automex (posteriormente Chrysler). Es notable que las productoras de automóviles se enfocaron de manera total en un montaje automotriz para satisfacer la demanda local. Durante la década de los cuarenta surgirían las primeras limitaciones para el progreso y consolidación, mismas que fueron salvadas gracias a la pronta respuesta por parte del entonces gobierno federal, impulsando las exenciones fiscales, préstamos con bajas tasas de intereses, subvenciones en el área de transporte, todo

esto creado con la finalidad de estimular el crecimiento del sector industrial (Carbajal, 2015).

Bajo el mandato del expresidente Lázaro Cárdenas, empezaría la efectiva estructura de condiciones aptas para el crecimiento de la industria, teniendo como resultado un mejor desarrollo y refuerzo paulatino. También, se solicitaba recortar la subordinación del país dentro de los mercados extranjeros, mayor apoyo a las industrias de menor y mediano tamaño, otro de los requerimientos fue el acrecentamiento de empresas mexicanas (Villarreal, 2000).

Su locación se delimitó a la zona centro del país, concretamente el Distrito Federal y algunos municipios del Estado de México como: Cuautitlán, Toluca y Lerma (Carbajal, 2015).

Los años seguirán favoreciendo al territorio mexicano. En el año de 1951 se crea Diesel Nacional S.A. (DINA), teniendo un contrato de licencia y asesoría por parte de la marca italiana Fiat, el objetivo de esta nueva alianza fue establecer una industria mexicana para el desarrollo de autos, camiones y autobuses. Durante 1961 se establece Nissan Mexicana, S.A. de C.V. Años más tarde nacería el crecimiento en el centro de Toluca por parte de Nissan, en este desarrollo las tareas preliminares eran el dibujo, control del producto y una logística viable en la localización de autopartes.

En 1962 se emite el primer decreto automotriz; Con el cual se inicia bajo bases más firmes el desarrollo automotriz en nuestro país; la situación prevaleciente en ese entonces se caracterizaba por plantas exclusivamente de ensamble en el que menos del 20 por ciento de los componentes eran de origen nacional, mientras que las ventas se cubrían principalmente con vehículos importados (Ruiz, 2016:4).

Dentro de este decreto se limitaron las importaciones de automóviles, acotando importaciones de ensamblados totales de motores y transmisiones, se fijó un 60% el abasto nacional mínimo para automóviles hechos dentro del país; se restringió también a un 40% de capital extranjero de las inversiones en las plantas de desarrolladores de autopartes, también, se construyó un parámetro de costos teniendo como fin, contener utilidades incitando así al incremento dentro de la productividad (Ruiz, 2016).

En 1964 Volkswagen apuesta por México y decide establecer una ensambladora en el Estado de México, así mismo Ford Motor Company expande su producción e instala dos plantas en el Valle de México, sin dejar a un lado a GM quien inauguró un complejo de motor y fundición en Toluca, Chrysler por su parte abre una planta de motores.

Los años estarían a favor de México pues en 1967 Volkswagen vuelve apostar, pero ahora por el estado de Puebla, trasladando un centro de producción, un año después Chrysler inaugura una ensambladora en Toluca, bastaría con 10 años más, en 1972 para la emisión del segundo decreto automotriz en México.

La década de los setenta serviría como parteaguas del desarrollo del sector automotriz. El *Decreto de descentralización industrial*, emitido por el gobierno federal en 1972, junto con los estímulos fiscales que prevalecían en ese momento, alentó la instalación de plantas armadoras fuera del Distrito Federal y del Estado de México. Así empezó a darse el establecimiento de grandes complejos automotrices en estados de la frontera norte y de abastecedoras de partes en Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato y Aguascalientes, a finales de los setenta y principios de los ochenta (Carbajal, 2015:70).

El desequilibrio del sector llevó a que la política industrial se enfocara en sustituir importaciones y buscó el inicio de un proceso de exportaciones por parte del sector automotriz. Como resultado, se lanza el Segundo Decreto Automotriz en 1972 donde el gobierno implantó nuevas políticas regulatorias con el objetivo de mejorar el funcionamiento de los mercados (Ruiz, 2016).

Los desarrollos seguirán sonriendo a México. A raíz del segundo decreto automotriz alentaría a los inversionistas del sector automotriz propiciando aperturas a nuevas plantas, General Motors fue uno de ellos, abriendo una planta en Coahuila, Chrysler en 1981 teniendo una planta de motores en la misma locación, Nissan se instalaría en Aguascalientes en 1982 operando plantas de motores y estampado, en el año de 1983 Ford Motor Company arraigaría dos plantas una de motores en el estado de Chihuahua. Tres años después se establecería una planta de ensamble en Hermosillo, Sonora, en conjunto con Mazda enfocada principalmente a la exportación (Ruiz, 2016).

En 1983, se estipulaba otro decreto, ante la regulación que se estaba viviendo al momento, está llevaría el nombre de “Decreto para la racionalización de la industria automotriz”. Donde se marcaba una orientación importante hacia el fortalecimiento de las exportaciones, la atención central se fijó más en la exportación de vehículos que en la de autopartes, para lo cual se redujo nuevamente el contenido mínimo de integración nacional en los vehículos destinados a los mercados internacionales, buscando llegar en 1987 a un 60% en los automóviles, 70% en camiones ligeros, 80% en camiones pesados y 90% en tracto camiones.

Esta nueva regulación en conjunto con el incremento de la demanda interna, el tipo de cambio y los incrementos de la productividad en las nuevas plantas hicieron que pronto la balanza comercial del sector tuviera un superávit; en esta misma época el gobierno vendió las acciones que poseía de Renault y Vehículos Automotores Mexicanos (VAM) a inversionistas franceses y norteamericanos con los que culminó la inversión de capitales nacionales en la industria terminal (Ruiz, 2016:5).

Todos los nuevos decretos y estrategias vigentes serían el modelo de cambio de importaciones a la incentivación de las exportaciones, bajo el mandato de Carlos Salinas (1988-1994). En diciembre de 1989, se publica un nuevo decreto; Donde estaba explícitamente enfocado para competir bajo el esquema de globalización en la industria.

La nueva reglamentación conocida como “Decreto para la modernización y promoción de la industria automotriz” (DOF, 1989), autorizaba la importación de vehículos nuevos por primera vez desde 1962, siempre y cuando la industria terminal mantuviera un saldo positivo en su balanza comercial. Se redujo la exigencia de contenido nacional a 36 por ciento y, al permitir mayores importaciones, forzó a la industria de autopartes a volverse más competitiva. Aun así, estableció medidas para proteger el ‘auto popular’ y a los consumidores de menores recursos: prohibió la importación de vehículos compactos y así salvó al Sedán de Volkswagen y al Tsuru de Nissan (Ruiz, 2016:5).

2.1.1 El desarrollo de la industria automotriz en el periodo del TLCAN/T-MEC

El TLCAN llegó a consolidar la etapa exportadora del sector y su gradual desregulación, pero también colocó a las empresas establecidas en México ante la necesidad de competir, no solo en los mercados locales, sino también en los internacionales. Además, la puesta en marcha de este tratado comercial representó el punto de referencia que intensificó la pérdida de dinamismo del sector ubicado en la zona centro del país (en el Estado de México), dadas las ventajas de localización de los territorios de la región norte de México (Carbajal, 2015:73).

En el año de 1994, se firma el TLCAN la cual trajo consigo diversas tensiones, como resultado de la regla de origen, esto crearía un panorama complejo para la industria automotriz en general. Sin embargo, para algunas de las plantas automotrices era más accesible crear los automóviles en su totalidad con contenido regional, a diferencia de la exigencia de montar la industria de autopartes de manera completa, normalmente las autopartes eran importadas de Alemania o Japón. Si bien este tratado tuvo consecuencias, como el cierre de las plantas en diferentes estados (Puebla, Cuernavaca y Aguascalientes).

Algunos de los puntos relevantes dentro del TLCAN acorde a Ruiz (2016) son:

- Reducción del 50% de tarifas arancelarias en importaciones.
- Se creó una reducción de 20% en importaciones de camiones ligeros al 10 por ciento en el año de 1994, posteriormente en 1998 sería del 3%.

Otro de los decretos que tuvieron peso dentro del sector automotriz, fue el *Decreto para el apoyo a la competitividad de la industria automotriz terminal e impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles*, los cuales fueron publicados en el 2003. Tenían como finalidad establecer beneficios al soporte de la competencia en el sector industrial enfocada en la desarrolladora de vehículos automotores ligeros nuevos los cuales se enfocaban en México, quienes impulsan al óptimo crecimiento céntrico de vehículos en México (Carbajal, 2015).

Un punto muy importante por destacar es, en el marco del TLCAN, a partir de 2004 se permite la libre importación de los automóviles nuevos procedentes de los Estados Unidos de América y de Canadá y, a partir del 1 de enero de 2009, México no puede adoptar ni mantener prohibiciones o restricciones ante la importación de automóviles usados, que sean originarios de Estados Unidos de América o de Canadá, cuyo año modelo sea más de diez años anterior al de la importación (Carbajal, 2015:74).

A raíz del pronto apoyo del sector, se crean dos decretos para el sector, teniendo como resultado diversos inconvenientes para el sector nacional. El Decreto por el que se establecen las condiciones para la importación definitiva de vehículos automotores usados (publicado el 22 de agosto de 2005 en el Diario Oficial de la Federación), que permite la importación definitiva de vehículos automotores usados de transporte de hasta quince pasajeros y de camiones de capacidad de carga de hasta 4,536 kg, incluyendo los de tipo panel, así como remolques y semirremolques tipo vivienda, provenientes de Canadá y Estados Unidos, cuyo año-modelo sea de entre diez y quince años anterior al año en que se realice la importación (Carbajal,2015:74).

El segundo, pero no menos importante de los decretos establece las condiciones para la importación definitiva de vehículos automotores usados, destinados a permanecer en la franja fronteriza norte del país, en los estados de Baja California y Baja California Sur, en la región parcial del estado de Sonora y en los municipios de Cananea y Caborca, estado de Sonora (publicado el 26 de abril de 2006 en el Diario Oficial de la Federación), con este se accede a personas físicas y morales que tengan residencia en lugares que cuenten con importación definitiva de automóviles usados originarios de Estados Unidos y Canadá, con un modelo en el intervalo de cinco y quince años en que se lleve a cabo la entrada y no sobrepasen el valor máximo de quince mil dólares estadounidenses (Carbajal, 2015).

El resultado de ambos decretos desfavoreció de manera significativa al sector automotriz, pues desde la emisión se pudo divisar un crecimiento en la importación de vehículos usados a comparación a la adquisición de los automóviles nuevos (Carbajal, 2015).

Evidentemente, la firma del TLCAN ha jugado un papel determinante en la evolución y la situación actual del sector automotriz en México. Por un lado, ha sido fundamental para consolidar la etapa exportadora del sector y, por otro, ha propiciado que algunas regiones se hayan consolidado como polos de atracción de las grandes transnacionales del sector, como la región norte de México (Carbajal, 2015:75).

La llegada de la industria automotriz impulsó a México de manera importante creando un panorama totalmente diferente y nuevo para el sector nacional industrial, sin embargo, el desarrollo no permanece solamente dentro del sector, también, sería un factor importante para el ramo económico y social. Impulsando la economía mexicana, aún con la entrada en vigor del TLCAN.

2.2 Importancia de la industria en el sector económico

La importancia de la industria automotriz en el orbe ha desencadenado una repercusión positiva en las economías nacionales volviéndose el propulsor en el progreso de los demás sectores que cuentan con un alto valor agregado, teniendo como consecuencia el que numerosos países tengan como meta el desarrollo y consolidación en este sector (Secretaría de Economía, 2012).

El sector automotriz ha desarrollado un papel de suma importancia dentro de la economía mexicana gracias a la enorme capacidad de suministros, las ventajas competitivas pasadas y venideras, todo esto a nivel global. Teniendo a su favor excelentes colaboradores quienes cuentan con la experiencia necesaria y mano de obra competitiva, locaciones favorables y entrada preferencial a uno de los principales mercados del orbe (Secretaría de Economía, 2012).

2.2.1 Producción total de vehículos ligeros 1990-2021

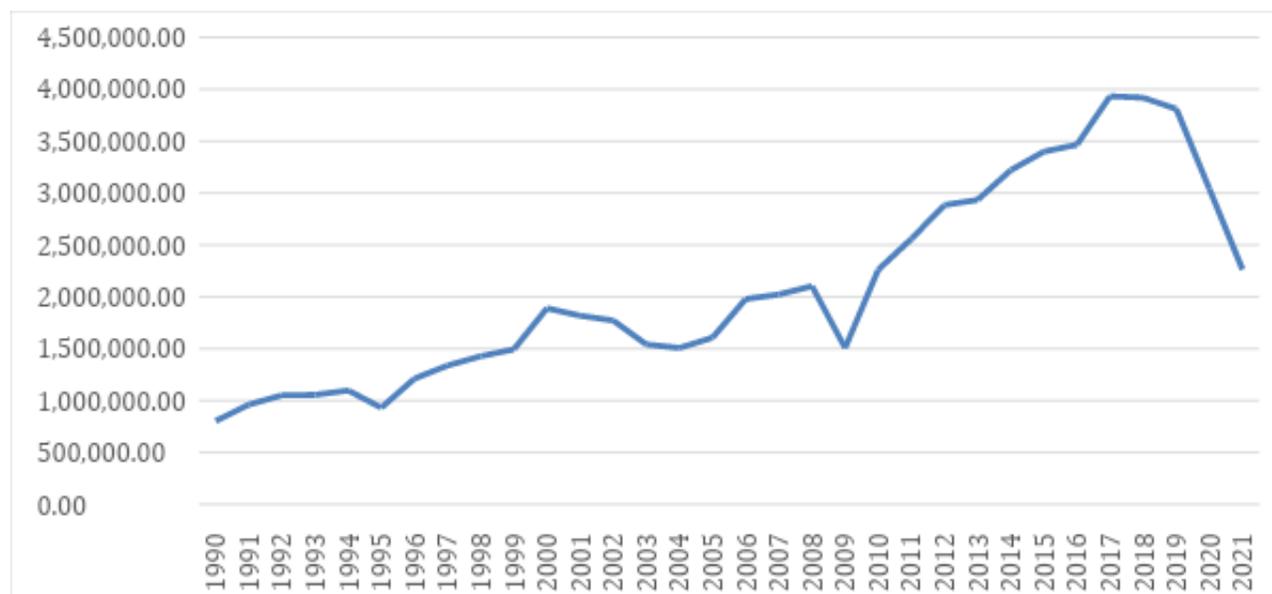
Catalogado como el gran motor de crecimiento, la industria automotriz ha tenido un apto desarrollo a lo largo de los años en la producción total de vehículos ligeros. En la gráfica II.1 se puede observar las altas y bajas que se han desarrollado dentro del sector automotriz. Partiendo de 1990 hasta septiembre de 2021, sin embargo, todavía con la firma del TLCAN en 1994 la producción no se divisó alarmante.

Con la llegada de la firma del TLCAN en el año de 1994 y los cambios ocurridos tuvieron un gran peso en el sector del automóvil, como consecuencia se suscitaron cambios en la producción a partir del mismo año, la mayor parte de los vehículos que fueron producidos en territorio nacional eran destinados a la exportación (Carbajal, 2015).

En la Gráfica II.1 se logra observar una caída de producción de vehículos en territorio mexicano durante el año 1995. Debido a la crisis económica que sufría el país, considerada una de las más serias desde los años 30, se interrumpió de manera abrupta todo flujo de capitales del extranjero a territorio nacional, en el periodo comprendido de 1994 a 1995. Por otro lado, la moneda mexicana sufría una devaluación imponiendo a la economía un estricto ajuste el cual era poco posible eludir (Banco de México, 1996).

Gráfica II.1

Producción total de vehículos en México 1990-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de AMIA (2021).

Como se mencionó anteriormente, la producción automotriz se vio envuelta en un crecimiento con altas y bajas. Más aún, en la gráfica II.1, se puede apreciar un decremento en el año 2009, un año después a la crisis que viviría México, la cual no fue homogénea. Algunos estados fueron más afectados que otros.

Las regiones con mayores vínculos comerciales y financieros con Estados Unidos padecieron las consecuencias del decaimiento económico de maneras y con intensidades distintas a las de aquellas otras regiones menos ligadas a las actividades estadounidenses (López y Peláez, 2015:197).

Si se examina la producción total por año, se pueden apreciar cambios desde 1990 relevantes, pues la producción no era como tal alta comparándolo con las cifras de 1996 en adelante, teniendo en cuenta que la mayor parte de la producción era destinada a la exportación y no al consumo local. Esto nos lleva a analizar otro de los factores más importantes a lo largo de los años. *La venta total al público de vehículos.*

La actividad manufacturera se ha visto afectada por la escasez de algunos insumos y por cuellos de botella en las cadenas globales de suministro, además de que el sector de servicios ha moderado su ritmo de recuperación (Banco de México, 2021:13).

2.2.2 Venta total al público de vehículos ligeros 1990-2021

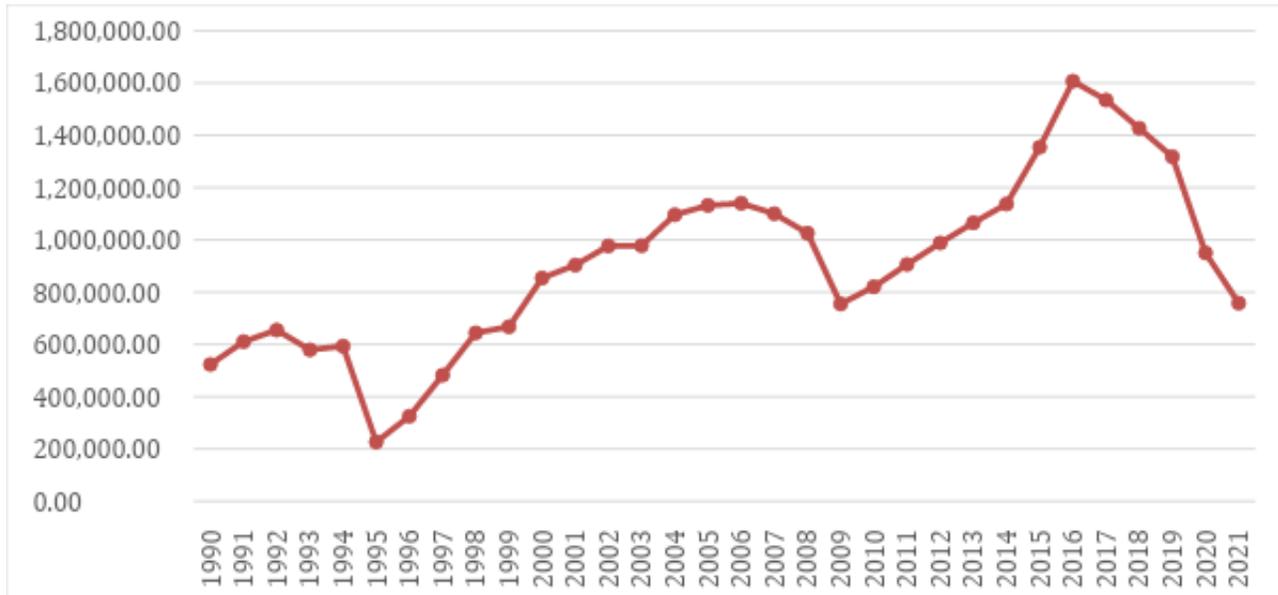
Los cambios que se han generado año con año no solo han perfeccionado e innovando los sistemas productivos, sino que incluso la misma organización automotriz. Estos avances tecnológicos han abierto el camino a diversas empresas que lideran no solo la producción, sino que también la venta, años atrás, se imaginaba que únicamente los tres gigantes automotrices serían capaces de tener óptimas producciones de automóviles y altas ventas, sin embargo, el panorama ha cambiado. Un claro ejemplo han sido los progresos tecnológicos y las nuevas ideologías implementadas en los procesos, esto ha provocado una reestructuración del mercado automotriz en general (Carbajal, 2015).

México ha tenido altas y bajas en la venta de vehículos ligeros durante los años de 1990 a 2021 como se muestra grafica II.2. Donde se logran analizar los cambios significativos durante las últimas décadas. Como se mencionó anteriormente, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), influyó directamente en la dirección económica del sector automotriz en México.

En la Gráfica II.2 se nota de forma inicial a la puesta en marcha del TLCAN una significativa disminución de la venta de vehículos, logrando estabilizarse años después. Los años consecutivos pintarán bien para las ventas totales, hasta el 2008 donde el

alboroto de los mercados financieros internacionales repercutió en el desempeño de la economía global durante ese año. En México se viviría un momento complicado para la industria automotriz, el cual repercute de forma importante en la cantidad de vehículos vendidos (ver gráfica II.2).

Gráfica II.2. Venta total al público de vehículos ligeros, 1990-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de AMIA (2021)

Aun con la puesta en marcha de medidas que sirvieran como estímulo monetario y fiscal, la tasa de crecimiento del PIB tuvo una notable reducción de 5.2% durante el 2007 en comparación al 3.2% en el 2008. La desaceleración en la actividad económica perjudicó a economías emergentes y las ya desarrolladas, sin embargo, el decremento fue mayor en el último grupo. En Estados Unidos la economía enfrentaría la misma fase que se vivió durante este año (Banco de México, 2008).

A pesar de todas las crisis financieras, la venta de vehículos logró tener un progreso paulatino. Las ventas durante el 2009 presentaron un declive significativo y el progreso fue lento hasta el 2014, donde el aumento se prolonga hasta el año 2016, siendo aquí la cifra más alta en ventas totales. Durante el 2016 la inflación tuvo un auge a niveles próximos al 5% en el primer trimestre. Diversas consecuencias se tendrían durante este periodo, sin embargo, una de las más relevantes fue la depreciación de la moneda nacional, este suceso se vendría arrastrando desde el 2014, a raíz de los aumentos en

costos de energéticos, gas L.P y gasolina, lo cual se suscitó a principios del presente año (Banco de México, 2017).

Durante los años 2020 y 2021, la industria automotriz enfrenta un nuevo reto en términos de producción y de venta, los acarreados a partir de la pandemia por COVID-19. Ante el cierre de muchas empresas ensambladoras y productoras de partes, como medida para prevenir los contagios del virus, se genera el desabasto de microchips o semiconductores. El que a la fecha aún no logra equilibrarse para producir los vehículos que se demandan por los consumidores.

2.2.3 Exportación total de vehículos ligeros 1990-2021

En la Gráfica II.3 se logra ver como con la entrada del TLCAN la exportación de vehículos tuvo un crecimiento importante. Si bien los resultados del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, fue la consecuencia de estrategias que siguieron los tres gigantes de la industria (Ford Motor Company, GM, y Chrysler) para comenzar a tener presencia dentro del mercado mexicano, donde la mano de obra es barata, calificada y basta. Así mismo se tenía total acceso a México, país en donde las ventajas laborales y fiscales se encontraban a la orden (Castellanos, 2016).

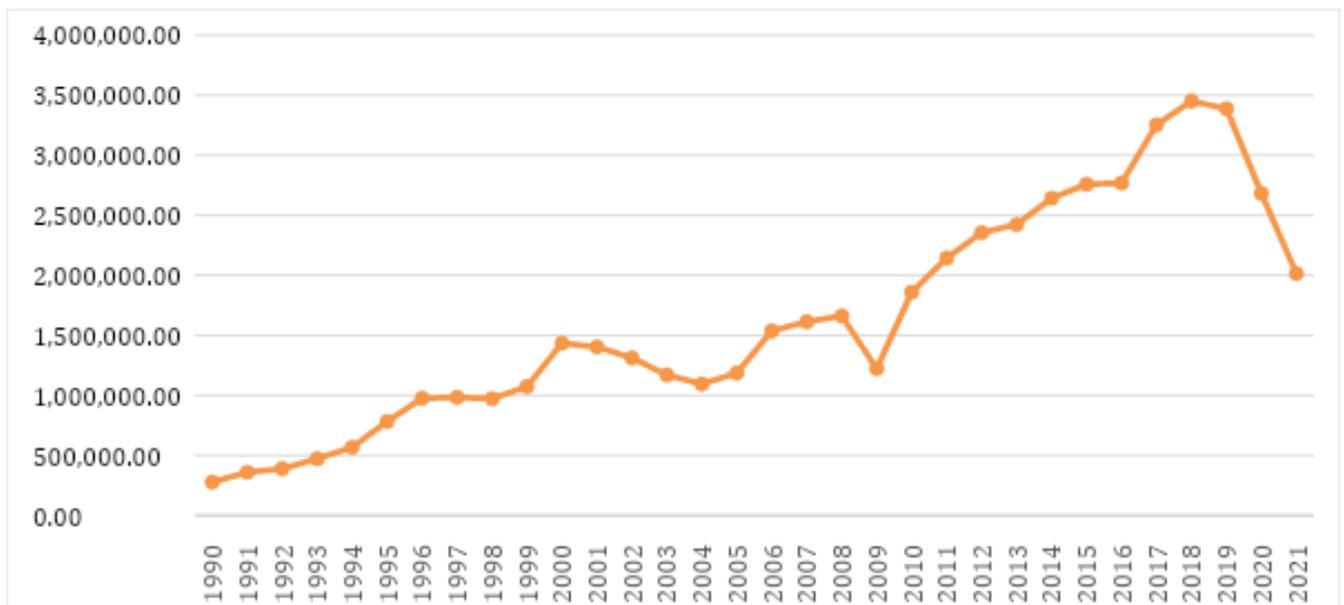
Con esos datos se puede sugerir que el TLCAN fue la culminación de las necesidades de expansión de la industria automotriz extranjera, primordialmente la norteamericana. El TLCAN traería mayor inversión y por tanto mayores y mejores salarios, crecimiento y mejoras para la sociedad, fue la manera de justificar y ocultar la rendición a los intereses de las grandes corporaciones (Castellanos, 2016:130).

En este periodo del TLCAN, la industria automotriz se logró consolidar como exportadora, gran parte de los vehículos que se manufacturan en territorio mexicano se destinan al mercado externo, principalmente a la zona del TLCAN, por ello esta industria se ha convertido en altamente exportadora; no obstante, esta variable, ha tenido también sus momentos de crisis o contracción, como es el caso de la crisis del 2008 la cual afectó las exportaciones, teniendo bajas durante 2009.

El entorno internacional que se observó en 2009 condujo a que México enfrentará caídas importantes en la demanda por sus exportaciones manufactureras y en otros renglones

de ingresos de la cuenta corriente, una fuerte restricción de financiamiento externo y un choque a sus términos de intercambio. A su vez, el brote de influenza (AH1N1) fue un factor adicional que acentuó la caída en los niveles de actividad durante el segundo trimestre del año y sus efectos sobre la demanda por diversos servicios (Banco de México, 2009:1).

Gráfica II.3. Exportación total de vehículos ligeros, 1990-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de AMIA (2021).

Fue hasta en el año 2010, que se presentó un crecimiento en la exportación total de vehículos ligeros, aun con el brote de influenza presentado un año antes. Los años consecutivos al ya mencionado fueron óptimos, presentando grandes desarrollos en la exportación misma, hasta el año 2019.

Durante el 2020, la exportación sufrió una caída de ventas importante, teniendo un entorno marcado por la incertidumbre con la llegada de una pandemia que afectaría a todo el mundo en general.

A finales del año 2021 todo el entorno económico se vio en una constante transición y la situación se tornó aún más compleja. La pandemia de COVID-19 implicó nuevos riesgos y desafíos para la industria.

En cuanto la pandemia se fue esparciendo gran número de países implementaron medidas precautorias para evitar la propagación del virus, teniendo como consecuencia afectaciones sobre las actividades económicas y los mercados financieros (Banco de México, 2020).

En definitiva, el panorama que se ha estado viviendo durante el año 2021 no ha tenido las mejores especulaciones teniendo en su contra la disminución de materias primas, la escasez de chips o circuitos integrados ha sido uno de los altos más graves, no solo para el sector automotriz, sino para un gran número de productoras y manufactureras.

Si bien, el panorama no se visualiza positivo. Recordando que la industria automotriz ha demostrado la capacidad que ha logrado a lo largo de los años, esperando pueda tener un aumento significativo tanto en exportaciones, ventas y producción de automóviles ligeros.

Otro punto que no puede dejarse de lado cuando se analiza a la industria automotriz es la segunda etapa del TLCAN; el ahora llamado T-MEC. El primero de julio de 2020, la industria del automóvil enfrentaría otro reto, la entrada en vigor del T-MEC, quien sustituye al TLCAN. Donde se estipulan las reglamentaciones a aplicar al T-MEC y las metodologías para la regla de origen, sin embargo, se vuelve más “dura”.

La entrada en vigor del T-MEC ha creado incertidumbre y dudas dentro de la industria automotriz. Volviendo un requisito esencial el cumplimiento de la regla de origen.

Una de las razones que auxiliaron al sector automotriz a consolidarse como uno de los principales cimientos dentro de las exportaciones a nivel nacional es la manufactura de un automóvil en territorio nacional contando con la seguridad de no pagar ningún tipo de arancel al momento de ser exportado a Estados Unidos o Canadá.

La entrada en vigor del T-MEC creó diversos desafíos y retos, uno de ellos es el aumento del VCR (Valor de Contenido Regional) un porcentaje que informa de manera gradual en qué medida cualquier producto ha sido manufacturado en alguna región del tratado ya antes mencionado. Dentro del TLCAN se establecía un 62.5% de la fabricación de automóviles, sin embargo, en el T-MEC se ha elevado a un 66%, con un incremento anual, hasta llegar al 75, respectivamente. Por otra parte, se solicitó un 70% del acero y

aluminio que se utilice en la manufactura de estos autos debe ser proveniente de Estados Unidos con el fin de lograr este nuevo requerimiento se ha habilitado la compra directamente a la empresa de la industria automotriz terminal, también se han incluido las compras de acero y aluminio elaboradas por los distribuidores encargados del desarrollo del chasis y la carrocería. Finalmente, se solicita el VCL (Valor de Contenido Laboral) el cual consiste en que por lo menos el 40% (30% al inicio para automóviles ligeros y el 45% para unidades de mayor capacidad y volumen) del automóvil debe de estar manufacturado en plantas donde se pague por lo menos 16 dólares la hora a los trabajadores (Deloitte, 2020).

Alguna de las medidas por las que optaron tomar algunas armadoras fue la solicitud del RTA (Régimen de Transición Aleatorio), que consiste en otorgar un permiso a las armadoras hasta por 5 años, después de la entrada en vigor del tratado, teniendo la ventaja de cumplir con las reglas de origen un tanto más flexible, considerando a los vehículos como originarios, permitiendo la exención de aranceles.

La situación actual del sector automotor es sin duda, compleja. Debido a esto, diversas compañías han analizado el cumplimiento de los requerimientos de acuerdo con el arancel de 2.5%. Hasta el momento Estados Unidos ha impuesto a los automóviles que no cuenten con las nuevas solicitudes. Así bien, el riesgo ante las nuevas solicitudes pueda elevar la tasa o bien la implementación de otros aranceles teniendo como argumento la seguridad nacional.

“Aún falta que los equipos negociadores de los tres países aclaren algunos puntos que no quedaron claros, a partir de lo cual se tendrán que actualizar las reglamentaciones uniformes ya publicadas. Esto deberá de suceder en los siguientes días”, mencionó en una conferencia Fausto Cuevas, director general de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

Si bien, el panorama no es el deseado, pero no significa una pérdida todo lo contrario, para que el sector del automóvil continúe con el crecimiento y la expansión que tanto lo ha caracterizado es necesario que cada sector del país correspondiente comience a adecuarse a los nuevos cambios que ha traído consigo el tratado; logrando solventar el cambio y seguir avanzando en el camino.

Ahora más que nunca las empresas deberán focalizar el costo-beneficio para lograr generar estrategias que cumplan con lo que demanda el nuevo tratado o irse por la otra opción la cual sería pagar los aranceles que le corresponden.

Finalmente, otro tema central para la industria automotriz es el aumento del precio del acero de hasta el 40%. Considerado el nuevo protagonista durante el 2021, el incremento de esta materia prima fue relevante para la industria generando alteraciones dentro del mercado. El aumento del acero fue una de muchas consecuencias que trajo consigo la pandemia en el sector internacional. Por otra parte, las medidas precautorias tomadas por el gobierno chino y los cambios en costos han generado diferentes conclusiones. Los paros de línea en la industria automotriz cambiaron las especulaciones que mantenían diversos proveedores, como la creciente demanda por parte de la industria del automotor, la cual tuvo un alza durante el verano, provocando una demanda sustancial respecto a la cantidad de acero disponible.

La razón por la cual se presenta un incremento notable en la venta de esta materia prima ha sido la reanimación del mercado interno por parte de China y Estados Unidos. El lento proceso de recuperación por el cual se encuentra pasando el sector del acero a nivel internacional será aún más pausado con los efectos de la pandemia y los cambios ante las políticas que ha empleado China.

Los efectos pronosticados ante un continuo crecimiento de precio en el acero, podría llegar afectar el costo en las autopartes.

2.3 La industria automotriz en México y la Pandemia por COVID-19

Este apartado comprende la realidad que ha estado viviendo la economía mexicana a partir del año 2020, el cual no puede dejar de destacarse, ya que ha tenido un gran impacto para la industria automotriz. Se hace referencia a la pandemia provocada por COVID-19 y las restricciones aplicadas por autoridades pertinentes para disminuir los contagios. Lo que afectó de forma importante, no solo en la venta y exportación, sino también en la producción de vehículos.

Los pronósticos aún no son claros. El panorama para el sector automotriz en el 2021 ha estado en un constante cambio, creando inquietud por un desempeño incierto, esperando una recuperación próxima.

Ante todas estas especulaciones y análisis es necesario recordar que la industria automotriz es capaz de recuperarse ante cualquier panorama, sea crítico o no, retomando el progreso que lo ha caracterizado por tantos años.

La industria automotriz en México ha sido una de las más afectadas tanto en México como en el mundo derivado de la pandemia generada por el COVID-19. El confinamiento que se dio en los meses de abril y mayo, principalmente, aunado a la suspensión de actividades “no esenciales”, provocó una importante contracción en la actividad económica y de manera específica en algunos sectores. Es el caso de la industria automotriz, que presentó una de las peores caídas de su historia, tanto en la producción como en las ventas y las exportaciones (Carbajal, 2020:33).

Los impactos que ha ocasionado la pandemia dentro del sector automotriz han tenido importantes consecuencias, dentro de ellas, la población se enfocó en alguna otra actividad que no tenga ninguna relación con adquirir un automóvil (Nieblas, 2021).

Definitivamente, la realidad que está teniendo el sector automotriz ha sido preocupante frente a la pandemia, este no es el único factor que ha perjudicado el avance y crecimiento de la industria.

La falta de semiconductores se encuentra obstaculizando a la industria automotriz. A finales de 2020, la cadena de suministro de semiconductores ha presentado obstáculos dentro del sector automotriz. Como se mencionó anteriormente el sector automotor se encontraba en plena recuperación ante los cierres totales por parte de las autoridades a mitad del año. Sería otro freno para la industria toparse con la gradual demanda del sector de electrónica y su creciente requerimiento en general, sin embargo, el panorama para este sector pinta diferente, teniendo una óptima recuperación comparado con el sector automotriz (Fulthorpe, M., & Amsrud, P., 2021).

El 10 de mayo de 2021, la AMDA (Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores) anuncia durante una conferencia de prensa la situación que se encuentra

viviendo el sector automotor, enfocando los escenarios complicados. Una de las medidas que se ha contemplado es el orillar a las ensambladoras a dejar de producir una cantidad de 768 mil 553 automóviles lo que resta del año, existe una razón circunstancial, el poco abasto a nivel mundial de semiconductores (Deloitte, 2021).

Los semiconductores o también llamados componentes electrónicos tienen un tamaño diminuto pero un poder inmensurable, tienen como fin desarrollar actividades sumamente complicadas a velocidades inimaginables. Todas sus aplicaciones son infinitas, son la base de la producción de microcircuitos que se emplean en básicamente todos los aparatos electrónicos, la mayor parte de estos están hechos con silicio (elemento más abundante en la corteza terrestre) (Deloitte, 2021).

Sin embargo, estos circuitos tienen un uso bastante amplio, no solo es utilizado en la parte eléctrica de los autos eléctricos dentro del sector automotor solo utiliza el 5% de la demanda a nivel mundial. La razón por la cual se está viviendo un desabasto, es bastante particular y es, por la creciente demanda arraigada a los cambios tecnológicos que ha tenido como consecuencia la pandemia.

Estas solicitudes no han sido solamente del público en general que cada vez adquiere mayor cantidad de sus dispositivos electrónicos para así ir adecuándose a la nueva normalidad que se está viviendo, sino que también por parte de las industrias de telecomunicaciones y electrónica quienes tienen que subsidiar la demanda de sus clientes.

Los fabricantes de los semiconductores han optado por darle preferencia a las industrias que no dejaron de consumir su producto, todo esto con el fin de mantener al margen su utilidad. Por otra parte, al momento en que la industria automotriz volvió a la producción de unidades comenzó a solicitar nuevamente de los chips, lograron divisar que los productores trabajaban al cien por ciento de su capacidad siendo imposible lograr obtener el volumen solicitado ante la producción de automóviles (Nieblas, 2021).

Si bien la insuficiencia de semiconductores no es un inconveniente de materia prima, en esta situación el panorama es diferente, pues no se cuenta con el aforo suficiente de los fabricantes.

Como tal, la etapa que se encuentra viviendo el sector automotriz continúa siendo fluida y aún se buscan los posibles impactos relacionados con los estragos generados por la pandemia de COVID-19. No se sabe a ciencia cierta el tiempo estimado sobre la duración del poco abasto de semiconductores, hay quienes estiman que se tendrán mejoras en el segundo trimestre, así como quienes piensan que esta escasez durará hasta el 2023.

"Empeorará antes de mejorar. A corto plazo, todo lo que se puede hacer es hacer malabarismos con las prioridades en las fundiciones para fabricar más MCU automotrices en lugar de productos para otros mercados. A largo plazo, la industria automotriz debe hacer que la garantía de suministro sea una prioridad como ahorros de costos para incentivar que la cadena de suministro sea más diversa. El cambio a nodos de proceso más avanzados hace que la industria sea aún más susceptible a un número limitado de opciones de fundición. - Phil Amsrud, analista principal de tecnología y cadena de suministro automotriz, IHS Markit.

Una de las opciones más factibles, parece ser la inversión. Diversos productores están en pleno desarrollo para lograr subsidiar la demanda de sus clientes y así poder alcanzar una infraestructura óptima como proveedor. Una de las soluciones que han optado por implementar, es la creación de nuevas plantas, así como conseguir mayor número de materia prima. Sin embargo, este panorama no es tan bueno como pinta, para lograr estos objetivos tomando en cuenta en que la sola fabricación de un semiconductor toma un tiempo de hasta tres meses, se necesitaran meses o hasta años (Herrerros, 2021).

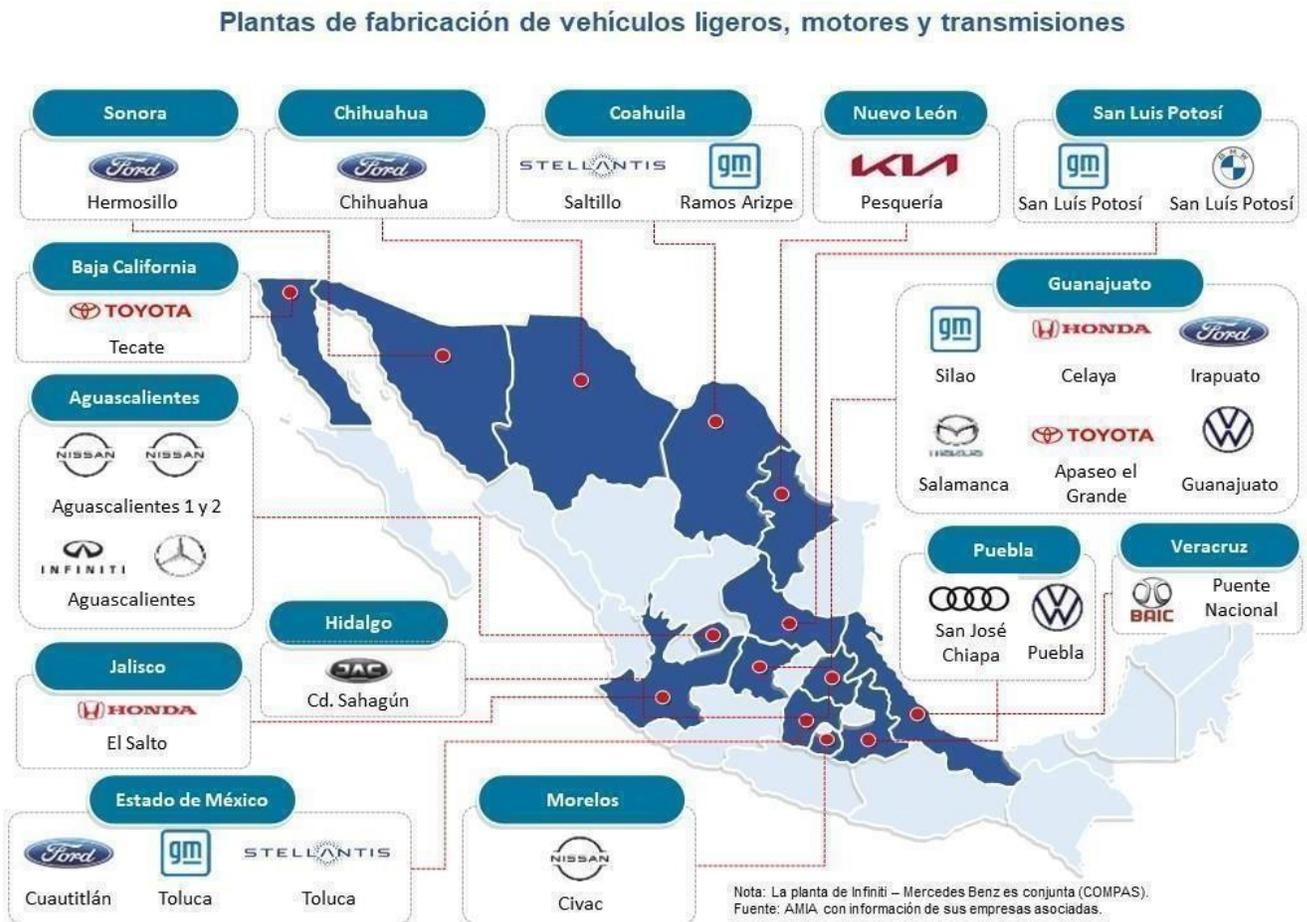
El surgimiento de nuevas soluciones ante el desabasto que se está viviendo cada vez va en aumento, teniendo como meta lograr un mejor aprovisionamiento de la demanda que solicita cada lugar en específico.

Por otro lado, la insuficiencia de los semiconductores es realmente un freno y no una crisis, el sector del automotor se encuentra en un momento importante, donde el buen funcionamiento tecnológico, junto con la inversión inteligente juegan un papel relevante para así poder alcanzar los niveles estimados respecto a la cadena de producción, logrando así, hacerle frente al desabasto de los semiconductores, retomando el camino que año con año ha estado forjando (Nieblas, 2021).

2.4 Presencia de plantas y ensambladoras automotrices en México

La industria automotriz, se ha caracterizado como uno de los pilares con mayor importancia en el sector económico nacional. Logrando colocar al país dentro de los productores más importantes en la exportación de vehículos ligeros a nivel mundial, de igual manera se ha distinguido por los notables cambios incluyendo innovaciones, mejoras, seguridad y vigor dentro del sector industrial.

Figura I.1. Plantas de fabricación de vehículos ligeros, motores y transmisiones



Recuperada de: AMIA (2021)

En el 2004 el noroeste abrió sus puertas a **Toyota** Baja California en Tecate, volviéndose la planta número 13 encargada de fabricar vehículos bajo la firma de Toyota en Norteamérica. Con una inversión de 180 millones de dólares, Toyota empezó con una producción durante el 2004 de 30 000 unidades, aumentando año con año su capacidad

de producción. El principal vehículo manufacturado en la planta es la Toyota Tacoma junto con sus 8 variaciones. Las operaciones realizadas dentro son la pintura, ensamble y el cuerpo de soldadura (Toyota,2019).

En el estado de Sonora, **Ford Motor Company** desarrolló la primera planta automotriz de estampado y ensamble en Hermosillo hace 35 años, con una inversión inicial de 6 500 millones de pesos con un abasto aproximado de producción de 130.000 unidades. Hoy en día, la empresa se encuentra en la producción de dos de los vehículos más característicos de la marca a nivel mundial como el Ford Bronco Sport y Ford Maverick. Sin embargo, en las últimas dos décadas esta inversión ha superado los 6 mil millones de dólares, produciendo 6 129 113 automóviles para exportación, así como consumo local, desde sus inicios en 1986 (Ford, 2021).

Otra de las plantas bajo el nombre de **Ford Motor Company**, se encuentra en Chihuahua, Chihuahua. Con 38 años desde su inauguración la planta de motores Ford Motor Company, ha mantenido un aumento en su producción desde 1983, año en el cual iniciaría sus operaciones siendo una de las cinco plantas a nivel mundial enfocadas en la fabricación de motores Duratec I4, quien sería el sustituto de un gran número de motores Ford. En la actualidad se encuentra ensamblando alrededor de 10 diferentes tipos de motores, híbridos, motores a gasolina, motores a diésel y la nueva generación de motores de alto rendimiento (Ford, 2021).

En el noroeste del país, se encuentra el complejo automotriz Saltillo, bajo la firma de **Stellantis**. Con una antigüedad de 26 años, esta planta se divide en tres sectores: carrocería, pintura y ensamble. El complejo se ha caracterizado por ser el encargado de producir los paneles para la carrocería y ensamble de 3 diferentes tipos de RAM y la producción de motores (STELLANTIS, s/f).

El estado de Coahuila ha albergado desde 1981 al complejo Ramos Arizpe de **General Motors**. Las plantas dentro de esta localidad son ensamble, motores y estampado. Con una extensión de 268 hectáreas esta firma actualmente construye el Chevrolet Blazer y Equinox, mientras que en la planta de sistemas globales de la propulsión se desarrollan dos tipos de motores CSS y GEN V y la transmisión CV. Los productos ya mencionados tienen diferentes países como destino (GM, 2021).

Con una inversión inicial de aproximadamente 3 mil millones de dólares, en el año 2016, **KIA** estableció una planta en Pesquería, Nuevo León. Con una producción de 300 mil unidades por año. En la actualidad, KIA ha alcanzado la producción total de automóviles para exportación, esta planta cuenta con tecnología de punta la cual es empleada en la automatización de la línea de ensamble y los procesos de estampado, taller y pintura (KIA, s/f).

En la zona Centro Norte del país se encuentra la planta de **GM San Luis Potosí**, con una antigüedad de 13 años este complejo cuenta con plantas de ensamble, estampado y transmisiones. Este complejo cuenta con 347 hectáreas, donde se fabrican: Chevrolet Aveo y Trax y transmisiones de 6 velocidades automáticas FWD y AWD (GF6).

Iniciando operaciones en el 2019, se encuentra **BMW Group Planta San Luis Potosí**. Con una inversión de 1 000 millones de dólares, esta compañía produce los modelos: BMW 3 Series Sedan y BMW 2 Series Coupé. Esta nueva apuesta por parte del grupo BMW abarca 300 hectáreas de superficie, produciendo anualmente hasta 175 000 unidades. En la actualidad la séptima generación del modelo Serie 3 comenzó su producción en Múnich, Alemania, inmediatamente se encuentra en China y hoy en día en San Luis Potosí (BMW Group, 2021).

Desde la consolidación de **Nissan Mexicana, S.A. de C.V.** en 1961. En 1982 apuesta por una planta en el estado de Aguascalientes, con una inversión inicial de 1 300 millones de dólares. En el año de 2007 Nissan empieza sus exportaciones a Europa.

Teniendo 2 plantas laborando en el estado, la planta A1 se ubica como las más rápidas del mundo, fabricando alrededor de 65 vehículos cada hora con resultados anuales estimados de 360 mil unidades (Nissan, 2021).

En el 2013 la planta de Nissan Centro de distribución Vehicular A2 arranca operaciones teniendo como principal objetivo optimizar y acelerar los procesos de exportación. Dentro de esta planta se produce el sedán Nissan Sentra, vehículos NOTE y el Nissan NV200 (Exportación exclusiva a la ciudad de Nueva York). Con una inversión inicial de 31 millones de dólares este centro automotriz cuenta con 72 hectáreas de superficie y una infraestructura de vías de 14 km (Nissan, 2016).

La marca de lujo de la compañía Renault-Nissan, Infiniti. Se encuentra localizada en el estado de Aguascalientes, inaugurada en el 2017. Esta planta conjunta de Daimler y Nissan tuvo una inversión de 1 400 millones de dólares. Conocida como COMPAS por sus siglas en inglés (*Cooperation Manufacturing Plant Aguascalientes*), durante el año 2019 manufacturó modelos Clase A por parte de Mercedes-Benz y un total de 30 294 unidades del crossover semiautónomo QX50. Esta alianza ha tenido como resultado el fortalecimiento de las relaciones, ayudando al impulso automotriz dentro de la economía propia de Aguascalientes y de México (Clúster Industrial, 2020).

En 1995 se llevaría a cabo la apertura del complejo GM Silao, Guanajuato. Con una extensión de 246 hectáreas, GM tiene plantas de: estampado, motores, transmisiones y ensamble. Entre los productos desarrollados en este complejo se encuentra: Chevrolet Cheyenne, Silverado y GMC Sierra, en los motores se manufacturan 5 tipos diferentes y en las transmisiones se manejan dos de 6 y 8 velocidades respectivamente (GM, 2021).

Durante el 2012 Honda apostó por el crecimiento dentro del país, construyendo la segunda planta de Honda en México, localizada en Celaya, Guanajuato. Con una inversión de 800 millones de dólares y una nueva planta de manufactura de automóviles, un año después se comenzaría la construcción de la planta de transmisiones en la misma localidad, con una inversión de 470 millones de dólares. El crecimiento de Honda fue constante, logrando la inauguración de la planta de automóviles produciendo el FIT 2015, actualmente la capacidad anual de esta planta es de 200 mil unidades (Honda, s/f).

Ford Motor Company Irapuato cuenta con la planta de transmisiones. Desde el 2017 este complejo manufactura actualmente dos tipos de transmisión la 6F15 y 8F24 (Ford, s/f).

Con la meta de mejorar ante la competencia mundial en el sector del automotor, *Mazda Motor Corporation* en el año de 2011 anunció la construcción de su planta armadora. Sin embargo, fue hasta el 2014 que la marca japonesa oficialmente inició operaciones en Salamanca, Guanajuato. Invirtiendo 770 millones de dólares, este complejo cuenta con 260 hectáreas es capaz de producir 140.000 unidades anuales de los modelos Mazda3 y 2, de los cuales se destina a mercados sudamericanos, norteamericanos y nacionales. Dentro de la planta se desarrollan los procesos como: vestidura fina, ensamble, estampado y pintura (Castro, 2021).

Apaseo el grande, Guanajuato. En el año de 2019, se instala la segunda planta bajo la firma de Toyota en el país. Con una superficie de 600 hectáreas, ubicada estratégicamente cerca de empresas proveedoras del mismo sector. Esta planta es la segunda en ocupar la TNGA (*Toyota New Global Architecture*) orientada a una manufactura y crecimiento sustentable, empleando las ideologías características de la marca. Con una inversión de 1000 millones de dólares este complejo fabrica el auto Sedán Corolla y la pick up Tacoma, así como una capacidad de producción anual de 200 mil unidades (SER, 2016).

Con una inversión de 330 mil 500 millones de dólares, el 15 de enero de 2013 se consolida el clúster automotriz de Volkswagen en Silao, Guanajuato. La marca alemana es la encargada de la fabricación de componentes para el motor EA 888 y el EA 211 las cuales serán ensambladas en América del Norte. Produciendo mil quinientos motores diarios.

A principios del 2020 Honda El Salto, Jalisco; cambia de ubicación del ensamble del modelo como Honda Accord Sedán y la SUV Honda CV-R por un enfoque de producción de motocicletas, productos de fuerza y refacciones. Esta planta cuenta con una capacidad anual de 100.000 unidades (Honda, 2021).

Junto con una inversión de 30 millones de dólares, el fabricante automotriz de origen chino BAIC Motor inauguró en el año de 2017 la primera fábrica de producción en Puente Nacional, Veracruz. Dentro del complejo se ensamblan los modelos sedán y hatchback: D20, SUV X25 (García, 2017).

Ciudad Sahagún, Hidalgo; Es la casa de la marca china JAC. Fundada en el año 2006, la planta de Giant Motors Latinoamérica cuenta con una superficie de más de 65 mil metros cuadrados en el área de ensamble, proceso de calidad y almacenaje de productos. Actualmente se encuentra produciendo 5 modelos de automóviles, sin embargo, se tiene preferencia a los vehículos SUV (GML, s/f).

Desde 1964, la planta de estampado y ensamblaje de Ford Motor Company, localizada en Cuautitlán, Estado de México produce actualmente el modelo Ford Mustang Mach-E (Ford, s/f).

El complejo GM Toluca, Estado de México. Fue inaugurado en 1965, con una extensión de 42.9 hectáreas esta planta cuenta con fundición de aluminio (monoblocks y cabezas) y motores. Los motores fabricados dentro de este complejo son los motores L4 SGE y V8 (GM, s/f).

En 1968 la planta de ensamble Stellantis Toluca, Estado de México, se encontraría iniciando operaciones. Con una superficie de 691780 metros cuadrados, anteriormente fue la casa productora de modelos como Dodge Dart Valiant, Chrysler Le Barón, Dodge Dart K, Phantom, Shadow entre otros, sin embargo, los modelos actualmente producidos son Dodge Journey, Fiat 500 y Jeep Compas (Stellantis, s/f).

En 1966, Nissan inició el inicio de su primer centro de manufactura en Civac, Morelos. Siendo el primer complejo de la marca japonesa en México. Con más de 4800 millones de dólares invertidos junto con las plantas anteriormente mencionadas, Nissan México ha estado en un constante crecimiento. En 2015, la planta CIVAC logró la cifra emblemática de 5 millones de unidades producidas dentro de la localidad (Nissan, 2016).

Durante el segundo semestre de 2016, Audi San José Chiapa, Puebla; Comenzaría con una nueva producción. Junto con una inversión de 1300 millones de dólares, la planta con un tamaño de 460 hectáreas es la encargada de la manufactura de la nueva generación del Audi Q5. Durante el 2017 la producción alcanzada fue de 150.000 unidades. Este conjunto constituye el centro de producción con mayor innovación de AUDI AG. La planta más importante es la nave de pintura pues mantiene una relación respetuosa con el medio ambiente, dentro de la nave de estampado caracterizada por ser una de las más modernas de América ha tenido una significativa disminución en las necesidades energéticas al uso de frenado de estampado, en el departamento de construcción de carrocerías se encuentra un sinnúmero de innovaciones, pues se trabaja con robots de última generación y por último pero no menos importante, la nave de montaje cuenta con el auxilio de tecnologías de información a la vanguardia como el Pick by voice y el Pick by light, creando un poka-yoke que ha tenido una disminución significativa en el margen de error, de la mano con la industria 4.0 se ha creado una producción de alto nivel en Audi San José Chiapa (Audi, s/f).

Puebla, Puebla es la casa de producción de la marca Volkswagen. Considerada la segunda ensambladora más importante de la marca alemana a nivel mundial, cuenta con diferentes desarrollos dentro de la planta como: estampado, construcción de carrocerías, montaje y pintura. Dentro de este complejo se ensamblan los modelos más importantes el Jetta, Golf, Golf SportWagen y la Tiguan Versión larga (Volkswagen, 2021).

CAPÍTULO III

El sector automotor y la industria 4.0. Panorama internacional y retos y desafíos para la industria en México

Este capítulo tiene por objetivo abordar los principales aspectos de la industria 4.0 dentro del sector automotriz; con la finalidad de poder inferir algunos de los principales retos y desafíos que tiene la industria automotriz en México, en el marco de la industria 4.0.

El capítulo se divide en tres grandes apartados. En el primero se detalla el uso de la tecnología empleada por las empresas y los cambios que han tenido en sus procesos, así como dentro de la industria a nivel internacional.

En el segundo apartado se analiza el uso de la tecnología en las plantas ensambladoras de las marcas más representativas, en otras palabras “los gigantes de la industria”, analizando las nuevas soluciones y propuestas por cada una de las marcas.

Finalmente, en el tercer apartado, se abordan algunos de los principales desafíos y retos de la industria automotriz en México en conjunto con la I4.0, objetivo general de esta tesis.

3.1 Diagnóstico general. La industria 4.0 dentro de la industria automotriz

La industria del automotor se ha caracterizado por ser sumamente enérgica y maleable por los fabricantes automotrices y los cambios que han suscitado durante la década. El nivel de competencia no es el mismo que el de su inicio. En la actualidad la competencia mundial ha requerido sistemas de innovación cada vez más a la vanguardia los cuales en su mayoría son asistidos con sistemas logísticos flexibles, teniendo una característica significativa en la óptima adaptación a los modelos demandados, logrando una diversidad importante en los clientes.

Las compañías automotrices han encontrado la manera de expandirse en las competencias en diversas áreas dentro de la industria del automotor desde la movilidad hasta los cambios dentro de la industria. La contienda que se vive actualmente se ha dado entre empresas que han creado desarrollos en torno a la I4.0, cambios en locaciones y en la producción adoptando diferentes ideologías (KUKA AG., 2019).

Los cambios generados dentro de la industria automotriz han incrementado las expectativas que se tienen dentro de la industria. Sin embargo, la posibilidad de adoptar una industria de cualquier sector totalmente automatizada causó dudas e incertidumbre por parte de las empresas. Si bien, actualmente la realidad es otra, la desidia por la cual pasaron empresas ante la adaptación de la industria 4.0 ahora es casi inexistente incluso, se han dedicado a la búsqueda y adaptación de nuevas y mejores innovaciones.

En los apartados siguientes se enlistan y detallan el uso de la tecnología más importante, relacionadas con la industria 4.0, empleada por las empresas automotrices y los cambios que ha representado dentro de sus procesos productivos.

3.1.1 Automatización automotriz

Soldadura, fabricación, ensamble, pintura, moldura y manipulación de cualquier material utilizado en el sector automotriz tendría beneficio al momento de emplear equipos y maquinaria parcial o totalmente autónoma. La automatización engloba la adición de la robótica en áreas específicas con el propósito de disminuir tiempos, aumento de productividad y salvaguardar a trabajadores de tareas peligrosas o muy demandantes. Encargados de manufacturar las diversas piezas de un vehículo y los OEM (Original Equipment Manufacturer) han optado por el uso de la robótica en actividades como soldar, ensamble, inspección y pruebas del producto final. Se ha probado que la automatización es maleable y está en constante cambio, aún existen cambios posibles ante la integración de esta, con el fin de mejorar los procesos de fabricación de automóviles (FANUC, s/f).

Es necesario agregar que, la automatización automotriz suena a un concepto totalmente nuevo e inexplorado, sin embargo, este pensamiento surge a principios de 1920, donde el concepto de contrapartes mecánicas se encontraba trabajando a la par con la mano de obra. Recordando la línea de producción por parte de Ford Motor Company, la automatización es un pensamiento que se ha utilizado desde los primeros años de la industria automotriz. Hoy por hoy, el uso de la automatización en el sector automotor ha tenido un papel importante en los cambios realizados en motores de combustión a los eléctricos, donde las herramientas han logrado satisfacer las crecientes demandas, la reducción de tiempo de ensamble cumpliendo cabalmente todos los criterios de

producción, posiblemente uno de los beneficios ante el uso de herramientas automatizadas es que tanto la tecnología y los automóviles se vuelvan más accesibles al público (Innovative Automation, 2020).

La industria de automatización automotriz ha sido una de las primeras y más rápidas en adoptar la nueva tecnología de robots dentro de la industria, así mismo su implementación ha sido constante a lo largo de los años. Los robots, se han empleado en varias áreas de manufactura de automóviles, gracias a estos cambios, se considera al sector automotriz altamente automatizado dentro de la cadena de suministro a nivel mundial.

3.1.2 Uso de la tecnología

La automatización de robots moderna representa uno de los avances robóticos.

Las empresas del automóvil y sus asociados enfocados en la automatización se encargan de proyectar e implementar los robots en áreas enfocadas en la alta velocidad, en la óptima productividad, en áreas de soldadura, inspección, operación de materiales y ensamble de cualquier tipo de fragmentos, partiendo debajo del capo hasta la cabina. Si bien, el uso de robots ha optimizado la producción de sistemas de combustible, electrónicos, luces, motores, espejos, carrocería, entre otros. La aplicación de robots dentro del sector automotriz es cada vez más eficiente, rápida e inteligente.

Una de las muchas características más representativas e innovadoras, es el grado de conectividad. El uso de la tecnología en la actualidad ha tenido gran cantidad de datos de producción recopilados por robots, quienes auxilian en la clasificación y análisis de optimizaciones continuas y al tiempo inactivo. La automoción ha vuelto a los robots cada vez más maleables y cambiables, volviéndolos reprogramables y aptos para volver a usar en tiempos relativamente cortos a la par en que la línea de producción cambia o cuando se añaden nuevos robots dentro de la operación, también les es posible manipular diversas cantidades de piezas a reprogramación aprovechando los sensores inteligentes (Automate, s/f).

Dentro de las aplicaciones se encuentran cinco tipos, los cuales son los más usados en la actualidad en las plantas automotrices.

La **soldadura robotizada**, cualquier tipo de automóvil necesita un elevado número de soldaduras, es por lo que los robots son capaces de llevar a cabo todas las soldaduras ya mencionadas, teniendo como resultado una disminución significativa en los tiempos de actividad. El **ensamble robótico**, es utilizado en la instalación de parabrisas y el montaje de neumáticos, lo que vuelve rentable a este montaje ante la aplicación de ensambles.

Figura I.2. Soldadura robotizada FANUC



Fuente: FANUC (2021)

Dentro de la **pintura robótica**, el método necesario ante esta actividad consiste en la aplicación de pintura al automóvil de manera uniforme en un área amplia, la exactitud es un factor sumamente importante para el óptimo desempeño de la aplicación de esta. La **eliminación robótica** de material consiste en cortar y recortar plásticos, pulir moldes, fundiciones por medio de presión, en esta área los robots han mostrado una ventaja logrando los parámetros de calidad dentro de la eliminación de material. Por último, pero no menos importante, el **mantenimiento y cuidado de máquinas robóticas**, para la carga y descarga, los robots del sector automotor cuentan con los altos niveles de tiempo acorde a la actividad, para así tener una mejor eficiencia, mejorando el rendimiento (Automate, s/f).

Figura I.3. Pintura Robótica BMW



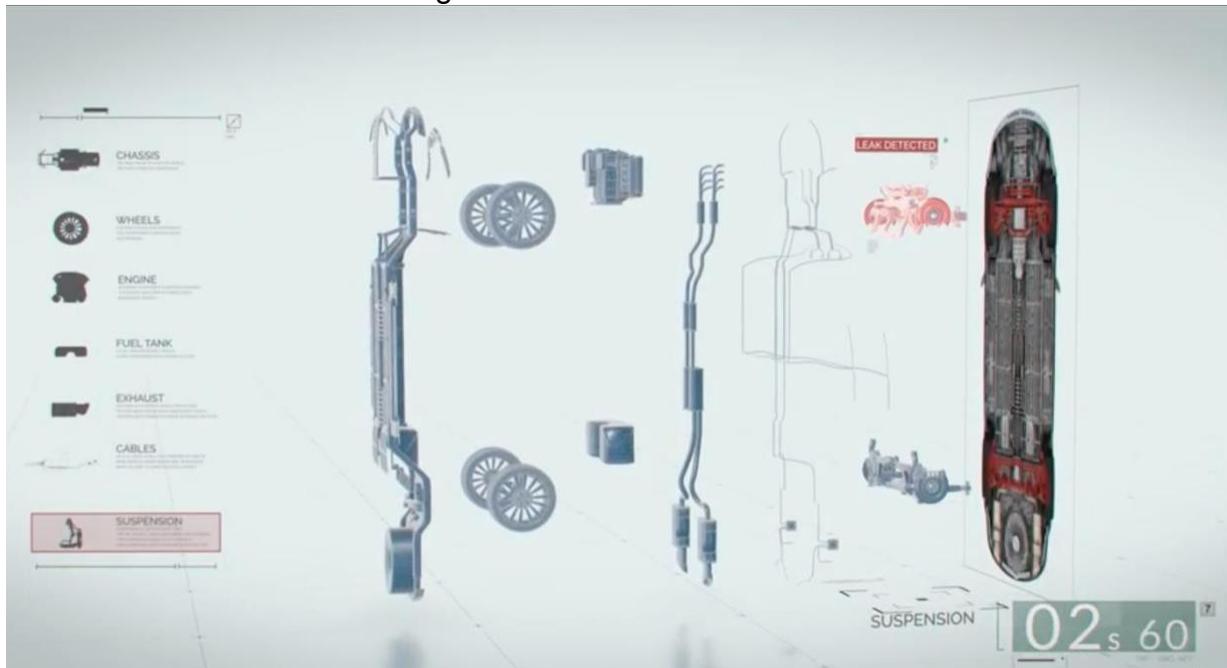
Fuente: BMW (2022)

Otro de los usos tecnológicos dentro de la industria automotriz es la **máquina de visión**. Actualmente, la industria del automóvil busca mayor seguridad al manufacturar un vehículo volviendo el producto más confiable. Dentro de la visión artificial (**Machine Vision**) ha otorgado grandes beneficios en la inspección automatizada de la máquina. La automatización ha sido una de las primeras industrias en implementar la MV, para llevar a cabo la inspección y análisis autónomo, esta actividad es lograda basando imágenes para así tener la inspección automática, guía de robots y el control de los procesos.

La MV funciona como guía, es decir es el ojo de los desarrollos de la producción automotriz, tomando como base los procesos de imágenes, donde se tienen del tipo convencionales, hiperspectrales, infrarrojas, 3D de cualquier superficie, escaneo de líneas e imágenes de rayos x. Este tipo de cámaras capturan la imagen de la superficie del componente dentro del automóvil que se desea inspeccionar ya sea la carrocería o alguna parte del motor, al momento de tener la imagen final, es estudiada y procesada por un software de análisis especializado. La MV ha creado en los fabricantes un ahorro

de capital sustancial, justificando los precios y teniendo una gran ventaja frente a los competidores (Plant automation, 2018).

Figura I.4. Machine Vision UVIS



Fuente: UVIS (2018)

Otro de los usos de la tecnología surge con los **robots colaborativos (Cobots)** comúnmente se le ha arraigado el nombre de cobot a los robots que colaboran con humanos y en parte es cierto, los cobots desempeñan su trabajo de manera independiente (no se necesita la intervención del ser humano en el lugar de trabajo) en cuanto el robot detecta la entrada del humano al campo de trabajo está en pausa en automático cualquiera de las operaciones que se encuentre desarrollando. Los cobots trabajan a la par con los técnicos dentro de la operación, desarrollando actividades designadas a la vez.

Figura I.5. Cobots KUKA



Fuente: KUKA (2020)

Acorde a ISO 12018 existen cuatro tipos de Cobots, estos se clasifican acorde a sus funcionalidades como: parada de supervisión debido a la seguridad, supervisión en la medición de velocidad, guía manual y la división de robots limitadores por fuerza y potencia (Plant automation, 2018).

La implementación de Cobots dentro del sector automotriz ha generado una ventaja importante dentro de todos los fabricantes de automóviles otorgando mayor capacidad de producción a tiempos realmente cortos al momento de manufacturar cualquier vehículo.

3.1.3 La inteligencia artificial en vehículos autónomos.

La inteligencia artificial se define como la simulación de inteligencia humana por medio de máquinas, específicamente por sistemas computacionales, es decir, cualquier sistema que reciba un entorno y sea capaz de llevar a cabo actividades que optimicen las posibilidades de éxito en un objetivo específico. Uno de los puntos más altos que ha logrado la inteligencia artificial son automóviles sin conductor, totalmente autónomos o que tengan niveles de inteligencia artificial.

Las marcas, que han apostado por la inteligencia artificial han empleado la creación y almacenaje de mapas internos de la locación por medio de radares, sonares y/o láseres, seguido de un análisis de todos los datos trazados en una ruta efectiva, mandando las instrucciones a los actuadores dentro del automóvil los cuales son los encargados del frenado, aceleración y dirección. Existen reglas de conducción codificadas, algoritmos para evitar cualquier tipo de accidente, modelado predictivo y la diferencia de objetos inteligentes, como bicicletas y motocicletas, las cuales auxilian el trayecto del automóvil siguiendo las reglas de tráfico y evitando los obstáculos (Plant automation, 2018).

Otro de los usos de la tecnología es la computación cognitiva (Cognitive Computing in IOT Connected cars) forman parte de las plataformas tecnológicas que auxilian a la inteligencia artificial y al desarrollo de las señales. Todas estas propuestas comprenden y usan el razonamiento, estudio automático, comprensión del lenguaje humano, interacción máquina-humano, diálogo, habla-objeto, entre otras. Los vehículos conectados, emplean internet para poder conectarse e informarse entre sí, para agilizar un tráfico fácil, seguro y sin ninguna interferencia (Plant automation, 2018).

El acoplamiento de las plataformas ya mencionadas podría tener cambios positivos, como la disminución de accidentes automovilísticos. El uso de estas tecnologías es un claro ejemplo del crecimiento dentro de la industria la cual ha tenido un apoyo sustancial en la industria 4.0. El crecimiento de la robótica y la IA han encontrado un avance importante junto con la industria automotriz.

El camino aún es largo para idealizar autos autónomos y procesos sistematizados en su totalidad, aumentando la competitividad entre todos los ensambladores a nivel global. El futuro de los cambios tecnológicos aún presenta estrictas responsabilidades y regulaciones a futuro, los cambios e innovaciones seguirán apareciendo a lo largo de los años, teniendo como meta una implementación junto con la optimización en la manufactura y en la vida diaria del ser humano.

3.2 Reto y desafíos de la industria automotriz en México en el contexto de la Industria 4.0

El panorama actual para la industria automotriz se ha mostrado cambiante frente a los retos que han afectado a la operación. Si bien, la fusión de la industria 4.0 y el sector automotriz tiene resultados favorecedores, generando un impulso significativo en la creación de empleos, optimización el JIT, disminución de mudas dentro del proceso, en general una optimización de la industria, sin olvidar el sin número de mejoras en la economía mundial.

La I4.0 ha llegado para quedarse, sin embargo, no ha tenido una implementación total en la industria, uno de los sectores que apostaron por la I4.0 fue el automotriz, quien vio la manera más apta de implementar en sus procesos con resultados altamente positivos.

La meta para la cuarta revolución industrial en conjunto con el sector automotriz es ir más allá de la optimización y autonomía de la transformación hacia un proceso productivo focalizado a la eficiencia dentro de la gestión logística.

El apogeo de las tecnologías digitales ha cobrado fuerza año tras año, no solo en el medio digital, sino que también en el físico conectado, añadiendo la inteligencia artificial, robótica, computación en la nube y gemelos artificiales.

La cadena de valor en el ensamble de automóviles y OEMS se tornan aún más eficientes con la producción, maleables respecto a las operaciones comerciales las cuales se vuelven un compromiso directamente con el cliente.

Basado en proyecciones a futuro se tenía estimado para los fabricantes de automóviles, sus plantas implementarían la industria automotriz en un 24%, volviéndose cada vez más autónomas e inteligentes, sin embargo, el 49% de los fabricantes del sector automotor han estado en una constante inversión de más de doscientos millones de dólares respecto a la fabricación inteligente, lo cual significa que con el paso de los días la industria del automotor ha optado por implementar cada vez más (Catherine, S, 2022).

Dentro de los beneficios de la implementación de la industria 4.0 en el sector automotor, se encuentran diversas adiciones. Los cambios más significativos estriban en la

disminución de riesgos y mejora continua en los costos, convirtiéndose en un beneficio para ambas industrias.

Centrado en el cliente: Los cambios que ha tenido la industria también han sido reflejados en el comportamiento y las demandas del cliente, propiciando a la implementación de tecnología dentro del sector automotriz teniendo como consecuencia un aumento en la venta de automóviles.

El surgimiento de la industria 4.0 ha cambiado el panorama a ecosistemas más conectados, facilitando las operaciones dentro y fuera de la planta, otorgando mayor conectividad y trazabilidad en las operaciones, permitiendo tener una interacción de OEM a cliente directo en tiempo real, esta acción ha sido totalmente significativa, el cliente monitorea la operación, teniendo resultados eficientes como una evaluación real de las preferencias del cliente respecto a la operación, la demanda actual del mercado, áreas de oportunidad en la experiencia del cliente, aminorando las mudas de producción y aumentando la innovación (Catherine, S, 2022).

Figura I.6. Portal connect Audi



Explora el mundo con Audi connect

Audi connect te conecta con tu vehículo, tu smartphone y el mundo para hacer que la vida resulte mejor. Descubre las posibilidades y ventajas que ofrece tu Audi con los servicios de Audi connect y el ecosistema digital de myAudi:



Accede a myAudi



Descarga la aplicación myAudi



Configuración



Paquetes de datos de Cubic

Fuente: Audi (2022)

Tal es el caso de la plataforma de Audi a nivel mundial, donde las herramientas virtuales que ofrece la marca auxilian al cliente, desde saber dónde se ha estacionado hasta un

recordatorio para el próximo servicio de la unidad, gracias a la aplicación Audi connect, la cual es una aplicación para el móvil.

Las marcas que como Audi han optado por un alcance digital dirigido al cliente han sabido utilizar de manera eficiente esta herramienta, otorgando mayores y mejores herramientas al cliente.

Ágil fabricación: Ante un mercado con un constante dinamismo, las diversas demandas de los clientes, la adición de la industria 4.0 con la del automotor han ideado nuevas técnicas y métodos en la fabricación de flexibles y efectivos los cuales cuentan con la data necesaria en tiempo real, el poder personalizar al gusto del cliente el producto, así como una constante búsqueda de mejoras y actualizaciones en la maquinaria tomando en cuenta la manufactura tradicional (Catherine, S, 2022).

Uno de los casos de éxito frente a la ágil fabricación ha sido empleado por Microsoft en conjunto con Mercedes-Benz, quienes han logrado utilizar mejores y óptimos procesos al momento de necesitar asistencia por parte del Remote Assit con esta nueva adición en sus procesos es posible de verificar que servicio necesita el automóvil de manera totalmente remota, logrando unir ingenieros de todo el mundo para así trabajar en conjunto en una eficiente solución, sin contratiempos y sin necesidad de estar todos en la misma sala.

Figura I.7. Remote Assit Mercedes-Benz



Fuente: Microsoft (2020)

Esta herramienta auxilia al operador apuntando donde puede estar localizada la posible falla, auxiliando de manera positiva al cliente y al vendedor.

Monitoreo automatizado: Los cambios que se han presentado en la industria ha cambiado totalmente la manera con la cual los fabricantes de automóviles han innovado el enfoque, volviéndolo proactivo en la gestión de la operación impulsada por el monitoreo automatizado, este monitoreo es logrado gracias a sistemas conectados y sensores, los cuales se auxilian con proyecciones para mitigar y prevenir los posibles problemas en el mantenimiento, muda de tiempo dentro de la producción y logística aislada (Catherine, S, 2022).

Un claro ejemplo del monitoreo automatizado se ha enfocado en la personalización de automóviles. Volvo es una de las empresas que han optado por una personalización remota, tal como se puede apreciar en su sitio web, donde puedes elegir desde un auto eléctrico, híbrido entre otros, el color, el tipo de interiores, así como diversos aditamentos que ofrece la marca sueca, otorgándole a su mercado meta la comodidad de un trato cómodo, fácil y seguro.

Figura I.8. Portar de personalización Volvo



Fuente: Volvo (s/f)

Redes flexibles: la industria 4.0 abre camino a diversas colaboraciones entre los centros encargados de la innovación del sector automotor, plantas ensambladoras, operaciones comerciales y cadena de suministro, apoyándose de datos en tiempo real y la inteligencia cognitiva. La relación entre más de dos ubicaciones en la planta, así como en cualquier piso dentro de la nave permite una gestión de operaciones satisfactoria y funcional (Catherine, S, 2022).

Potencializar la personalización: hoy en día los clientes optan por vehículos aptos a personalizaciones, los cuales no pueden ubicarse con el proceso de manufactura automotriz tradicional. La adición de la I4.0 al sector del automotor, ha logrado personalizar los procesos de fabricantes de una manera totalmente rápida en cuanto a los autos personalizados, logrando una comercialización en menor tiempo con vehículos fabricados en masa (Catherine, S, 2022).

Ventajas operativas: Indudablemente, la I4.0 aplicada al sector automotriz ha traído sustanciales avances, los cuales han optimizado operaciones, el uso de recursos y sistemas. Dentro de las ventajas se encuentran la reducción de costos operativos, inteligencia comercial, disminución de errores humanos, marketing eficiente con mayor alcance y responsabilidad social, atención efectiva con el cliente y un nivel bajo en factores de riesgo, tomando en cuenta los datos en tiempo real (Catherine, S, 2022).

Una clara ventaja operativa empleada por la compañía Audi, fue el 24 de diciembre de 2016, en esta campaña llamada lanzada en la plataforma de YouTube tiene por nombre “*Let’s change the game*” el mensaje del gigante alemán es “*Playing, just like driving, shouldn’t be a matter of gender*” la aceptación de esta campaña fue masiva, colocándola como una de las mejores en el año.

Sus resultados de igual manera fueron fructíferos, logrando alcanzar hasta el 2022 un total de 18 millones de vistas, teniendo como resultado un incremento de ventas de vehículos en todo el mundo y un alcance tan sorprendente en el público de todas las edades.

Figura I.9. Let's change the game, Audi



Fuente: Audi (2016)

Marcas como Audi, han sabido utilizar la inteligencia comercial dándoles un resultado positivo en ventas y la aceptación dentro del público.

3.2.1 Desafíos que enfrenta la industria automotriz

Al implementar ambas industrias, existen diferentes panoramas.

La fusión de estas industrias no solo estriba en un aprovechamiento de los potenciales de ambas partes, sino que también enfrentan cambios, tanto la industria como tal y los involucrados dentro de las mismas.

Uno de los mayores desafíos es la búsqueda o capacitación de los colaboradores, los cuales tengan no solo conocimientos bastos en ambas industrias, sino que también sean capaces de planificar, optimizar, medir y ejecutar de manera satisfactoria las tecnologías, apoyándose de los sistemas digitales.

El segundo desafío estriba en el enfoque adecuado, la implementación de la I4.0 es posible siempre y cuando la organización en cuestión se encuentre totalmente alineada e informada sobre la nueva estrategia digital, de manera individual y grupal, auxiliando a un mejor enfoque (Catherine, S, 2022).

Otro de los enfoques que se han tenido en esta transición es la transformación digital, la cual ha sido implementada por los fabricantes del sector automotor con el fin de resolver minúsculos problemas, cuando son resueltos de manera correcta crea un precedente a las partes interesadas, experiencia técnica y ejecutivos con el fin de profundizar en la implementación de la I4.0 en la Industria automotriz, focalizando propuestas de valor centrales a la empresa (Catherine, S, 2022).

Para el sector automotor la adición de la cadena de suministro asimila ser una transformación a la I4.0. Los fabricantes de automóviles han confiado en contratistas o socios externos para la logística y suministros, lo cual lo vuelve un desafío la fusión de integrar ambas partes a un solo ecosistema (Catherine, S, 2022).

Existen diferentes etapas de madurez digital, el siguiente diagrama se muestran las etapas de maduración de la industria 4.0, donde las etapas son:

- 1 No industria 4.0: Es la etapa embrionaria, es decir no se cuenta con industria 4.0, la automatización de fábricas las cuales se encuentran usando robots viejos.
- 2 Soluciones avanzadas, pero aisladas y coexistentes con el legado de la tecnología.

Robots colaborativos manejo automatizado de materiales, automatización de un vehículo guiado.

Recopilación de datos mediante sistemas ciber físicos, armonización del legado de sistemas TI.

- 3 Conexión de componentes de valor agregado: Visualización del estado de producción tomando en cuenta el análisis de datos en tiempo real, automatizando los procesos robóticos.

- 4 Control de producción mediante sistemas ciber físicos

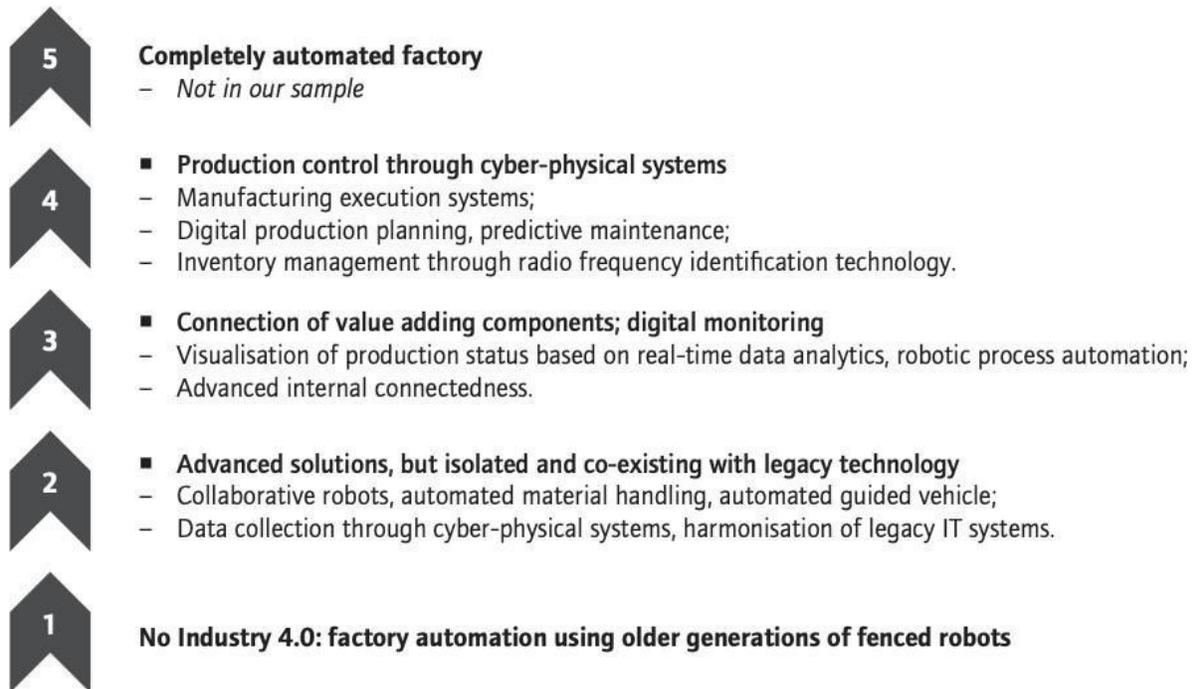
Sistemas de ejecución de la fabricación.

Mantenimiento predictivo, planificación de la producción digital.

Gestión de inventarios usando tecnología de identificación usando radiofrecuencias.

- 5 Planta completamente automatizada.

Diagrama I.2. Madurez de la industria 4.0 en el sector industrial.



Fuente: Andrea Szalavetz (Chapter 3)

El impacto que ha generado la industria 4.0 en el sector automotriz ha sido uno de los más prometedores de acuerdo con la automatización y optimización en la producción. La industria 4.0 está enfocada a crear un cambio innovador en la industria del automóvil, con el potencial de un cambio en la gestión de la fabricación inteligente.

3.2.2 Empresas automotrices

Dentro de los avances generados en la fusión de la industria automotriz y la I4.0, empresas automotrices han creado nuevas y mejores soluciones aplicadas a sus procesos, desde la fabricación de vehículos hasta sus elementos (carrocería, neumáticos y combustibles).

Dentro de este apartado se detalla la aplicación de la industria 4.0 en el sector automotriz, partiendo de la automatización de sus procesos hasta la autonomía del producto final, todo esto desde el panorama internacional.

3.2.2.1. Marcas automotrices y su desempeño en la adición de la Industria 4.0

a) Volvo

El futuro está pasando ahora y se llama automatización.

Las innovaciones en el transporte remodelarán las ciudades del mañana. La conducción automatizada, la movilidad eléctrica y vehículos conectados permitirán que las megaciudades más silenciosas, limpias y seguras crezcan y prosperen. Estamos asistiendo al inicio de un cambio de paradigma en el transporte y la movilidad la cual revolucionará la forma en que se organizan nuestras sociedades (Volvo, s/f).

Volvo Group se ha dedicado a lo largo de los años a la investigación del funcionamiento de vehículos autónomos, así como los sistemas de transporte futuros. La compañía ha destinado diferentes tipos de vehículos los cuales ha asignado a diversas áreas dentro de su operación (minas y puertos). En la actualidad cuentan con Vera, este es un sistema para vehículos eléctricos autónomos los cuales se coordinan para optimizar el transporte específicamente de mercancías de manera eficaz y segura (Volvo, 2018).

Las actividades de automatización dentro del grupo Volvo inician desde 2016 cuando se presentó el Volvo FMX, un camión autónomo en la mina Kristineberg al norte de Suecia (Volvo, 2018).

El modelo Volvo FMX, es el primer automóvil en ser probado en operaciones subterráneas en el mundo, este camión autónomo es parte de un proyecto que tiene por

objetivo la mejora continua del flujo de transporte y seguridad del trabajador dentro de una mina, cubriendo una distancia de aproximadamente 7 kilómetros, logrando adquirir 1.320 metros bajo tierra en los túneles de mina. Volvo FMX es el primer camión en el mundo en ser maniobrado por sí solo ante las dificultades, empleando sensores láser para poder ver en general la ruta en la que se encuentra.

En el 2017, aún era un camión prueba. Sin embargo, Volvo demostró los avances que se habían logrado con el camión autónomo, esto sucedió con el apoyo de la compañía recicladora Renova. Este avance es un cambio significativo en la industria de la minería y en la sociedad en general, orillando a las operaciones a una mayor productividad. Sin embargo, en la actualidad se utiliza en las operaciones que impliquen un riesgo al operador, este cambio ha creado beneficios para Volvo Group, teniendo operaciones eficientes y seguras (Volvo, 2018).

Durante el año de 2018 Volvo Trucks firmó un convenio trascendental con Brønnøy Kalk AS en Noruega en donde se ofrecía la primera solución autónoma encargada de trasladar piedra caliza proveniente de una mina al puerto más cercano (Volvo, 2018).

Los avances dentro de la automatización e innovación han tenido un crecimiento más extenso, un ejemplo es la operación que mantiene Volvo Trucks en Brasil, quienes se encuentran en plena investigación ante un vehículo autónomo y los beneficios a la cosecha de caña de azúcar (Volvo, 2018).

Dentro de Volvo Group su innovación no ha tenido parado Durante noviembre de 2017, se mostró el Hub-2-Hub, con un concepto de camión autónomo capaz de viajar de un centro a otro, volviéndose uno de los más eficientes e integrados sistemas, con la ayuda de sistemas conectados, la infraestructura y los vehículos inteligentes. La búsqueda de mejoras continuas y desarrollos óptimos han tenido como meta, ser más seguros para los trabajadores, crear un aumento de productividad y reducir el impacto al medio ambiente. Al encontrarse conectados a la nube, se podrán enlazar personas, vehículos y agentes logísticos, sin importar la locación de cualquiera de los ya mencionados (Volvo, 2017).

El modelo HX2 de la marca Volvo es un portador de carga autónomo totalmente eléctrico, el cual ha estado en desarrollo dentro de *Volvo construction equipment*, considerado un

nuevo concepto de mecanismo de segunda generación, siendo parte de un ambicioso proyecto de investigación.

El HX2 cuenta con una transmisión completamente nueva, lo que le permite aprovechar al máximo los desarrollos revolucionarios de electro movilidad que están produciendo dentro de Volvo Group. Otra característica nueva es la incorporación de un sistema de visión, que permite que la máquina pueda detectar personas y obstáculos en sus proximidades. El HX2 puede seguir una ruta GPS preprogramada y ajustable. Utiliza una batería de iones de litio para alimentar dos motores eléctricos que impulsan la máquina. La hidráulica es impulsada por un motor eléctrico adicional (Volvo, 2018:2).

Los autobuses autónomos eléctricos de 12 metros de Volvo se han empezado a producir de manera comercial en distintas ciudades, una de las primeras y más emblemáticas ciudades fue Singapur donde el sistema de transporte público ha estado en desarrollo constante con Volvo Buses teniendo ciudades de autobuses eléctricos. Los cambios notorios dentro de esta implementación han sido la posibilidad de ir entre servicios en depósitos logrando así aumento sustancial en la eficiencia. Cada unidad cuenta con sensores los cuales monitorean el camino constantemente, para así aumentar la seguridad de la unidad y los pasajeros, una de las ventajas respecto a la movilidad de la unidad es la exactitud de la posición, facilitando el ascenso y descenso de cada autobús. El software con el cual cuenta esta unidad crea una aceleración y frenado óptimos para un confortable viaje (Volvo, 2018).

Por último, pero no menos importante se encuentra Vera, el cual es un sistema para vehículos eléctricos autónomos los cuales están coordinados para asegurar la eficiencia, seguridad y el óptimo transporte (Volvo, 2018).

Las industrias se han visto contagiadas por la constante innovación dentro de sus productos desde la elaboración hasta el consumo de estos. La innovación ha estado en un constante crecimiento y optimización. A medida que el tiempo siga corriendo, todo tipo de industria y sectores tendrán influencia de la innovación a futuro.

b) BMW Group.

“En BMW Group, el futuro ya ha comenzado” (BMW Group, s/f)

La llegada de la industria 4.0, creó una variedad impresionante de oportunidades en el sistema de producción del grupo BMW. Fijando como objetivo cumplir todos y cada uno de los deseos individuales de los clientes, aumentando la flexibilidad y el proceso de calidad de cada producción.

La actualización ha tenido una rentabilidad importante a largo plazo y es por ello por lo que BMW ha estado trabajando a la par de la digitalización en sus sistemas de producción como el análisis de datos inteligentes, sistemas de mejoras respecto a la automatización y asistencia, logística inteligente, así como la fabricación aditiva.

Las tecnologías novedosas y la digitalización han creado cambios dentro de la cadena de producción del Grupo BMW, empezando con el taller de prensado, taller de carrocería, pintura, embalaje, logística y más. Es decir, cada etapa dentro de la producción de automóviles ha tenido un beneficio sustancial gracias a los procesos digitales (BMW, s/f).

El estudio de los datos inteligentes introduce aplicaciones que tienen por fin capturar y analizar datos para así poder tener una mejora sustancial dentro de los procesos. Los cambios dentro de las fábricas, gracias a la industria 4.0 van desde una impresión 3D de cualquier tipo de imagen de una planta de producción, esto tiene una gran precisión milimétrica, por consiguiente, los datos 3D también pueden ser empleados al momento de crear cualquier tipo de modificación y dentro de los cálculos de la fábrica (BMW, s/f).

La llegada de la industria 4.0 ha logrado aminorar la carga de tareas monótonas de los empleados dentro de la operación de BMW. En pocas palabras los empleados quienes se encuentran dentro de la producción estándar han tenido un gran soporte y sosiego con la llegada de la I4.0 y la IA. La rápida, eficiente y confiable tecnología ha cumplido con las arduas especificaciones que se le han solicitado, una de estas especificaciones es el evitar la verificación de inscripciones del modelo con los datos del pedido todo esto mientras se realiza la inspección final. Es la creación de un poka yoke el cual tiene como meta emitir una alerta al operador cuando la inscripción es incorrecta, otorgando un valor agregado al sistema de producción de BMW (BMW, s/f).

Otra de las adiciones que han ayudado a la optimización de las operaciones dentro de BMW Group ha sido el Innovative nutsetter, el cual se apoya en algoritmos los cuales tienen como meta analizar y deliberar las miles de conexiones atornilladas en el ensamble de automóviles, otorgando información importante para lograr una óptima identificación más confiable, eliminando de manera casi inmediata los errores incluso antes de tener lugar, indicando con luz verde que la operación está trabajando de la mejor manera (BMW, s/f).

La realidad virtual en el desarrollo de procesos.

La realidad virtual se ha utilizado en la simulación en una distribución 3D interactivo en tiempo real, con la llegada de estas nuevas aplicaciones, la tecnología ha otorgado tanto a los clientes como a las empresas valor añadido en todas sus operaciones. El equipo internacional del laboratorio de realidad virtual de BMW Group instauró espacios y escenarios virtuales, teniendo como fin la optimización de procesos y la seguridad misma. El grupo de BMW se encuentra extendiendo su alcance dentro de los sistemas innovadores dentro del área de logística inteligente, en general las tecnologías de los datos inteligentes facilitan la información en tiempo real sobre el panorama de las cadenas de suministro, logrando asegurar la entrega de suministros a las plantas, las cuales se ajustan de manera activa y maleable en respuesta a los requisitos cambiantes (BMW, s/f).

El tren tigger autónomo (tigger train): los tiggers se emplean primordialmente en la logística de montaje, tomando apoyo dentro de las señales láser para navegar de manera autosuficiente mediante las naves de producción (BMW, s/f).

El robot de transporte inteligente: este tipo de transporte logra trasladar los componentes más pesados (0,5 TON) de manera deliberada de punto A a B, en cuanto a los transmisores inalámbricos se encuentren en la ubicación determinada, evalúan la mejor ruta para el destino, todo esto de manera autónoma. El robot de transporte es alimentado por medio de baterías BMW i3 recicladas, con una duración de ocho horas continuas (BMW, s/f).

Distribución Conectada: el vehículo manda y obtiene información relevante en cada ruta, desde el plan hasta al cliente final, al momento en el cual el vehículo se detiene

manda su geolocalización del momento actual hasta al centro logístico por medio de una conexión de teléfono móvil (BMW, s/f).

Dentro de la automatización renovadora utiliza diversos remedios inteligentes los cuales alivian a los empleados, la flexibilidad y susceptibilidades humanas junto con la fortaleza de los robots. Así mismo, los robots ligeros trabajan a la par con los empleados, sin utilizar algún tipo de barrera protectora (BMW, s/f).

Robots ligeros colaborativos: Este tipo de robots trabajan mano a mano con los empleados, encargándose de tareas extenuantes y sumamente precisas, la velocidad debe de ser controlada con la excepción de paros solamente si presenta algún tipo de peligro (BMW, s/f).

Exoesqueleto: Considerado el segundo esqueleto del automóvil, auxilia al soporte de la estructura externa del cuerpo del empleado, ayudando al fortalecimiento de piernas, brazos y espalda (BMW, s/f).

Trabajo con un robot industrial: hoy por hoy, el trabajo de los humanos se ha desarrollado y ha crecido de la mano de robots industriales, habituales a gran escala. Sin embargo, uno de los puntos a destacar dentro de esta dualidad, es la seguridad que brinda, es decir, si una persona hace actos inseguros a un robot, esté activa la tecnología de seguridad lo cual pausa de manera total el brazo del robot (BMW, s/f).

Por otra parte, el grupo BMW ha implementado la fabricación aditiva en la elaboración de ejemplares desde 1990. El desarrollo de este tipo de tecnologías ha sido continuo, un claro ejemplo es la impresión 3D. Los constantes cambios en los procedimientos de fabricación aditiva lograrán reducir de manera significativa los tiempos de producción dentro de la operación. La elaboración que excluye las herramientas tiene ventajas respecto a una producción mayormente flexible y económica. Durante el año de 2010, BMW utilizó tecnologías en la producción estándar (BMW, s/f).

Campus de fabricación de aditivos: como se mencionó anteriormente, BMW sigue en un constante crecimiento de liderazgo en la implementación de tecnología de fabricación aditiva. Así mismo, es el encargado de la producción de prototipos y piezas modelo. El modelo de campus de desarrollo aditivo localizado en Múnich lleva a cabo

investigaciones, las cuales estriban en la impresión 3D y estructura la formación de los trabajadores dentro de la misma área (BMW, s/f).

Vanguardia tecnológica: el grupo BMW, tiene acceso a las más nuevas tecnologías, mediante la asistencia de larga data con destacados fabricantes de automóviles. BMW Group y BMW i Ventures invirtieron en la empresa Carbón, localizada en Silicon Valley en el año 2016, aunado a lo anterior, las nuevas inversiones dentro de las empresas Desktop Metal, Xometry y la start-up de origen alemán ELISE (BMW, s/f).

Como se ha mencionado anteriormente, Volvo Group se encuentra en la constante búsqueda de la innovación aplicada a sus procesos y en la manufactura de sus automóviles, cada día apostando a una planta de ensamble totalmente autónoma.

c) Ford Motor Company

En la actualidad, el gigante Ford Motor no se ha detenido en la implementación de innovación en sus procesos.

Un claro ejemplo estriba en la conducción autónoma y el futuro para las entregas.

Desde hace algunos años ya, las entregas a domicilio tenían una presencia importante dentro de la industria, a raíz de la nueva normalidad que ha traído consigo la pandemia derivada del Coronavirus, este servicio se ha vuelto fundamental para la población.

Ford Motor Company ha creado una alianza con Hermes, quien funge como servicio de entrega de paquetería de Reino Unido, quienes se han mantenido en constante búsqueda de acuerdo con la investigación para así poder mejorar las entregas todas ellas maniobradas empleando la conducción autónoma. Tomando en cuenta la capacidad con la que cuentan los vehículos de Ford, podrán ser usados para poder desempeñar las adecuaciones y exploraciones las cuales tendrán contacto directo con otros usuarios en la calle, con una Van comercial autónoma (Ford, s/f).

Ford Transit, cuenta con sensores que brindan presencia de un vehículo aún más real, cuenta con un asiento específico para el control de la unidad, lo cual permite al operador con más experiencia disimular su presencia mientras al público se otorga una impresión de que no hay nadie operando la unidad. Ford se ha consolidado por seis años como el líder del mercado europeo en el área de vehículos comerciales, así mismo, del uso de

experiencia de los conocimientos a las empresas de delivery, Ford pretende reconocer diversas oportunidades y prototipos para las operaciones dentro de los vehículos autónomos, especialmente en la extensión de los procesos e interacciones humanas las cuales han trabajado de manera continua con las unidades ya mencionadas (Ford, s/f).

La entrega del producto se apoya por una aplicación para teléfonos inteligentes, los cuales otorgan facilidades para llamar al vehículo y desbloquear a distancia la puerta de la unidad siempre y cuando se encuentre estacionada de forma segura. Dentro del vehículo existen comandos de voz situados en las pantallas digitales lo cuales conducen de forma efectiva al mensajero hacia el lugar donde se debe redirigir la carga. Este proyecto de investigación tiene una duración de 2 semanas en conjunto con Hermes toma en cuenta la notoriedad dentro de las pruebas de “entrega de última milla” por parte de Ford Londres (Ford, s/f).

Ford en conjunto con SK Innovation apuestan por un futuro eléctrico con el progreso de baterías de mayor capacidad. Mediante un acuerdo ambas compañías firmaron un documento de entendimiento para así instaurar e implementar la creación de BlueOvalSK, donde la meta es la producción de cerca de 240 GWh, todo esto mediante las celdas de baterías de tracción, así como los módulos de matriz. Por otra parte, SK Innovation es una unión dentro del sector energético global con sede en Seúl, Corea del Sur, considerado precursor en el desarrollo de baterías para unidades eléctricas de tamaño mediano a grande, empezando en el año de 1991 y con la expansión de operaciones de baterías a nivel mundial durante el año de 2010 (Ford, s/f).

Ford Motor Company no se ha quedado fuera y sigue apuntando al futuro de la electro movilidad, con un desarrollo óptimo de tecnología a futuro, la marca americana ha tenido lanzamientos como Ford Mustang Mach-E, Ford F-150 Lightning y Ford E-Transit, considerados precursores dentro de sus categorías, logrando resaltar los avances y esfuerzos empleados en cada uno de ellos (Ford, s/f).

Una de las mayores inversiones por parte de Ford Motor Company en el área de investigación es el centro Ion Park. Este centro global de excelencia en baterías Ford, se encuentra en plena inauguración de un espacio de aprendizaje conjunto en el sureste de

Michigan donde se focaliza el desarrollo, prueba y construcción de celdas para unidades eléctricas (Ford, s/f).

Si bien, el camino aún es largo para Ford en conjunto con la I4.0, más sin embargo no imposible, pues el alcance que ha tenido con las innovaciones ya mencionadas ha mantenido un buen y próspero desarrollo.

d) Volkswagen

La firma alemana ha logrado implementar la industria 4.0 de manera eficiente, teniendo diversos avances a lo largo de los años los cuales le han servido de parteaguas para continuar con la constante innovación a la par de las revoluciones industriales a lo largo de la década.

Por otra parte, las marcas Volkswagen Passenger Cars y Volkswagen Commercial Vehicles se encuentran desarrollando la transformación como tal de la era de movimiento eléctrico y la transformación de plantas hacia la movilidad eléctrica. La firma Volkswagen ha solicitado cerca de 1,400 robots al productor japonés FANUC las cuales serán dirigidas a la planta de producción en Chattanooga (EE. UU.) así como en Emden. Volkswagen Commercial Vehicles pretende tener cerca de unos 800 robots para su planta en Hannover a ABB de Suiza (Volkswagen, 2020).

Los robots solicitados por parte de la marca alemana serán destinados a la producción de carrocerías y el montaje de baterías. Hoy en día, las plantas ya mencionadas se encuentran en planes para el desarrollo de automóviles eléctricos con instalaciones avanzadas (Volkswagen, 2020).

Dentro de la planta ubicada en Chattanooga, se encuentra en pleno desarrollo de dos de las más importantes y avanzadas operaciones de producción dirigidos a la transformación de movimiento eléctrico enfocado al sector automotriz, el uso de tecnologías, la digitalización y la automatización han logrado ayudar al propósito creado por la marca aún con la situación que se ha desarrollado en los últimos años.

Como tal, los planes de inversión de Volkswagen van de treinta a tres billones de euros para el 2024, teniendo como meta el posicionarse como el líder en e-movility del mundo,

también se ha invertido una cantidad importante a las otras tres plantas ya mencionadas, para así tener un desarrollo óptimo.

El objetivo de Volkswagen estriba en convertirse en un proveedor sostenible, teniendo como meta fungir como modelo de las áreas de medioambiente, seguridad e integridad. El convertirse en una red de investigación constante y eficiente ha logrado contactar con expertos sobre el tema, facilitando la cooperación justificada en asociaciones, creando un ambiente laboral innovador, así como una agrupación, aumento de correlación y eficiencia de manera grupal (Volkswagen, s/f).

“Con una amplia gama de habilidades y nuestra red internacional asociada, Group Innovation se dedica a puntos focales como la descarbonización, la seguridad, la conservación de recursos y los futuros modelos de movilidad para obtener los máximos beneficios para el cliente” (Dr. Nikolái Ardey, responsable del grupo de Innovación).

A diferencia de las marcas mencionadas anteriormente, Volkswagen no solo apuesta por la implementación de la industria 4.0 en sus procesos, sino que también se enfoca en alternativas adecuadas con el medio ambiente.

Gracias a esta nueva ideología, Volkswagen Group logró formar el principio de un ecosistema apoyado en la innovación global dirigido a innovaciones sostenibles y focalizadas al cliente. respaldándose de la colaboración de fronteras nacionales y conexiones localizadas en las ubicaciones facilita las nuevas formas de progreso en el área Deep Tech.

Dentro de los centros de invención localizados en regiones de Europa, Asia, así como California componen la inteligencia y las prácticas locales, presentando a los diversos socios y desarrolladores ante una perfecta infraestructura para alcanzar resultados internacionales, partiendo de retos y requisitos de cada una de las regiones (Volkswagen, s/f).

Sin embargo, todos los cambios guiados hacia el futuro sólo pueden ser generados por una afable red, ofrecen una rentabilidad a largo plazo incluyendo a todos los seres vivos implicados en el ecosistema. Los procedimientos de movimiento regional han fungido como base para el progreso de resoluciones óptimas, cabe mencionar que, la ceñida

colaboración e imaginación de manera colectiva ha logrado que el grupo Volkswagen piense más a fondo el tema de la movilidad en diversas facetas, alcanzando un nivel de utilidad al máximo, dirigido a las áreas futuras comerciales y las generaciones de innovación en movilidad venideras (Volkswagen, s/f).

Durante 2018, Volkswagen comenzó la transformación de su planta de Zwickau a una renovada construcción de alta tecnología.

Digitalizada, eficaz, con la más nueva tecnología, estas son algunas de todas las cualidades de la planta de Zwickau la cual está destinada para ser una planta exclusivamente de eléctricos, convirtiéndose en uno de los centros dentro del grupo Volkswagen E-Offensive. Con una inversión de 1,200 millones de euros, esta planta será capaz de producir hasta 330, 000 automóviles eléctricos al año a partir del año 2022, dentro de los modelos producidos se encuentran seis de los ya mencionados para las marcas Volkswagen, Audi y SEAT (Volkswagen, 2019).

Dentro de E-Offensive del grupo Volkswagen, se tiene como meta potencializar la movilidad eléctrica de la manera más eficiente, creando un nivel de compromiso aún mayor que otros fabricantes de automóviles. Si bien, a lo largo de los años las tendencias han estado en un cambio constante y Volkswagen está consciente de ello, es por lo que ha creado una planeación tomando los cambios ya mencionados para así llegar a la venta meta de aproximadamente 3 millones de automóviles eléctricos para el año 2025. Se ha pronosticado una producción de 70 modelos electrificados por la marca alemana incorporando de igual manera 50 modelos totalmente eléctricos. La apuesta de la compañía por una movilidad del futuro es de más de treinta mil millones de euros los cuales se invertirán a finales del 2022 (Volkswagen, 2019).

El gigante alemán se encuentra trabajando con el requerimiento de una infraestructura ultramoderna, con la transformación de la planta de automóviles con mayor extensión y eficiencia en Europa, cuenta con una matriz de impulso eléctrico modular (MEB) la cual consiste en una plataforma base destinada a vehículos eléctricos, Volkswagen se encuentra adecuando las instalaciones de producción de Zwickau, adaptándola con las últimas tecnologías, así mismo, una de las metas por parte del grupo estriba en volver su trabajo eficiente, productivo y moldeable. En otras palabras, distribuir resultados

automatizados y autónomos dirigidos a los procesos de trabajo personal abarcando todas las disciplinas y apertura a colaboraciones humano-robot o bien HRC (Volkswagen, 2019).

Volkswagen cuenta con una zona de montaje mayoritariamente automatizada, siendo esto visible en el área de montaje, esperando que en dos años pueda duplicarse el grado de automatización teniendo aumento en la cantidad de robots empleados.

El surgimiento de la I 4.0 está tornándose una regla aplicable para la mayor parte de las empresas de cualquier giro volviendo los procesos más rápidos y facilitando el trabajo del trabajador gracias a la Human- Robot Collaboration, sin olvidar que ninguna máquina reemplaza al trabajador, pero es una parte complementaria del trabajo. El camino que Volkswagen ha emprendido de la mano de la industria 4.0 ha creado cambios positivos dentro y fuera de la industria, sin embargo, su avance ha sido constante logrando optimizar procesos. Cambiando a una de las empresas líderes en cuanto a la relación industria del automóvil e I4.0

f) Toyota

La logística e industria 4.0 dentro de Japón ha elevado la optimización de Toyota más allá de lo esperado.

El enfoque con el cual han optado diversas marcas dentro del sector automotriz estriba en el reemplazo de la mano de obra por robots, sin embargo, Toyota tiene otros planes. La corporación afirma que la participación del ser humano dentro de los procesos sigue siendo importante y el uso de robots está destinado a la facilitación del trabajo.

El gigante japonés asegura que dentro de los cambios de la I4.0 y la automatización puede volverse una relación más humana, uno de los ejemplos es la planta Toyota Motor Manufacturing Kentucky y Georgetown, la cual es la planta con mayor alcance territorial de la marca en el mundo. Dentro de las naves de producción del área tiene un alcance aproximado de 750 mil metros cuadrados donde cada año la producción es de medio millón de automóviles destinados principalmente al mercado estadounidense. En el 2018 se completó la modernización de la fábrica con un costo estimado de más de mil trescientos millones de dólares.

Dentro de los avances en las innovaciones de Toyota se encuentra Woven Capital, quien durante el 2021 decidió invertir en el nuevo fondo de capital riesgo de UP Partners dedicado a Impulsar el futuro de la movilidad a través de la tecnología emergente.

Woven Capital es un fondo de inversión de alcance global de \$800 millones que secunda a empresas en estado de crecimiento enfocado en la tecnología e innovación en movilidad, fundada en el 2021 como empresa corporativa. Woven capital invierte principalmente en tecnologías de movilidad, automatización, inteligencia artificial, datos, análisis, conectividad y ciudades inteligentes a nivel mundial.

“Transformar la movilidad a través de la tecnología es fundamental para la misión de Woven Planet y la estrategia de inversión de UP Partners está completamente sincronizada” dijo Betty Bryant, directora de Woven Capital. "Woven Capital se complace en invertir en el fondo de UP. Partners, ya que alientan a los emprendedores que se centran en soluciones de amplio alcance que permiten que las personas, los bienes y la información se muevan más fluida, rentable y sostenible que nunca, en beneficio de la humanidad y la salud del planeta para todos” (Corporation, T. M. 2019:1).

La inversión de Woven Capital es un importante respaldo a nuestro compromiso inquebrantable hacia el futuro de la movilidad", dijo Ben Marcus, cofundador y socio gerente de UP Partners. "Nosotros vemos la inteligencia artificial, sensores avanzados, computación de borde, celdas de combustible, baterías, aditivo fabricación y otras tecnologías emergentes que sirven como base de una nueva era de transporte, uno que sea más limpio, más rápido, de menor costo y más accesible para todos. UP Partners ya ha realizado diez inversiones en empresas entre las que destaca la autonomía de vuelo empresa Skydio, líder en control de calidad de fabricación UnitX y aviones verticales eléctricos desarrollador Beta Technologies (Corporation, T. M. 2019:1).

Toyota se ha distinguido por mantener una fabricación de automóviles focalizado en el mundo real, sin embargo, para cualquier tecnología nueva donde su postura primordialmente es intentar lograrla por sí misma dentro de la búsqueda de analizar los principios básicos de la misma forma aplica para el software y las tecnologías conectadas. Si bien, Toyota espera optimizar aún más el coste de los automóviles al fusionarlos con el poder del software.

Hoy en día, la fabricación de automóviles está entrando en una era en la que es necesario centrarse en varios aspectos como la conducción automatizada, la electrificación y la conectividad. El software se ha convertido en un factor importante para determinar el atractivo del producto, varios jugadores que se especializan en software están ingresando a la industria automotriz (Keiji Yamamoto, CPIO de Toyota Motor Corporation, 2021).

El desarrollo de configurar la industria central de soporte a la economía que representa hoy la industria automotriz ha estado en constante cambio, desde problemas sociales y diversas crisis como: la crisis del petróleo, regulaciones de gases de escape, incremento en accidentes de tránsito, así como el aventajamiento de las sociedades. La evolución ha colaborado en la resolución de problemas sociales.

Los automóviles también están ahora equipados con dispositivos de comunicación lo que avanza aún más en su electrificación con el tamaño del software cada vez más grande. Ahora, cuando se trata de la fabricación de automóviles, Toyota tiene su propia postura básica que se ha transmitido desde dentro a lo largo de los años (Keiji Yamamoto, CPIO de Toyota Motor Corporation, 2021).

En la actualidad Toyota se ha enfocado en el cambio de los teléfonos celulares, mientras que el teléfono de hombro se volvió básico y después un teléfono inteligente, volviéndose uno de los productos más comercial del teléfono, incluyendo la información y así creando un nuevo valor mediante las nuevas vivencias, explayándose de manera rápida por todo el mundo, esto es apoyado por el software y las tecnologías conectadas (Toyota, 2021).

De la misma manera, los automóviles estarán más vinculados a la información y, a través del movimiento de personas, bienes y cosas, nos gustaría apuntar a brindar un nuevo valor a través de nuevas experiencias y brindando emoción a nuestros clientes. Creo que esta es la dirección en la que evolucionarán los automóviles en el futuro. En otras palabras, en el futuro, avanzaremos en nuestra internalización de software y tecnologías conectadas. Es por eso por lo que establecimos TRI, Woven Planet y Toyota Connected, y es por eso que estamos trabajando en el desarrollo de e-Palette, la construcción de

Woven City como un sitio experimental y el desarrollo de la plataforma Arene y otros (Keiji Yamamoto, CPIO de Toyota Motor Corporation, 2021:02).

La visión de Toyota del automóvil conectado no es simplemente la de conectar el automóvil a Internet. Al brindar a los clientes experiencias emocionales a través del movimiento de personas, bienes y actividades, Toyota quiere valorar un enfoque centrado en las personas, en otras palabras, lo que llamamos "conexión humana". Para lograr este objetivo, hemos construido nuestro propio centro de llamadas, que sirve como punto de contacto con los clientes, el Toyota Smart Center, que brinda una variedad de servicios, y el Toyota Big Data Center, que utiliza la información del vehículo recopilada de los automóviles, y estamos proporcionando una variedad de servicios. Además, hemos establecido la Plataforma de Servicios de Movilidad, o MSPF, para brindar servicios de movilidad y estamos promoviendo la colaboración con los proveedores de servicios (Keiji Yamamoto, CPIO de Toyota Motor Corporation, 2021:02).

En el 2021, se introdujo el e-Palette en la Villa Olímpica para los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Tokio donde se tenía como meta el instaurar la movilidad que agrupe automóviles e información; teniendo como resultado una coordinación con la comunidad. Durante las olimpiadas, los vehículos fueron utilizados por 34 mil atletas y otras personas relacionadas con el evento. El e-Palette es un vehículo eléctrico que se alimenta por batería o BEV así mismo cuenta con conducción automatizada (Toyota, 2021).

Toyota aún se encuentra desarrollando más allá de solo tecnologías de conducción y BEV han desarrollado un sistema de gestión de flotas, tomando como base los principios del sistema de producción de Toyota para respaldar el óptimo funcionamiento de los e-pallets dentro de la Villa Olímpica. El sistema de monitoreo de los e-Pallets de manera lejana tiene una respuesta de operación justo a tiempo de acuerdo con el entorno en el que se encuentra y también la cantidad de pasajeros. Es decir, facilita la movilidad que armoniza con la continuidad, todo esto se ha podido realizar por medio de MSPF el cual Toyota ha fomentado (Toyota, 2021).

Posteriormente, todos los esfuerzos que ha mantenido Toyota podrán ser aplicados en el desarrollo de la miniván Sienna Autono-MaaS la cual se ha ensamblado en Estados Unidos, para su uso como robo taxi (Toyota, 2021).

“De esta manera, los automóviles y las tecnologías conectados se aplicarán a una variedad de áreas, y lo que se conectará se expandirá para incluir personas, automóviles, comunidades y la sociedad. Toyota maneja con cuidado la información recopilada de los clientes y los vehículos, y la utilizaremos para la felicidad de los clientes y el desarrollo de la sociedad mientras creamos nuevo valor a partir de experiencias centradas en la movilidad” (Keiji Yamamoto, CPIO de Toyota Motor Corporation, 2021:02).

La tierra del sol naciente ha estado dentro de la implementación de transformación digital en la fabricación o la llamada industria 4.0 desde sus inicios, sin embargo, Japón está a medio camino de la industria conectada manteniendo el enfoque de I4.0 en el camino hacia la industria 5.0. Como objeto tiene abarcar los diversos desafíos más allá de la digitalización en la economía llegando a todos los niveles de sociedad japonesa y el cambio digital.

g) KIA

“El futuro ha comenzado”

En enero de 2018, el primer robot humanoide de inteligencia artificial, Sophia, que parece una mujer humana, fue una gran sensación en Corea. Es probable que el primer automóvil volador, visto antes solo en películas de ciencia ficción, llegue a los cielos en abril de 2018. La cuarta revolución industrial, caracterizada por la hiperconectividad y la superinteligencia, se ha convertido en una palabra de moda en Corea, y este aire de cambio también está barriendo la industria del automóvil. Los automóviles ya no son solo un medio de transporte, ya que los vehículos conectados y montados en inteligencia artificial traerán un cambio radical no sólo en términos de nuestra movilidad diaria sino también en nuestro estilo de vida cotidiano (KIA, 2018:02).

Como tal, la industria del automotor se encuentra en una rápida y constante transición, donde el desarrollo tecnológico está siendo dictado por los diversos fabricantes de automóviles, quienes para llegar a su objetivo han optado por alternativas de cero emisiones. Así mismo, cuando se une la conducción autónoma y las diversas tecnologías de conectividad el resultado de movilidad será aún más seguro y óptimo, asegurando un importante nivel de libertad y en algunos casos tiempo de ocio. Es decir, con esta

implementación se podrán resolver problemas relacionados con siniestros viales y embotellamientos, colaborando a la vez a la disminución de los estragos en el cambio climático y la contaminación ambiental (KIA, 2018).

El nivel 4 es alta automatización. En este nivel y más allá, no se requiere un conductor. Es una automatización avanzada nivel en el que un vehículo puede manejar todo a través de una gama más amplia de entornos. El último es el Nivel 5, automatización completa. Los vehículos de este nivel pueden circular en todas las condiciones. El avance tecnológico hasta el nivel 4 y más allá exige pruebas y verificación en las carreteras. Incontables variables en el camino deben ser contabilizadas y verificadas para probar la seguridad y viabilidad de los autónomos, conduciendo. Por lo tanto, la distancia de conducción autónoma acumulada es una prueba del rendimiento de un vehículo. Kia Motors planea una flota de prueba a gran escala de vehículos autónomos en la vía pública a partir de 2019 para verificar su conducción autónoma tecnología. Los datos recopilados de las pruebas se analizarán a fondo y se utilizarán para mejorar aún más la fiabilidad de la tecnología de conducción autónoma de la empresa, mientras que las lecciones aprendidas se aplicarán a los nuevos vehículos de Kia. Cuando las condiciones externas estén listas, como la infraestructura vial y la legislación, Kia comenzará la producción en masa de vehículos de conducción autónoma en pleno apogeo. El plan es desarrollar un vehículo autónomo de nivel 4 que puede conducir en una ciudad inteligente equipada con la infraestructura V2X para 2021 (KIA, 2018:10).

Los datos recabados de las pruebas se estudian exhaustivamente, pues serán utilizados para la mejora y fiabilidad de la aplicación de la tecnología de conducción autónoma por parte de KIA, mientras que las lecciones aprendidas serán implementadas en los nuevos vehículos. Si el panorama cuenta con las condiciones externas necesarias, es decir cuentan con infraestructura vial y la legislación correcta, KIA podrá comenzar con la producción en masa de los vehículos de conducción autónoma en el momento correcto, el plan que tiene es desarrollar un vehículo autónomo de nivel cuatro, capaz de conducir en una ciudad inteligente pero también equipada con la infraestructura V2X (KIA, 2018).

Desde que en diciembre de 2015 el Estado de Nevada de EE. UU. le otorgó una licencia para realizar pruebas de tecnologías de conducción autónoma en la vía pública, Kia

Motors ha estado recopilando datos de su Soul EV, coche de prueba de conducción autónoma para su uso en el desarrollo continuo de tecnologías de conducción autónoma. El Soul EV está equipado con tecnologías como Traffic Jam Assist, conducción autónoma en carretera, conducción autónoma urbana, sistema de parada de emergencia y valet parking autónomo. El Soul EV autónomo aprovecha un GPS y un mapa digital de alta precisión para calcular su ubicación exacta. También, monitorea su entorno usando sensores conectados alrededor de la carrocería del automóvil para buscar objetos en las carreteras como otros vehículos o peatones, mientras navegan por las carreteras teniendo en cuenta las condiciones del tráfico en tiempo real (KIA, 2018).

La conducción autónoma requiere una gran cantidad de tecnología, ya que converge docenas de funciones precisas, complejas y de vanguardia tecnológicas. Las tecnologías individuales se denominan colectivamente sistemas avanzados de asistencia al conductor.

(ADAS), algo que se cita a menudo cada vez que se menciona la tecnología de conducción autónoma. La tecnología ADAS consta de tres pasos: monitorear el entorno, tomar decisiones y luego manejar vehículos. Sin embargo, la tecnología de conducción autónoma está a más de la mitad cuando todos estos pasos están avanzados y suficientemente integrados para tomar el control total de los vehículos. El resto depende de la tecnología de la comunicación, que es un parte integral de los coches conectados. La visión de Kia para la conducción autónoma se está materializando a través de DRIVE WiSE, su marca de tecnología de conducción autónoma basada en ADAS lanzada en 2016 (KIA, 2018:17).

En la actualidad, los automóviles se encuentran integrados por computadoras e inteligencia artificial en todos sus sistemas, mejorando la rapidez de estos, estas nuevas adiciones auxilian al conductor quien cuenta con lectores para reconocer la voz del conductor y procesa los pedidos generados por medio de la pantalla situada en el tablero. A medida que la innovación avanza también lo hace el sector automotriz y KIA adecuando cambios simples como: búsqueda de mapas, pronósticos del clima y control de las características del vehículo. Se tiene previsto que los automóviles pronto estarán aún más conectados.

“Si la tecnología de conducción autónoma es para la libertad de movilidad, los coches conectados enriquecerán nuestras vidas” (KIA, 2018:20).

h) Tesla

“To accelerate the advent of sustainable transport.”

Sin duda alguna, Tesla es una de las compañías que se han apoyado y trabajado de manera continua con la cuarta revolución industrial, considerada una de las compañías con mayor éxito en la historia moderna. Tesla popularizó el uso de automóviles eléctricos teniendo como resultado una alta demanda de unidades, actualmente cuenta con tres gigafactories.

El 26 de diciembre de 2019 introdujo al mercado una de las más grandes actualizaciones en softwares, incrementando así el nivel de competencia que el público espera de sus automóviles, implementando mejores y nuevas funciones de entretenimiento, música, juegos e incluso conveniencia volviendo al automóvil aún más capaz, logrando que el vehículo se torne entretenido. Dentro de sus mejoras se encuentra “Tesla Theater” donde el usuario puede tener conexión a cualquier tipo de plataforma digital siempre y cuando el auto permanezca en alto total. “Smart Summon” Los clientes que han adquirido la conducción autónoma completa o piloto pueden dejar que la auto maniobra de manera independiente por un estacionamiento y se acerque a ellos o elijan una ubicación donde el auto permanezca, siempre y cuando se ubique en la línea de visión. Dentro de los nuevos cambios, está el Karaoke o bien “car-aoke” la cual el usuario puede usar de la mejor manera que crea, cuenta con un gran repertorio de canciones. Las nuevas actualizaciones ayudan a un óptimo desarrollo para el usuario siendo un antecedente de los nuevos cambios por parte de Tesla (Tesla, 2022).

Bastaría con un año, para que Tesla sacará al mercado la versión 11.0 Software partiendo de una nueva función llamada “Light Show Function”, la cual permite a cualquier operador o dispositivo electrónico sincronizarse con espectáculos de luces incluso con música, videojuegos y diversos niveles de entretenimiento, sin embargo, la

seguridad no está fuera, pues gracias a los controles personalizables y controles personalizables la interfaz del usuario es un diseño completamente nuevo. Dentro de las características se encuentra “Updated Navigation” creando facilidades para el conductor como reorganizar las paradas dentro de su ruta. El Tesla se actualizará de manera automática acorde a los tiempos de llegada y niveles de batería en cada uno de sus destinos, así como diferentes juegos y entretenimiento. Uno de los cambios más aclamados es el “Blind Spot Camera” donde una cámara en vivo será la guía para el punto ciego facilitando la maniobra del conductor, entre otras adiciones (Tesla, 2022).

Liderados por Gilbert Passin se ha estado desarrollando la línea de producción de clase mundial enfocada en el ensamble de autos más innovadores del siglo XXI. En el área de estampado (Stamping), Tesla es de las pocas empresas a nivel mundial que desarrollan un vehículo de aluminio el cual es reforzado con acero; el aluminio ayuda a reducir el peso total del Modelo S potencializando su eficacia y alcance (Tesla, 2022).

Si bien, Tesla es el claro ejemplo del uso de la industria 4.0 en el sector automotriz, no solo volvió eficaces los procesos productivos, sino que también auxilió al operador y optimizó la comunicación con el cliente, misma que se ve reflejada en el consumo del producto.

Tesla ha sabido cómo utilizar las diversas oportunidades que brinda la industria 4.0, innovando el interior del auto, entretenimiento y la seguridad al momento de maniobrar el vehículo.

En mayo de 2021, los modelos Y y 3 fabricados para Estados Unidos pasaron por la transición de Tesla Vision, la cual consiste en un sistema de procesamiento de red neuronal, una visión de cámara la cual facilita al piloto la conducción autónoma de manera total y diversas categorías de seguridad. Pasando por las pruebas de rutina físicas de choque el IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) aplica el significado de tecnologías para evitar imprevistos, auxiliando a una reducción de impacto o bien, mitigando la probabilidad de algún accidente por completo. Al momento de finalizar las pruebas, dichos modelos recibieron calificaciones altas respecto a la prevención de choque de automóvil a otro automóvil o al peatón (Tesla, 2022).

Si bien, Tesla se ha diferenciado por la manera en la cual ensambla los autos, las constantes innovaciones que ha mantenido y el logro de implementarlo en cada uno de sus vehículos, esto volviéndose un foco para el mercado. El apoyo mantenido por parte de la industria 4.0 ha formado parte esencial de su crecimiento, si bien aún tiene campo por explorar, pero en la contienda del sector automotriz y en la Industria 4.0 definitivamente va a la cabeza.

Desafiando el status quo, la implementación de la innovación transformacional en la organización.

3.3 El trayecto de las compañías automotrices: que hacen, que falta concretar y a dónde se dirigen

Las compañías anteriormente mencionadas, han implementado el uso de la industria 4.0 en sus procesos, todas ellas de manera diferente, pero, con un objetivo en común, mantenerse a la cabeza de la competencia a nivel mundial.

Los gigantes de la industria automotriz han sabido cómo acertar al momento de la implementación de la I4.0 dentro de sus procesos productivos sus aciertos estriban en el aprovechamiento de las herramientas relacionadas con la 4ta revolución industrial , donde el internet de las cosas juega un papel importante, ya que con el uso diario de dispositivos físicos interconectados se ha vuelto uno de los pilares más importantes en el día a día del sector automotor, si bien su completa inclusión viene con un costo económico elevado el cual ha sido redituable dentro de la industria.

La Big Data, llegó para cambiar de manera positiva el análisis de una carga de datos masiva, sin importar el gran volumen de estos, sin influir en la velocidad del recibo de estos y aún más importante incluyendo una variedad de datos sean numéricos o textos, estén o no organizados.

El uso de la nube ha jugado un papel como auxiliar entre el enlace y comunicación de las herramientas utilizadas por la Industria 4.0 sin importar la ubicación de las partes de la empresa ha logrado crear un acceso de archivos, aplicaciones y datos desde cualquier dispositivo donde sea que se encuentre el asociado.

Una de las mejores implementaciones es la fabricación aditiva, logrando una impresión 3D por medio de una computadora, disminuyendo el tiempo de la acción y favoreciendo a los gastos del suministro. Así mismo, el uso de los robots autónomos no solo ha logrado optimizar la operación, sino que también es el encargado de las tareas con mayor detalle que en un pasado han puesto en riesgo a los trabajadores, el uso de los cobots de mano del asociado ha creado una mancuerna magnífica, reduciendo los errores humanos y del cobot mismo.

Los aciertos que ha tenido la fusión de estas industrias enfocado a la comunicación ha tenido un crecimiento constante, anteriormente lograr una conexión dentro de una nave industrial desde punto A a B era un avance importante, a lo largo de los años se logró estar comunicados de manera remota es decir tener a un asociado del otro lado del mundo trabajando de manera conjunta con otro, sin embargo, hoy por hoy el alcance es diferente, ya que se ha logrado tener incluso con el cliente final una comunicación remota, totalmente personalizada y eficiente, una de las ventajas ante este tipo de implementación fue el monitoreo que tiene cada cliente respecto a su automóvil, otorgando al cliente la satisfacción de saber lo que ocurre en fábrica hasta el momento final del ensamble.

El cambio climático es un tema sumamente importante y el sector automotriz se ha dado cuenta de ello, apostando por autos híbridos, autónomos, eléctricos y semiautónomos, como una alternativa al freno de los gases emitidos por los vehículos, así mismo, han implementado energías alternas para la energía de sus plantas, siendo uno de los pasos más importantes dentro del sector. Dentro de los automóviles autónomos, se ha incursionado en el uso de transporte privado y público, estos automóviles no solo reducen el impacto de la emisión de gases, sino que también se ha visto una disminución en los accidentes automovilísticos, creando una de las metas más importantes del sector automotor: cuidar y salvaguardar al ser humano.

El panorama de la industria automotriz en conjunto con la I4.0 ha tenido un gran avance a lo largo de los años, logrando incluir año con año aún mayores y mejores innovaciones a sus procesos al mismo tiempo, aún tiene puntos por cubrir.

Esta implementación, puede parecer desalentadora, sin embargo, al paso de los años junto con una elección y uso correcto de tecnologías de la I4.0 se ha logrado crear fábricas inteligentes. Aunque el panorama suena prometedor, las amenazas existen, una de ellas es la ciberseguridad con la industria 4.0 en la manufactura de autos es un desafío adicional. Con el fin de aminorar las amenazas, una de las soluciones es la implementación política y mecanismos rigurosos para asegurar la seguridad de los datos (Catherine, S, 2022).

Otro tema es la fabricación de baterías, así como su reciclaje, si bien, las empresas se encuentran aun ideando la mejor manera para llevar a cabo esta acción donde incluso se ha considerado un segundo uso de estas baterías enfocado al hogar.

El camino ante una automatización al cien por ciento aún está en desarrollo por parte de la industria del automotor en conjunto con la I4.0 se ha mantenido una innovación que sea capaz de llenar las áreas de oportunidad por parte de ambas industrias, sin embargo, el avance ha sido sustancial y con un crecimiento constante aun a pesar de los retos y desafíos que enfrenta la industria automotriz.

3.3.1 Principales retos y desafíos que enfrenta la industria automotriz focalizada en México, frente a los avances e innovación tecnológica ante la presencia de la Industria 4.0

En el escenario actual, en el que el comercio internacional seguirá siendo impactado negativamente por las disrupciones globales, la inversión en tecnología y el cambio de enfoque para generar experiencias positivas a los consumidores serán fundamentales, a fin de que el sector se mantenga competitivo y mejore su panorama (Torrijos, 2022:1)

Como se ha mencionado anteriormente durante los últimos dos años (2020 y 2021, años de pandemia) la industria del automotor se vio en una pausa intermitente. Los factores que contribuyeron a este freno en la aceleración estribaron además de la pandemia, en aumentos arancelarios, escasez de semiconductores, entre otros, lo cual ha impedido a las ensambladoras de autos seguir con el crecimiento industrial que se tenía planeado.

Durante el año 2020, las ventas totales registradas en México alcanzaron solamente 950 mil 63 unidades vendidas, volviendo este año como uno de los más afectados por la

pandemia. Durante el 2021, se logró observar un crecimiento moderado al alcanzar ventas de un millón 14 mil 680 unidades, esta suma es relativamente grande, ya que no logra alcanzar la suma registrada de un millón 317 mil 931 en el año 2019, acorde a los datos recabados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022).

Desde el inicio del año 2022, se registró una baja en la venta de automóviles registradas en los dos primeros meses del año siendo las más bajas de la década esto debido a la afectación económica vivida durante la pandemia.

Los temas que han propiciado este bajo desempeño del sector son: 1) la volatilidad en el precio de algunos componentes –acero y aluminio, por ejemplo– o su escasez –como en el caso de los semiconductores–; 2) la fluctuación cambiaria por la inestabilidad de la economía mundial; 3) la reciente regularización de los autos usados provenientes del extranjero; 4) la baja demanda en los Estados Unidos; y 5) la caída en la producción de automóviles (Torrijos, 2022:1)

El sector de la población de mayor edad en un rango de 55 a más años, quienes cuentan con un poder adquisitivo positivo se han mostrado más interesados en la compra de vehículos para uso probado, con el fin de aminorar el contagio y salvaguardar su salud, añadiendo al sector que se ha visto afectado por la pandemia también ha tenido afecciones financieras, orillándolos a un manejo de capital más riguroso, decidiendo no adquirir un automóvil, así mismo, se encuentra el otro sector, quienes han tenido una baja en el uso del automóvil, gracias al poder realizar sus actividades de manera remota, poniendo en pausa la nueva adquisición de un automóvil hasta la reactivación total de sus actividades, un suceso que probablemente no ocurrirá hasta finales del 2022 (Deloitte, 2022).

Con la inclusión de la industria 4.0, el sector automotriz ha podido ampliar el alcance digital tanto en sus procesos como en ventas, volviendo todo cada vez más automatizado y remoto, teniendo ventajas para los creadores, clientes, dos y demás, facilitando de manera sustancial toda la cadena de suministro, a continuación, se mencionan los puntos clave dentro del sector automotriz debido a la implementación de la industria 4.0.

a) Herramientas digitales: Realmente lo que buscan los clientes.

Una tienda física, una sucursal presentable, el diseño de un espacio eran prioridades al momento de la inversión de las empresas dentro del sector automotriz, hoy en día, la realidad es otra, debido a la “normalidad” después de la pandemia, los clientes tienen otro enfoque: las herramientas digitales.

Un panorama digital, tiene mayor aceptación en los consumidores jóvenes, donde el deseo por utilizar este tipo de herramientas al momento de comprar un automóvil es placentero, pues se ofrece una mejor experiencia, más información a detalle y una reducción importante en el tiempo que invierte el cliente. Sin embargo, gran parte de la población aún opta por el medio físico, ya que les brinda mayor confianza al momento de adquirir un auto, el panorama presentado anteriormente, será una realidad en los próximos quince años, donde se vivirá la metamorfosis en los hábitos de consumo, guiado a una herramienta totalmente digitalizada (Deloitte, 2022).

Por esta razón, será aconsejable que las marcas y los dealers que desean seguir moviendo su inventario de vehículos ligeros comiencen, desde ahora, a cambiar su enfoque de servicio y de inversiones hacia la mejora de la experiencia de los consumidores, por medio de herramientas digitales (Deloitte, 2022:3)

La construcción de escenarios virtuales, análisis, IA, reducción de costos de calidad, entre otras, son tecnologías que diversas empresas han implementado para lograr escalar frente a sus competidores en el mercado, no solo crea una ventaja competitiva, sino que también motiva a la competencia dentro del sector, impulsando a las otras compañías a la innovación constante evitando el estancamiento (Deloitte, 2022).

En el caso específico de las armadoras y de los proveedores, será fundamental que inviertan en el desarrollo de soluciones digitales que optimicen su cadena de suministro y sus procesos de manufactura, aumentando la visibilidad, la transparencia de la información y los datos generados en cada etapa de fabricación, con el objetivo de tomar decisiones mejor documentadas (Deloitte, 2022:4).

En esta nueva era tecnológica, misma que el sector industrial se encuentra viviendo, uno de los principales retos es el no quedarse estancado, buscar los medios e innovaciones posibles, inversión de recursos y tiempo, para así poder tener mejores y nuevas

herramientas tecnológicas, frente a la competencia. Aplicando lo ya mencionado y evitando un freno en la innovación se espera lograr una recuperación en el sector automotriz.

b) El futuro de los automóviles eléctricos e híbridos

Hoy en día, el cambio climático y contaminación ambiental, ha generado conciencia en la industria en general, sin embargo, el sector automotriz se ha mostrado interesado en darle solución al limitado suministro de combustibles fósiles, orillando a la industria a buscar soluciones efectivas para el sector del automotor. Una de las soluciones ha sido la creación e implementación de automóviles híbridos y eléctricos, esperando reducir la contaminación auditiva y del CO₂. El plan es sumamente ambicioso y funcional con múltiples beneficios dentro y fuera de la industria a pesar de que la gestión, manufactura e implementación de estos nuevos automóviles no ha sido del todo sencilla, orillando a las armadoras a cambiar sus procesos.

Un vehículo eléctrico (EV) es un automóvil que no depende totalmente del motor de combustión interna como único mecanismo de propulsión, es decir, emplea un sistema de acción eléctrico como sustituto o bien, auxilia al motor de combustión interna para perfeccionar su funcionamiento, existen tres tipos de vehículos de propulsión eléctrica:

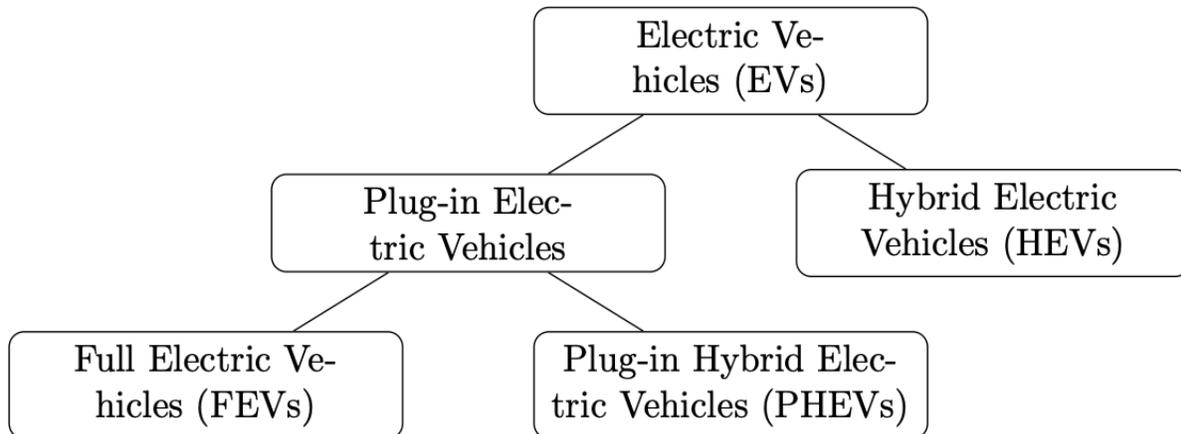
- Vehículo Eléctrico híbrido (HEV): fusiona el motor de combustión interna y el motor eléctrico en el tren de transmisión. En general el motor eléctrico gestiona un mejor rendimiento de combustible en conjunto con el motor de combustión interna (CRC Press, Taylor & Francis Group, S/F).
- Un vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV): es un automóvil equipado con una batería de mayor tamaño que el vehículo eléctrico que cuenta con la innovación de recargar su batería por medio de enchufes convencionales (domésticos) o en las estaciones de carga. Una clara ventaja en este tipo de automóvil es el modo totalmente eléctrico, el cual se acciona con una cantidad suficiente de energía, liberando la unidad de contaminantes (CRC Press, Taylor & Francis Group, S/F).
- Vehículo totalmente eléctrico (FEV): funciona únicamente con un sistema de accionamiento eléctrico, de igual manera cuenta con una batería de gran tamaño,

la cual como el PHEV se puede recargar en estaciones de carga o en el hogar. Este tipo de automóvil, no genera ni libera ningún tipo de contaminante al medio ambiente al momento de su uso, es por ello que se le considera un “vehículo de cero emisiones”, si bien, esta connotación no es del todo correcta, porque aunque no emita ningún tipo de emisión, al momento de recargar la batería está propiciando emisiones que básicamente tienen la misma repercusión que las del CO2, una de las razones por las cuales el daño al medio ambiente mencionado es provocado, es por la ubicación de las centrales eléctricas, las cuales en su mayoría están situadas en las áreas con menos puntuación. Sin embargo, estos vehículos pueden ser considerados como filtro para reducir la energía sucia y contaminación (CRC Press, Taylor & Francis Group, S/F).

En el diagrama 4.2 de CRC Press, Taylor & Francis Group. (s. f.). Hybrid & Electric Vehicles. Routledge.

Podemos ver la clasificación de algunas de las diferencias entre los tipos de vehículos híbridos, donde se puntualizan las diferencias entre los VE enchufables, focalizando los que necesitan recargar las baterías continuamente.

Diagrama 4.2



Fuente: Taylor & Francis Group. (s. f.). Hybrid & Electric Vehicles. (2022).

La implementación y uso de los vehículos eléctricos ha tenido una mejora respecto al daño del medio ambiente y emisión de gases nocivos, así como mejoras a la salud del público, sin embargo, su adopción ha tenido muchísimas bajas y no se ha logrado meter de manera total al mercado automotriz aún más inquietante, al público en general.

c) Factores que influyen al momento de optar por un vehículo eléctrico:

Acorde a CRC Press, Taylor & Francis Group (S/F). Aun con los prometedores resultados prometedores, la venta de VE se han mantenido bajas a escala mundial, uno de los principales factores que influyen al momento de la compra de estos vehículos desde el punto de vista de los clientes, son los siguientes:

- **Precios:** actualmente, el costo de los vehículos eléctricos es sumamente elevado, una de las razones por el aumento de estos es el costo de las baterías empleadas en cada uno de los automóviles, sin embargo, se pronostica que estos costos serán reducidos en los próximos años.

Una de las soluciones implementadas ante este factor han sido las propuestas de las diversas empresas para así arrendar las baterías, compensando los costos relacionados con las baterías.

- **Tamaño del vehículo:** normalmente, los EV son pequeños con un limitado espacio para el equipaje, reduciendo el consumo de energía o en algunos casos es colocar las baterías de los autos híbridos, siendo uno de los principales problemas para los compradores, el espacio.
- **Tiempos prolongados de carga:** al momento de adquirir un automóvil enchufable, los tiempos de recarga suelen ser prolongados, la carga rápida da un aproximado de 30 min de uso, lo cual no es conveniente para los consumidores. Ante un panorama, donde las largas filas ocasionadas por el tráfico están presentes, 30 minutos se vuelven varias horas, la carga nocturna o el espacio en el lugar de trabajo son el método principal para recargar el vehículo en un futuro, sin embargo, uno de los temas que aún queda en solucionar son la disponibilidad de puntos de carga, especialmente en las grandes ciudades.
- **Alcance limitado:** el alcance máximo que puede tener el vehículo es de 300km ante un panorama favorable, los cuales no son comunes, reduciendo el aire

acondicionado o incluso la calefacción, estos factores son totalmente impredecibles.

En conclusión, aún falta diseñar una estructura adecuada para el óptimo uso de los vehículos eléctricos. Los desafíos que enfrenta el sector automotriz principalmente estriban en la carga de las baterías, la energía utilizada ha incrementado considerablemente, así como el alcance de distribución, el tráfico que se vive día a día en las ciudades es otro factor importante en los EV debido a su limitada disponibilidad de energía, es decir, encontrarse en el tráfico tienen impacto en la energía necesaria para llevar a cabo un viaje, en el peor de los casos el conductor se ve obligado a hacer una parada de recarga mucho antes de finalizar con su trayecto. La infraestructura de carga, aunque se recargue el vehículo en casa por la noche, es importante considerar la disponibilidad y distribución de estaciones de carga. Las emisiones electromagnéticas son otro problema importante, la radiación de los EV es un tanto peligrosa, si bien, no se tiene evidencia tal cual, de las repercusiones, agencias de investigación se encuentran enfocadas en sus consecuencias, último, pero no menos importante, el futuro de las baterías de litio, a ciencia cierta, no se tiene una cantidad asegurada de litio para poder manufacturar las baterías suficientes para reemplazar la ya existente. Este tema continúa en una constante investigación, ya que son uno de los determinantes al momento del diseño del vehículo eléctrico, actualmente, existen diversos sistemas de tratamiento ambiental enfocados en implementar acciones enfocadas a la sustentabilidad y fomento a la cultura ambiental, actualmente en el estado de Guanajuato se encuentra SITRASA, fundada en el año 2003, es una empresa dedicada a la preservación del medio ambiente, SITRASA se dedica al procedimiento del reciclaje de baterías, donde se recuperan algunos metales como litio, cadmio, níquel y zinc, que son reutilizados en diversas cadenas productivas (Ambiente S. D. M., 2021).

d) Impulso ante la innovación y la adecuación de los nuevos modelos de negocio apoyándose de la industria 4.0

Los diversos eventos relacionados a la pandemia, crisis económicas y desabasto de materia prima, han propiciado a los diversos cambios en el entorno económico e industrial, provocando que las empresas opten por proteger su comodidad, es decir no

salir de su status quo, provocando un estancamiento en cuanto al entorno digital, en consecuencia a estas presiones competitivas se ha vuelto una necesidad focalizarse en la innovación de productos y servicios, adecuando sus nuevos modelos comerciales, prosperando a un entorno económico de pronta evolución.

La industria 4.0 ha generado diversas oportunidades para que las empresas utilicen sus avanzadas tecnologías dentro de las cadenas de valor, motivando las operaciones a una excelencia operativa y un crecimiento comercial dentro de sus distintas áreas, servicios, cadena de suministro y productos (Deloitte, 2020)

La industria 4.0 ha logrado crear un sin número de oportunidades para la innovación, donde los líderes de cada empresa han implementado en sus procesos, intentando encontrar nuevas oportunidades dentro de la dura competencia dentro del sector.

Los retos que ha enfrentado la industria del automotor en México desde sus inicios no han llegado al final.

Uno de los retos que ha dificultado el avance de la industria es el desabasto de microprocesadores, frenando hasta el año 2022 la manufactura de los automóviles siendo imposible retomar los números que había tenido anteriormente, si bien, la industria automotriz sigue siendo parte fundamental dentro de las actividades económicas ya sea como productor, exportador en la economía mexicana, hechos que no tienen precedentes. El desabasto tiene como raíz de esta problemática el inicio de la pandemia de Coronavirus, con la cual los productores fijaron como meta otro sector, el de electrodomésticos, la demanda irá en aumento a lo largo de los meses mientras que el sector automotriz se mantendrá en pausa. La demanda de microprocesadores sigue latente. Uno de los desafíos notorios que enfrenta la industria automotriz, es la producción de microchips.

La razón de la creciente demanda que tiene el silicio hasta nuestros días no sólo es debida a sus propiedades electrónicas, sino también a sus excelentes propiedades mecánicas, químicas, térmicas, magnéticas, etc. Tener conocimiento de estas propiedades han permitido, al diseñador de circuitos integrados (CI) y dispositivos semiconductores, que a través del uso de las técnicas foto litográficas de los procesos

estándar de fabricación monolítica, sea posible desarrollar sensores completamente integrados en silicio (Sandoval-Ibarra, 2001).

Es decir, el silicio funge como conductor de energía en áreas específicas, por lo cual es empleado en la fabricación de circuitos integrados quienes proporcionan energía a equipos de cómputo, móviles, paneles solares y automóviles.

Hasta el año 2022, México ha apostado por la investigación, innovación e inversión en la tecnología, para así tener una ventaja competitiva ante otros países, anteriormente, México era considerado el “valle de silicio” por otro lado actualmente China es el mayor productor de silicio, teniendo en cuenta lo anterior uno de los desafíos que enfrenta México hasta la fecha es lograr colocarse dentro de la carrera por el silicio ya sea como inversionista, siendo participe en alguno de los procesos de su manufactura, si bien uno de los retos para la industria del automotor es figurar como productor de microchips con materia prima alterna capaz de funcionar de manera eficiente, el costo para esta área de oportunidad será elevado, si bien es necesario implementar las investigaciones para este así como una capacitación para el personal encargado de su desarrollo. Este proceso alterno trae consigo temas importantes para un desempeño óptimo, ante este panorama, el apoyo por parte de las autoridades correspondientes juega un papel importante, pues esta producción e inversión no solo beneficiaría a la industria automotriz, sino que también a la economía mexicana y a la población, volviéndose una planta generadora de empleos. Otro de los desafíos que enfrenta la Industria del automotor mexicana es la evaluación de por qué acción optará por tomar, la cual podría definir el futuro y curso para la industria automotriz, la industria 4.0 y la economía mexicana.

A su vez, otro de los retos que enfrenta la industria del auto mexicana es el panorama ante la pandemia del Coronavirus, pues aún no está del todo claro que le depara a la industria del automotor, como se mencionó anteriormente, ha tenido bajas y altas, pero aún no ha sido posible volver a retomar los números de años anteriores. Manteniendo aún en duda lo que podría deparar el destino para esta industria. Una de las ventajas que pudo traer esta pandemia, fue el uso de la tecnología, ya que toda la población empezó a utilizarla desde tomar juntas de trabajo, tomar clases de manera remota, hasta compra un automóvil en cualquier parte del mundo, significando una cosa para el sector

automotriz mexicano, una reto dentro del crecimiento y manejo de la industria 4.0 donde al poder emplear de manera efectiva esta herramienta puede tener un alcance y empezar a crecer como en años pasados o incluso más, solo falta el enfoque adecuado e incentivación por parte de las autoridades correspondientes.

Otro de los desafíos que enfrenta el sector automotriz mexicano es el reciclaje de las baterías empleadas en autos eléctricos (litio), como se mencionaba anteriormente, en México solo existe una empresa encargada del reciclaje de estas. El reto para México, invertir, crear e innovar centros especializados de reciclaje.

El desafío principal del sector automotor es la implementación de la Industria 4.0 de manera total en sus procesos, como se ha mencionado anteriormente, algunas marcas han optado por un paso lento pero seguro a diferencia de otras, que han apostado a lo grande y hoy por hoy se encuentran encabezando la contienda. El implemento de esta herramienta, significa un cambio desde raíz lo que conlleva grandes inversiones para tener un panorama adecuado, capacitación de todo el personal para un funcionamiento y crecimiento interno sustancial, cambios de infraestructura (adecuaciones dentro de la planta), procesos de calidad aún más exhaustivos de los que se manejan actualmente, diversificaciones en la línea de ensamble, como se mencionó en el caso de autos personalizados es imposible fabricarlos en la línea de ensamble estándar, ya que su proceso es diferente tal como es el caso de los autos eléctricos, híbridos y enchufables.

CONCLUSIONES GENERALES

Dentro de la tesis presente, se cumplen los objetivos estipulados en un principio, **definiendo a la industria 4.0** como una promesa ante la nueva revolución industrial, la cual combina técnicas avanzadas de producción así como en las operaciones tecnológicas digitales inteligentes; en conclusión, es la fase de automatización e innovación, distinguida por ser un tipo de industria flexible, conectada y digital, la cual busca optimizar todos los aspectos de la industria, explicando así mismo, la producción automatizada.

Dentro de la **importancia de la industria automotriz en México**, se logra visualizar el impacto que ha creado la industria a lo largo de los años, volviéndose así un pilar dentro de la economía mexicana, gracias a ser una de las industrias con mayor alcance de capacitación de personal, generar empleos, recaudadora de operaciones comerciales de la industria, desarrollo de proveedores y la industria con mayor índice de modernización tecnológica relacionada.

Si bien, **los desafíos focalizados dentro de la industria automotriz en México** han aumentado a lo largo de los años, teniendo como principal desafío la implementación en su totalidad de la industria 4.0 en la mayor parte de sus procesos o bien en su totalidad, si bien, la implementación que se ha logrado en la actualidad es importante, ya que se han optimizado tareas como el ensamble, pintura, soldadura, fabricación, manipulación y moldura, las cuales han beneficiado a la industria, ya sea una implementación total o parcial de equipo de maquinaria autónomo. La etapa que se encuentra viviendo la industria del automotor es otro de los retos que ha tenido que sobrellevar, desde una pandemia la cual orillo a la pausa de actividades no esenciales, volviendo el ritmo de vida a uno híbrido o totalmente remoto, la compra de automóviles disminuyó de manera alarmante, de la mano de este reto llega el desabasto de semiconductores, donde el reto ahora es un desafío, ya que con poca cantidad destinada a los vehículos automotores la producción también está siendo afectada, teniendo estragos de igual manera en la economía mexicana.

Por último, pero no menos importantes, llega el TMEC y los cambios en los aranceles, así como el incremento al acero. Si bien, han sido retos y desafíos difíciles de sobrellevar,

sin embargo, la industria ha encontrado la manera de hacerle frente y apoyarse de energías alternas en esta contienda.

Por otra parte, la hipótesis empleada en el presente trabajo es “La industria automotriz es una de las más dinámicas y generadora de importantes innovaciones tecnológicas, sin embargo, el surgimiento de la industria 4.0, la ha llevado a enfrenta grandes retos tanto a nivel mundial como de forma específica en México; entre ellos: El uso adecuado y funcional de la tecnología en los procesos dentro de la industria, la AI en la fabricación de automóviles así como la implementación de esta en los vehículos, la digitalización de herramientas enfocadas al cliente y el creciente mercado de automóviles eléctricos e híbridos.” Con lo cual se llega a la conclusión que tanto los objetivos como la hipótesis utilizada en esta tesis se logran cumplir a su cabalidad.

La industria automotriz tiene un largo camino recorrido en la historia moderno, por lo que en sus procesos productivos se han enriquecido a partir de lo que puede considerarse como sistemas productivos, donde se destacan, el Fordismo y el Toyotismo, como las empresas pioneras en la producción de automóviles, si bien, cada una tenía un enfoque diferente, Ford buscaba la producción en línea, teniendo por objetivo el desarrollo en mase de automóviles logrando ligar la producción y el consumo mismo. Manufacturando el modelo T siendo el momento en que la producción la línea entraría a la contienda del sector automotor, con un stock basto capaz de absorber clientes futuros, el fordismo se centralizaba en una tarea y área única para cada asociado, teniendo un margen de error mínimo, pero con un aprendizaje basado en experiencia mínimo. Por otra parte, Toyota cambia el enfoque que mantenía Ford, modificando la fabricación de vehículos y autopartes, teniendo como objetivo la reducción de costos, eliminando elementos que no generen valor a la cadena de suministro, desarrollando únicamente los artículos solicitados empleando el JIT, siendo este uno de los rasgos característicos de Toyota, si bien, Toyota tomó como base diversas ideas que se empleaban en Estados Unidos (Ford). Dentro de esta innovación Toyota se apoya de los principios de Jidoka (método lean, para la elaboración y progreso de productos) donde se analiza la anomalía, se suspende el proceso de esta, seguido de solventar el problema, averiguar la causa raíz y actuar.

Dentro de TPS el objetivo de este es eliminar las siete posibles mudas, las cuales no generan valor, también la producción modular forma parte elemental en estos procesos, debido a los cambios que han generado en el panorama en el que se desarrolla la industria tecnológica global, catalogada como área especializada donde se manufactura un producto en conjunto con el equipo quienes son los encargados de procesar determinadas piezas una por una hasta el producto final, generalmente cada módulo está formado por diversos operadores.

La industria 4.0 es sin duda alguna uno de los mayores desafíos para la industria automotriz, debido a los nuevos paradigmas que vienen con ella, sin embargo, la idea de la automatización no es totalmente nueva, desde el comienzo de la industria la automatización siempre estuvo presente, en cada uno de sus procesos, teniendo como meta facilitar las labores de la mano de obra.

Dentro de los retos que representa la implementación de la 4ta revolución industrial el principal es la incertidumbre que implica una nueva adición y los cambios que generan en cada uno de sus procesos, sin embargo, como se mencionó anteriormente, la industria se encuentra en plena metamorfosis, donde la adición de sistemas electrónicos está en un constante crecimiento, si bien, el progreso aún no se ha concretado, pero el cambio se encuentra presente. Otro de los retos, es la falta de infraestructura, un mundo hiperconectado, trae consigo cambios desde raíz, no solo en el entorno sino que también en los seres humanos siendo este otro de los desafíos que se presentan, el cómo volver a educar a las generaciones pasadas y las venideras para así lograr un funcionamiento y un recibimiento óptimo.

Otro de los retos que se presentan es el apoyo por parte de las autoridades, como se comentó en el presente trabajo, los cambios se han estado implementando pero el camino aún es largo.

Finalmente, cabe destacar que la implementación de la industria 4.0 dentro de cualquier proceso en cualquier tipo de industria, conlleva costos y adecuaciones en la parte operativa y administrativa, las cuales muy pocas empresas están dispuestas a invertir, esto ha creado un rezago con las compañías que anteriormente eran consideradas “Gigantes de la industria”, otras como es el caso de Toyota, han creado su propia versión

incluyendo sus ideologías, teniendo como resultado un Kaizen mejorado, así mismo, Tesla optó desde un inicio un enfoque directo a la I4.0, lo cual ha traído grandes beneficios a la compañía estadounidense.

La I4.0 es relativamente nueva y no está tan explotada como las revoluciones industriales pasadas, se puede llegar a la conclusión que, a medida que pasan los años la mejoría ha sido notoria. Logrando ensamblar un automóvil en minutos, cuando años atrás necesitabas días, teniendo una cantidad mayor de productividad y una reducción sustancial en tiempos, generando mayores ingresos.

Las empresas automotrices se encuentran en pleno desarrollo de mejores soluciones ante los retos que ha estado viviendo, en una constante innovación de lo que han logrado y que se puede mejorar, generando aún más avances y motivando a la competencia en su búsqueda. Los factores que se han suscitado irán incrementando la complejidad en sus procesos y la cadena de suministro, teniendo bajas y altas como se ha logrado ver a lo largo de los años.

“El futuro es hoy”, es una de las frases con mayor mención dentro del sector automotriz y es cierto, gracias a los diferentes avances y mejoras de procesos, la industria automotriz ha logrado mantenerse a flote aun con las complicaciones.

“No podemos progresar cuando estamos satisfechos con la situación actual.”-Taiichi Ohno

BIBLIOGRAFÍA

Ab&r (2021). big data, what it is and why it matters. [fecha de consulta 21 de julio de 2021]. consultado en : https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html

Ab&r (2021). what is rfid and how does rfid work?. [fecha de consulta 21 de julio de 2021]. consultado en : <https://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work/>

Ambiente, S. D. M. (2021). Ponte Pilas con tu Ciudad. Secretaría del Medio Ambiente. Recuperado 19 de junio de 2022, de <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/ponte-pilas-con-tu-ciudad>

Amda - asociación mexicana de distribuidores de automotores [amda]. (2021, 10 mayo). conferencia amda-amia-ina venta, produc.y export. vehículos y autopartes nuevas, abril 2021 [vídeo]. youtube. https://www.youtube.com/watch?v=bh7ybhrcewy&ab_channel=amda-asociaci%c3%b3mexicanadedistribuidoresdeautomotores

Argonne National Laboratory. (2021, 27 septiembre). Breakthrough research makes battery recycling more economical. Argonne. Recuperado 19 de junio de 2022, de <https://www.anl.gov/article/breakthrough-research-makes-battery-recycling-more-economical>

Association for advancing automation. (s. f.). 5 common applications of automotive robots. automate. recuperado 3 de diciembre de 2021, de <https://www.automate.org/blogs/5-common-applications-of-automotive-robots>

Audi [Audi USA]. (2016, 24 diciembre). Audi Campaign: «Let 's Change the Game» [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=Tstc6NmNAus&ab_channel=AudiUSA

Audi en México. (s. f.). en audi méxico avanzamos hacia el futuro. audi méxico. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.audi.com.mx/mx/web/es/audi-en-mexico.html>

AUDI. (2022). Explora el mundo con Audi connect. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.audi.es/es/web/es/innovacion-audi/audi-connect.html>

Banco de México. (1997). informe anual 1996. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7babe5fbc2-0e6e-4ab3-5f35-70890d0ea74d%7d.pdf>

Banco de México. (2000). informe anual 1999. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7b825fab55-8e10-949b-efd5-f13b80d8a4a9%7d.pdf>

Banco de México. (2001, abril). informe anual 2000. banxico. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7b278c7473-c2a7-94ce-d54c-cd613ee7673c%7d.pdf>

Banco de México. (2009). informe anual 2009. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7b2e1f4338-89d6-6731-c7bb-0f1c3d59a290%7d.pdf>

Banco de México. (2018, abril). Compilación de informes trimestrales correspondientes al año 2017. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7b9afc07a9-8815-9c56-bae7-a20162aa0e56%7d.pdf>

Banco de México. (2021, 31 agosto). Informe trimestral. abril-junio 2021. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/%7b67e312ed-e93d-ea9c-2a3f-8c20fee6c215%7d.pdf>

Banco de México. (2021a, abril 30). compilación de informe trimestrales. correspondientes al año 2020. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7b5c76a1ad-7080-9b9b-b2e7-2d97bfdd5b34%7d.pdf>

Banxico. (2009, abril). Resumen informe anual 2008. Banco de México. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-anuales/%7bdccd309d-9e97-ac66-6209-71063b9cce64%7d.pdf>

Barron, m. (s. f.). Stellantis media - planta ensamble toluca. stellantis. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://media.stellantisnorthamerica.com/newsrelease.do?id=19686&mid=904>

BBVA (2018). Los siete usos de la realidad aumentada que ya están aquí. consultado en: <https://www.bbva.com/es/siete-usos-realidad-aumentada-ya-estan-aqui/>

BMW Group. (2021). BMW Group planta San Luis Potosí, de México para el mundo. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.bmwgroup-werke.com/san-luis-potosi/es/informacion-acerca-de-la-planta/linea-del-tiempo.html>

BMW Group. (s. f.). Industry 4.0. recuperado 21 de diciembre de 2021, de <https://www.bmwgroup.com/en/innovation/company/industry-4-0.html>

BMW. (2022, 2 julio). Production [Vídeo]. BMW Group. <https://www.bmwgroup.com/en/company/production.html>

Bonilla Pastor, Elsie (2007). Diseño de un sistema de producción modular en una mediana empresa de confecciones. ingeniería industrial, (25),11-32.[fecha de consulta

12 de agosto de 2021]. issn: 1025-9929. disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337460076001>

Canosa, José (2007). Un fragmento de la historia contemporánea. la bomba atómica y los físicos de los álamos. *vivat academia*, (84),16-26.[fecha de consulta 11 de mayo de 2021].

Carbajal Suárez, y. (2015). Evolución, condiciones actuales y retos del sector automotriz en México y en el Estado de México (1st ed., pp. 19-140). Estado de México: d.r. © Universidad Autónoma del Estado de México.

Carbajal Suárez, Yolanda. (2012). El sector automotriz en el Estado de México. condiciones y retos de la cadena productiva. *Paradigma Económico*. (4)2, 29-59. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5958926.pdf>.

Carbajal Y. (2013). La competitividad de la industria automotriz en el Estado de México: condiciones y retos de la cadena automotriz-autopartes. tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. biblioteca central, UNAM.

Carbajal, Y. m. (2020, diciembre). La industria automotriz en México. el impacto de la pandemia por el covid-19. *economía actual*. recuperado 18 de noviembre de 2021, de <http://economia.uaemex.mx/publicaciones/e1304/eco.%20actual%2013.4.2-articulo%20yolanda.pdf>

Castellanos, J. (2016, septiembre). Industria automotriz y TLCAN: las empresas estadounidenses. *Revista UNAM*. recuperado 11 de noviembre de 2021, de <http://revistas.unam.mx/index.php/rof/article/viewfile/57736/51173>

Castro, E. (2021, febrero). Mazda inaugura su planta armadora en Guanajuato hace siete años. *mexico industry*. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://mexicoindustry.com/noticia/mazda-inauguro-su-planta-armadora-en-guanajuato-hace-siete-anos>

Catherine, S. (2022, 19 mayo). Impact of Industry 4.0 in Automotive Industry |. *Factana Computing Inc*. Recuperado 30 de mayo de 2022, de <https://www.fogwing.io/industry-4-0/industry-40-in-automotive-industry/>

Celis, F. (2017, 29 noviembre). Infiniti lanza crossover semiautónoma hecha en Aguascalientes. *forbes México*. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.forbes.com.mx/infiniti-lanza-crossover-semi-autonoma-hecha-en-aguascalientes/>

Cloudflare (2021). What is the cloud? | cloud definition. [fecha de consulta 30 de julio de 2021]. consultado en: <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/cloud/what-is-the-cloud/>

Cluster industrial. (2020, 21 enero). La planta compas en Aguascalientes producirá nuevo modelo de Infiniti, el qx 55. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/2001/la-planta-compas-en-aguascalientes-producira-nuevo-modelo-de-infiniti-el-qx55>

Cluster Industrial. (s. f.). Mercado de reciclaje de baterías de iones de litio valdrá \$22.8 mil MDD para 2030. Recuperado 19 de junio de 2022, de <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/4079/mercado-de-reciclaje-de-baterias-de-iones-de-litio-valdra-22-8-mil-mdd-para-2030#:~:text=manufacturera%20en%20M%C3%A9xico-,Mercado%20de%20reciclaje%20de%20bater%C3%ADas%20de%20iones%20de,%2422.8%20mil%20MDD%20para%202030&text=Un%20estudio%20reciente%20indica%20que,al%20final%20de%20la%20d%C3%A9cada>.

Corporation, F. A. [FANUC America Corporation]. (2021, 29 enero). Automated Vehicle Plug Insertion System Provides Multiple Benefits [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=4I8DML-5nxw&t=74s&ab_channel=FANUCAmericaCorporation

Corporation., t. m. (2019, 5 noviembre). Woven capital invests in up.partners' new venture capital fund dedicated to powering the future of mobility through emerging technology | corporate | global newsroom. Toyota motor corporation official global website. recuperado 23 de enero de 2022, de https://global.toyota/en/newsroom/corporate/36194606.html?_ga=2.90710994.914408656.1642967329-193698387.1642733395

Corporation., t. m. (2019a, noviembre 5). Toyota's discerning approach to car-making and challenges for the future | corporate | Global newsroom. Toyota motor corporation official global website. recuperado 23 de enero de 2022, de <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/35891478.html>

CRC Press, Taylor & Francis Group. (s. f.). Hybrid & Electric Vehicles. Routledge. Recuperado 19 de junio de 2022, de https://www.routledge.com/rsc/downloads/CRC_Hybrid_Vehicles_Freebook.pdf

Deloitte (2017), Forces of change: industry 4.0, consultado en <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html> (18 de julio de 2021)

Deloitte (2021). Industry 4.0 and the digital twin. manufacturing meets its match. [fecha de consulta de 30 de julio de 2021]. consultado en : <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/industry-4-0-and-the-digital-twin.html>

Deloitte. (2020, 10 junio). Swim, not just float. Deloitte Insights. Recuperado 19 de junio de 2022, de <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/industry-4-0-business-models.html>

Deloitte. (2020, 31 julio). Sector automotriz. deloitte México. recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/sector-automotriz-frente-t-mec.html>

Deloitte. (2022). 2022 Global Automotive Consumer Study. Key Findings: global focus countries. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/manufacturing/articulos/estudio-consumidor-automotriz-2022.html>

Do, d. (2017, 5 agosto). What is muda, mura, and muri? the lean way. <https://theleanway.net/muda-mura-muri>

EUTUI. (2020). The challenge of digital transformation in the automotive industry Jobs, upgrading and the prospects for development. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www.etui.org/sites/default/files/2020-09/The%20challenge%20of%20digital%20transformation%20in%20the%20automotive%20industry-2020.pdf>

Excélsiortv Dinero. (2021, 22 julio). Reglas de origen del sector automotriz en el t-mec [vídeo]. youtube. https://www.youtube.com/watch?v=vneynz9fm3k&ab_channel=exc%c3%a9lsiortvdinero

Expansión. (2020, 8 julio). El t-mec entra en vigor, pero la industria automotriz aún tiene muchas dudas. recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://expansion.mx/empresas/2020/07/08/el-t-mec-entra-en-vigor-pero-la-industria-automotriz-aun-tiene-muchas-dudas>

Fanuc. (s. f.). Automation for the automotive industry. recuperado 3 de diciembre de 2021, de <https://www.fanuc.eu/il/en/industrial-automation/automotive>

Ford Motor Company (2017), El legado de Henry Ford, consultado en <https://www.ford.es/acerca-de-ford/historia> (12 de abril de 2021)

Ford Motor Company. (2015, 28 abril). Con una inversión de 1.1 mil millones de usd, ford pone hoy primera piedra de nueva planta de motores en chihuahua | mexico | español | sala de prensa de ford. ford media center. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/mx/es/news/2015/04/28/con-una-inversion-de-1-1-mil-millones-de-usd--ford-pone-hoy-prim.html>

Ford Motor Company. (2021, 19 noviembre). Ford Hermosillo, 35 años poniendo a México en alto | México | español | sala de prensa de ford. ford media center. recuperado 26 de noviembre de 2021, de

<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/mx/es/news/2021/11/19/ford-hermosillo.html>

Ford Motor Company. (s. f.). Ford y Hermes desarrollan el futuro de las entregas con conducción autónoma. Ford. recuperado 13 de enero de 2022, de <https://www.ford.mx/blog/innovacion/investigacion-hermes-entregas-conduccion-autonoma-jul2021/>

Ford Motor Company. (s. f.-b). Ford y sk innovation apuntan al futuro eléctrico con desarrollo de baterías de mayor capacidad. Ford. recuperado 13 de enero de 2022, de <https://www.ford.mx/blog/innovacion/alianza-sk-innovation-baterias-mayor-capacidad-may2021/>

Ford Motor Company. (s. f.-b). Worldwide locations. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://corporate.ford.com/operations/locations/global-plants/sanand-vehicle-and-engine-assembly-plant.html>

Fulthorpe, m., & amsrud, p. (2021, 1 junio). Semiconductor shortage update: nearly one million vehicles delayed. ihs markit. recuperado 19 de noviembre de 2021, de <https://ihsmarkit.com/research-analysis/semiconductor-shortage-update-one-million-vehicles-delayed.html>

Fumec (2018), Desentramando la industria 4.0, una oportunidad para México, consultado http://fumec.org/blog_3 (10 de marzo de 2021)

García, b. (2017, 30 junio). Invierte baic motor 30 mdd en Veracruz. somos industria. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.somosindustria.com/articulo/invierte-baic-motor-30-mdd-en-veracruz/>

General motors. (2021, 13 mayo). Gm celebra 40 años de la fundación de complejo ramos arizpe. Media gm. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://media.gm.com/media/mx/es/gm/news.detail.html/content/pages/news/mx/es/2021/may/40aniversarioramossarizpe.html>

Gm. (s. f.). General Motors México. general motors. recuperado 26 de noviembre de 2021, de https://www.gm.com.mx/corporativo/gm_mexico/presencia_gm_mexico/complejos_manufactura/

GommeBlog.it: Car & Performance. (2019, 14 abril). BMW Car Factory ROBOTS - Fast Manufacturing [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=P7fi4hP_y80&ab_channel=GommeBlog.it%3ACar%26Performance

H. ayuntamiento de silao. (2021, 29 enero). Volkswagen México planta silao arranca nueva producción con tecnología innovadora. silao evoluciona. recuperado 26 de

noviembre de 2021, de <https://www.silaodelavictoria.gob.mx/web/es/noticias/volkswagen-mexico-planta-silao-arranca-nueva-produccion-con-tecnologia-innovadora>

Herreros, r. d. (2021, 24 mayo). La crisis de los semiconductores empeora: así te afecta si quieres comprar un móvil, un ordenador o un coche. elmundo. recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://www.elmundo.es/tecnologia/2021/05/24/60a7c903fdddf53328b464a.html>

Honda México. (2021, 18 mayo). La planta de Honda en Jalisco: pieza clave para el negocio de motocicletas de la marca en México [comunicado de prensa]. https://www.honda.mx/rp/wp-content/documentos/boletin_la_planta_de_honda_en_jalisco_pieza_clave_para_el_negocio.pdf

Honda México. (s. f.). Acerca de Honda. Honda de México. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.honda.mx/acerca>

Hwang, j. (2021, 23 septiembre). Samsung to make tesla 's hw 4.0 self-driving auto chip. The korea economic daily global edition. recuperado 24 de enero de 2022, de <https://www.kedglobal.com/newsview/ked202109230009>

IBM (2020), Big data analytics, consultado en https://www.ibm.com/analytics/hadoop/big-data-analytics?cm_sp=scheduler_-_copychng1_-_v (18 de mayo de 2020)
IBM (2021). What is cybersecurity?.[fecha de consulta 30 de julio de 2021]. consultado en: <https://www.ibm.com/topics/cybersecurity>

Inegi. (2021, 8 noviembre). Resultados del registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros correspondiente a octubre de 2021. recuperado 16 de noviembre de 2021, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/rm_raiavl/rm_raiavl2021_11.pdf

INEGI. (2022, mayo). Sala de prensa. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=7390>

Innovación económica. (2021, 25 junio). Una de las plantas más rápidas de Nissan está en Aguascalientes. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://innovacioneconomica.com/una-de-las-plantas-más-rapidas-de-nissan-esta-en-aquascalientes/>

Innovative automation. (2020, 10 julio). The future of manufacturing: automotive automation. recuperado 3 de diciembre de 2021, de <https://www.innovativeautomation.com/future-manufacturing-automotive-automation/>

Iso. (2016, 8 marzo). Iso 10218–1:2011. recuperado 4 de diciembre de 2021, de <https://www.iso.org/standard/51330.html>

Jr automation. (s. f.). Robotic automotive automation manufacturing solutions. jr automation a hitachi group company. recuperado 3 de diciembre de 2021, de <https://www.jrautomation.com/industries/automotive>

Kanbanize. (2021). What is jidoka? kanban software for agile project management. <https://kanbanize.com/continuous-flow/jidoka>

KIA México. (s. f.). Conoce nuestra planta. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://dealers.kia.com/mx/fresnillo/experience/planta-nuevo-leon.html>

KIA motors. (2018). Kia motors sustainability magazine 2018. kia. recuperado 23 de enero de 2022, de <https://www.kia.com/content/dam/kwcms/kme/se/sv/assets/contents/about-kia/hallbarhet/2018-sustainability-report.pdf>

KUKA - Robots & Automation. (2020, 12 marzo). Highly flexible AGV solution in truck cabin production [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?time_continue=185&v=SkqmE4lLHs&feature=emb_logo&ab_channel=KUKA-Robots%26Automation

Kuka ag. (2019, 10 abril). Automation in the automotive industry. recuperado 2 de diciembre de 2021, de <https://www.kuka.com/en-de/industries/automotive>

La vanguardia (2019), Karl Benz y la creación del primer automóvil..., consultado en <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historiacontemporanea/20191125/471783996973/karl-benz-automovil.html> (6 mayo de 2021)

Lean construction Mexico. (2020, 23 septiembre). ¿Qué es y en qué consiste la filosofía kaizen? pasos y ejemplos. leanconstructionmexi. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/qu%c3%a9-es-y-en-qu%c3%a9-consiste-la-filosofia-kaizen-pasos-y-ejemplos>

Liker, j. k. (2020). Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo (2da ed., vol. 1). Paidós.

Linke rebecca (2017). Additive manufacturing, explained. mit management. consultado en: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained>

López Arévalo, Jorge, & Peláez Herreros, Óscar. (2015). El desigual impacto de la crisis económica de 2008-2009 en los mercados de trabajo de las regiones de México: la frontera norte frente a la región sur. contaduría y administración, 60(supl. 2), 195-218. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.05.004>

Martín, E. (2021, 7 octubre). La revolucionaria técnica para reciclar baterías de coches eléctricos que promete abaratar su coste. Motorpasión. Recuperado 19 de junio de 2022, de <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/revolucionaria-tecnica-para-reciclar-baterias-coches-eléctricos-que-promete-abaratar-su-coste>

Medina, J (2019, 11 septiembre). Muda: el peor desperdicio es el que no conoces. Toyota. <https://blog.toyota-forklifts.es/muda-el-peor-desperdicio-es-el-que-no-conoces>

Mora-Sánchez, D., & Guerrero-Marín, I. (2020). Industria 4.0: el reto en la ruta hacia las organizaciones digitales. Estudios de la gestión: revista internacional de administración, (8), 186-209. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.7>

Mortimore, Michael y Faustino Barrón (2005), "Informe sobre la industria automotriz mexicana", serie desarrollo productivo, núm. 162, comisión económica para América latina y el caribe, naciones unidas, santiago de chile. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4555/s054232_es.pdf?sequence=1&isallowed=y

Nieblas, M. (2021, 4 noviembre). Sector automotriz en México. Deloitte México. recuperado 16 de noviembre de 2021, de <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/sector-automotriz-en-mexico-cuando-vendra-la-recuperacion.html>

Nieblas, M. (2021a, junio 9). Semiconductores. Deloitte México. recuperado 18 de noviembre de 2021, de <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/semiconductores-freno-a-industria-automotriz.html>

Nisaan. (2016, 26 abril). Nissan celebra un año de operaciones del centro de distribución vehicular en la planta aguascalientes a2. nisaan motor corporation. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://mexico.nissannews.com/es-mx/releases/release-3c225702e51b4b019eddddc7969701f6-nissan-celebra-un-a-o-de-operaciones-del-centro-de-distribuci-n-vehicular-en-la-planta-aguascalientes-a2>

Nissan. (2016, 23 abril). #civac50años: El origen de una poderosa historia de manufactura en México. sala de prensa oficial de México. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://mexico.nissannews.com/es-mx/releases/release-1fff760998a94047b4093720a032d747-nissan-planta-civac-el-origen-de-una-poderosa-historia-de-manufactura-en-m-xico>

Ohno, Taiichi. Toyota Production system: beyond large- scale production. Portland, productivity press, 1988.

Ortiz Clavijo, Luis Felipe, & Fernández Ledesma, Javier Darío, & Cadavid Nieto, Santiago, & Gallego Duque, Carlos Julián (2018). Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0. lámpsakos, (20),68-75.[fecha de consulta 8

de julio de 2021]. issn: disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=613964507007>

Oscar Limón. (s. f.). Giant Motors Latinoamérica. giant motors latinoamérica. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <http://gml.mx/>

Pal, A. (2018, 8 marzo). Modular production systems. linkedin.
<https://www.linkedin.com/pulse/modular-production-systems-aschint-pal>

Pérez Rodríguez, R., & Ahuett Garza, H., & Molina Gutiérrez, A., & Rodríguez González, c. (2005). El diseño modular en el contexto del desarrollo de máquinas herramienta reconfigurables. ingeniería mecánica, 8(2),51-58.[fecha de consulta 27 de septiembre de 2021]. issn: . disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225118187007>

Plant automation technology. (2018, 7 marzo). Top 4 automation technologies used in automotive industry. recuperado 4 de diciembre de 2021, de <https://www.plantautomation-technology.com/articles/top-automation-technologies-used-in-automotive-industry>

Sachon, m., “Los cinco puntales de la cadena de valor en la industria 4.0”. Revista iese insight, no 33 (2017): pp. 15- 22.

Sampietro-Saquicela, J. (2020). Transformación digital de la industria 4.0. Polo del conocimiento, 5(8), 1344-1356. doi: <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i8.1666>

Sánchez, A. (2021, 17 mayo). Tres tormentas que amenazan al sector automotriz de México en 2021. el financiero. recuperado 24 de noviembre de 2021, de <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/2021/05/17/tres-tormentas-que-amenazan-al-sector-automotriz-de-mexico-en-2021/>

Sánchez, c. (2014) “Automatización en la industria automotriz: conceptos y procesos”. desarrollo tecnológico e innovación empresarial, 3(2), 2-5. issn 2322-8725

Sandoval-Ibarra, F. (2001). El silicio y sus propiedades como material sensor. Revista Mexicana de física, 47(2), 107–115.
<http://revistas.unam.mx/index.php/rmf/article/view/13742>

Sas insights (2021). Internet of things (iot). What it is and why it matters. [fecha de consulta 21 de julio de 2021]. consultado en: https://www.sas.com/en_in/insights/big-data/internet-of-things.html#history

Secretaría de economía - automotriz. (s. f.). Secretaría de Economía. recuperado 22 de octubre de 2021, de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/informacion-sectorial/automotriz#:~:text=la%20industria%20automotriz%20juega%20un,los%20principales%20mercados%20del%20mundo.>

Secretaría de Economía. (2016, 14 noviembre). Se instala planta de Toyota en Apaseo el Grande, Guanajuato. gobierno de México. Recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.gob.mx/se/articulos/se-instala-planta-de-toyota-en-apaseo-el-grande-guanajuato?idiom=es>

Staff, f. (2021, 29 octubre). Ford parará planta de Hermosillo la próxima semana por falta de materiales. Forbes México. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.forbes.com.mx/negocios-ford-parara-planta-hermosillo-proxima-semana-falta-materiales/>

Stellantis. (s. f.).Stellantis media. Media Stellantis. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://media.stellantisnorthamerica.com/newsroom.do?id=405&mid=904>

Tagüeña, j. (2005). ¿Qué es un semiconductor? (1° ed., vol. 1). Dirección general de divulgación de la ciencia. http://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb_04.pdf

Tech vision. (2020, 9 octubre). Inside tesla 's \$5 billion gigafactory [vídeo]. youtube. https://www.youtube.com/watch?v=gpfqylyf1du&ab_channel=techvision

Tesla. (2022, 6 enero). Introducing software v11.0. recuperado 24 de enero de 2022, de <https://www.tesla.com/blog/introducing-software-v11-0>

Torrijos, A. (2022, 14 marzo). Industria automotriz: ¿cómo 'acelerar' y superar los desafíos de 2022? Deloitte México. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/desafios-para-la-industria-automotriz-2022.html>

Toyota (2020), La historia de Toyota es una sucesión de mejores momentos, consultado en <https://www.toyota.mx/somos-toyota> (12 de mayo de 2021)

Toyota tsusho corporation de México (2016), Historia, consultado en <https://www.toyotafl.com.mx/historia/> (12 de mayo de 2021)

Toyota. (2021, 11 octubre). Toyota motor manufacturing de baja california, s. de r.l. de c.v. (tmmbc) fact sheet. Toyota usa newsroom. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://pressroom.toyota.com/toyota-motor-manufacturing-de-baja-california-s-de-rl-de-cv-tmmbc-fact-sheet/>

Toyota. (2021, 26 agosto). Toyota 's discerning approach to car-making and challenges for the future [vídeo]. youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=1sdrwbwdmra&t=4s>
Twi (2020), What is additive manufacturing? definition and processes, consultado en <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-additive-manufacturing> (17 de mayo de 2021).

Vehicle Inspection System. (2018, 5 enero). Automatic Vehicle Inspection - UVIS [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=ouxs4kHKt0U&ab_channel=UVeye

Vicencio Miranda, Arturo (2007). La industria automotriz en México. antecedentes, situación actual y perspectivas. Contaduría y administración, (221),211-248.[fecha de consulta 27 de agosto de 2021]. issn: 0186-1042. disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39522110>

Villarreal, R. (2000). Industrialización, deuda, y desequilibrio externo en México. un enfoque macroindustrial y financiero. (1929-2000). Fondo de cultura económica. México.

Volkswagen. (2019, 11 junio). High-tech in production. Volkswagen newsroom. recuperado 18 de enero de 2022, de <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/high-tech-in-production-5540>

Volkswagen. (2019, 27 marzo). «Industry 4.0: we make it happen!» Volkswagen newsroom. recuperado 14 de enero de 2022, de <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/industry-40-we-make-it-happen-4779>

Volkswagen. (2020, 14 octubre). Volkswagen group invests in automation. recuperado 17 de enero de 2022, de <https://www.volkswagenag.com/en/news/2020/10/volkswagen-group-invests-in-automation-for-emen-hanover-and-chattanooga.html#>

Volkswagen. (2021, 14 julio). Planta de ensamblado Volkswagen de México. recuperado 26 de noviembre de 2021, de <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/cultura/ensambladora-volkswagen-mexico-2.html>

Volkswagen. (s. f.). Volkswagen group innovation. recuperado 17 de enero de 2022, de <https://www.volkswagenag.com/en/group/group-innovation.html>

Volvo buses. (2018, 18 junio). World premiere – introducing a new autonomous electric bus Volvo buses [vídeo]. youtube. https://www.youtube.com/watch?v=f3lrnfgfoyi&ab_channel=volvobuses

Volvo construction equipment. (2018, septiembre). Hx2 load carrier factsheet (n.o 556021–9338). Volvo concept lab. <https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/global-site/this-is-volvo-ce/brochures/volvo-ce-press-information-hx2-factsheet.pdf?v=sgdapw>

Volvo group videos [volvo]. (2018, 12 septiembre). Discover how automation creates new opportunities [vídeo]. youtube. https://www.youtube.com/watch?v=a97h4hxws6o&ab_channel=volvogroupvideos

Volvo trucks. (2017, 19 Junio). Volvo trucks - the world's first self-driving truck in an underground mine [vídeo]. youtube. https://www.youtube.com/watch?v=uolstengtq8&ab_channel=volvotrucks

Volvo. (2018, 19 junio). Focus on automation. volvo group. recuperado 7 de diciembre de 2021, de <https://www.volvogroup.com/en/news-and-media/news/2018/jun/focus-on-automation.html>

VOLVO. (s. f.). Design your C40 Recharge. Volvo Group. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.volvocars.com/us/build/c40-electric>

Volvo. (s. f.). Innovation summit. volvo group. recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.volvogroup.com/en/future-of-transportation/innovation/innovation-summit.html>

Ynzunza cortés, carmen berenice, & izar landeta, juan manuel, & bocarando chacón, jacqueline guadalupe, & aguilar pereyra, felipe, & larios osorio, martín (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. conciencia tecnológica, (54), [fecha de consulta 19 de abril de 2021]. issn: 1405-5597. disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>.

Zdnet (2020), what is the iot? everything you need to know about the internet of things right now, consultado en <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/> (17 de mayo 2021).

Zuccarino, Maximiliano (2012). modelos estadounidense-fordista y japonés-toyotista: ¿dos formas de organización productiva contrapuestas? Un estudio de caso: trabajadores bolivianos afiliados a la federación obrera local (fol) en la primera mitad del siglo xx. Historia caribe, vii(21),197-215.[fecha de consulta 20 de julio de 2021]. issn: 0122-8803. disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93726861009>