



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Instalación y Puesta a Punto
de Línea de Ensamble para
Nuevo Modelo de Vehículo
Automotriz**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

David Rodríguez Yáñez

ASESOR DE INFORME

M.I. Mariano García Del Gállego



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado INSTALACION Y PUESTA A PUNTO DE LINEA DE ENSAMBLE PARA NUEVO MODELO DE VEHICULO AUTOMOTRIZ que presenté para obtener el título de INGENIERO MECATRÓNICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

DAVID RODRIGUEZ YAÑEZ
Número de cuenta: 302266975

Agradecimientos

Agradezco primeramente a mis padres y hermanos que me impulsaron a continuar y que estuvieron ahí en todas mis noches de desvelo; agradezco a mis profesores que han aportado cada uno de ellos con su experiencia un pequeño fragmento de conocimiento hasta hacerlo inmenso; también agradezco a mis amigos y compañeros que me acompañaron en este largo camino haciéndolo más breve y ameno, y por último pero no menos importante agradezco a la Facultad de Ingeniería y a la UNAM, nobles instituciones que han formado a miles de profesionales y dejado en ellos como a mí, conocimiento, experiencia y espíritu.

*A mis padres,
cuyo apoyo, esfuerzo, cariño y dedicación me
permitieron alcanzar este hito tan importante
en mi vida.*

Índice

1. Descripción del reporte	3
1.1. Objetivo general	4
1.2. Objetivos particulares	4
1.3. Nota general del informe	4
1.4. Descripción de la empresa y puesto de trabajo	5
1.5. Antecedentes	7
1.6. Contexto de la participación profesional	7
1.7. Metodología	8
2. Fases del proyecto	10
2.1. Pre VC-LOT (Instalación de equipos)	10
2.2. VC-LOT	13
2.3. SAIGEN	20
2.4. BODY JIG	21
2.5. Pre PT	22
2.6. Body Jig 2	25
2.7. PT1	26
2.8. PT2	28
2.9. FVC	31
2.10. CMP	32
2.11. SOP (Start Of Production)	34
2.12. SOP+3 (Start Of Production + 3 Months)	35
3. Análisis de resultados y conclusiones	36
3.1. Resultados obtenidos:	36
3.2. Conclusiones	37
4. Bibliografía	38

1. Descripción del reporte

Este reporte retoma todas las actividades laborales que realicé durante mi estancia en una popular empresa automotriz con sede en México en el periodo de 3 años (2017 - 2020). El reporte está compuesto de doce partes que describen las distintas actividades que tuve a cargo durante dicho periodo, desempeñando labores de ingeniero de manufactura, ingeniero de proyectos e ingeniero de instalaciones. Durante el periodo de estancia en los distintos cargos realice actividades muy variadas por lo que en los capítulos subsecuentes los describiré de manera general, pero resaltando las actividades de carácter más ingenieril, cabe mencionar que no presento todas las actividades que realicé, si no las principales actividades durante el proyecto de instalación de la línea de ensamblaje (manual, semiautomática y automática) en el área de plataforma de carrocería para la producción del nuevo modelo de vehículo tipo sedán que fue introducido en el mercado en el año 2020.

Para el reporte haré uso de imágenes, esquemas, tablas y principalmente fotografías en la que se apreciarán las actividades con una breve explicación y en ocasiones una breve introducción a modo de marco teórico para entender un poco mejor qué es lo que se realizó, como y porque. También se expondrán los principales aprendizajes obtenidos durante mi actividad laboral.

1.1. Objetivo general

Instalar y poner a punto la nueva línea de ensamblaje de la plataforma de la carrocería para el nuevo modelo del vehículo fabricado en la planta local.

1.2. Objetivos particulares

Se cumplieron los siguientes objetivos particulares:

- Realizar el diagnóstico de los problemas previos existentes en el modelo anterior
- Búsqueda de problemas latentes en el diseño de los nuevos bancos de ensamble a instalar y se corrigieron desde su origen
- Instalación de todos los nuevos equipos de acuerdo a las especificaciones dadas por la planta matriz
- Diagnosticar los problemas de ensamble de los nuevos paneles de acuerdo a mediciones y su corrección para el cumplimiento de la norma establecida
- Alcanzar el tiempo ciclo establecido para la producción masiva
- Arrancar producción de manera gradual y en convivencia con el modelo previo
- Dar seguimiento y soporte en el cumplimiento de la calidad del producto durante 3 meses posterior al arranque de producción masiva para la búsqueda y corrección de disconformidades con la norma o clientes de procesos subsecuentes

1.3. Nota general del informe

Las imágenes presentadas en este informe son en su gran mayoría obtenidas de la red para fines meramente ilustrativos y no se apegan exactamente a la realidad, esto con la intención de representar lo que se está explicando sin comprometer la información privada y protegida de la empresa. También se han evitado mencionar los nombres de la empresa, los proveedores y colaboradores para no comprometer información privada o sensible.

1.4. Descripción de la empresa y puesto de trabajo

La empresa donde estuve laborando se hará referencia como “la empresa”, pertenece a la industria automotriz y es uno de los principales ensambladores en México, de alcance transnacional con plantas de ensamble en muchas partes del mundo como muchas de los más grandes fabricantes de vehículos para el mercado de consumo no especializado. En México cuenta con mas de 15 mil empleados y tiene una presencia de mas de 60 años, ofrece vehículos de diferentes características y segmentos (compacto, sedán, SUV, pick-up, VAN, etcétera). Existen varios proveedores de la empresa locales e internacionales. El “vehículo” pertenece a un segmento de entrada y tiene una gran popularidad nacional e internacional, es de tipo sedán con 5 plazas y se ofrece en varias versiones, por lo que se fabrica para varios destinos en el mundo, afectando ligeramente las especificaciones. En este reporte se hace referencia al “nuevo modelo” y “modelo actual” para diferenciar a la nueva línea de ensamble que se implementó durante el desarrollo de mi actividad laboral y al que ya estaba en producción (y que sería discontinuado) respectivamente.

En cuanto a mi puesto de trabajo varía en función de la fase de la instalación en que me encontraba, pasando de ingeniero de proceso ->ingeniero de proyecto ->ingeniero de instalaciones ->ingeniero de proceso, pero siempre desde la sección de manufactura, desarrollándome en la planta de carrocerías en el área de plataforma (FLOOR - Piso).

A continuación menciono las principales actividades y responsabilidades que desarrolle en el proyecto y en mi puesto en general:

- Desarrollo de proyectos de mejora de procesos, aumento de eficiencia y reducción de costos.
- Control de procesos de ensamble y subensamble de carrocería, principalmente en cuestiones de precisión, repetibilidad y confiabilidad
- Instalación de nuevos equipos industriales para mejora de eficiencia y modificación de líneas de ensamble automáticas
- Creación y modificación de programas de soldadura por puntos para robots industriales
- Elaboración, modificación y mantenimiento de manuales de ensamble y documentación afín (diagramas, cartas, guías, etcétera)
- Elaboración y exposición periódica de reportes de avance
- Análisis de calidad de producto entrante y saliente
- Instalación, modificación y optimización de herramental para las instalaciones de fabricación del nuevo modelo

- Mejora de la ergonomía y aumento de seguridad en planta
- Verificación y seguimiento en el cumplimiento de normas y estándares de calidad

1.5. Antecedentes

En la industria automotriz es común que cada cierto tiempo el modelo en producción sea cambiado por un modelo más atractivo o adecuado al cambiante mercado para satisfacer las nuevas exigencias y necesidades de un mercado constantemente en cambio. En la empresa donde laboré el cambio de modelo se realiza cada 5 o 6 años para un cambio completo en el modelo (Full Change) y hay actualizaciones del mismo modelo cada año para la mayoría de los destinos (países y regiones donde es comercializado el vehículo), generalmente con cambios menores (Minor Change).

En la industria automotriz se entiende y se refiere a plataforma (y que yo también me refiero de esa manera en este reporte) como la parte del vehículo que sirve de base y es donde se montan las demás partes o secciones del vehículo, por lo que se puede considerar el como el “chasis” y para cuestiones prácticas se puede decir que es el piso (FLOOR) y que de hecho, algunas partes de la plataforma son llamadas con ese denominador.

A saber, la plataforma está integrada por 3 partes principales (siendo estos subensambles de nivel medio y no paneles fundamentales) y que describo a continuación:

- ENG COMP: Se refiere al segmento delantero del compartimento del motor
- FR FLOOR: Es parte propiamente del piso, abarca la parte delantera de la cabina de pasajeros y es la parte media del vehículo
- RR FLOOR: La sección trasera de la cabina de pasajeros y la sección del porta equipaje y llanta de refacción

1.6. Contexto de la participación profesional

Para alcanzar el fin de la instalación del nuevo modelo, se realiza un estudio de los cambios a realizarse en planta a nivel infraestructura, instalaciones, materiales, empaquetado, procesos productivos, personal, normativas y controles de calidad, es decir, se revisa todos los aspectos que involucran la producción actual para preparar los cambios para la futura producción del nuevo modelo, este proceso se realiza cuando menos 18 meses antes del arranque de la producción masiva para garantizar un inicio de producción (SOP - Start Of Production) confiable, seguro y expedito. En esta temprana fase se involucran a los ingenieros de manufactura, ingenieros de producción e ingenieros de calidad principalmente para llevar todo el proceso, llevando el rol de ingenieros de proyecto, es en este caso donde tomé mi participación como ingeniero de proyecto especialista en manufactura responsable del área de plataforma y es lo que relato en este reporte.

1.7. Metodología

La metodología que se utilizó es la propia de la empresa, con la que se realizan todos los cambios de modelo año tras año para todos los modelos que fabrica la empresa, dicha metodología es muy extensa y compleja, por lo que recibí múltiples capacitaciones a lo largo de toda mi estancia en la empresa, pero se puede resumir de acuerdo a las fases principales por las que transita el proyecto, que las menciono a continuación:

- Pre VC-LOT (Pre Vehicle Confirmation LOT - Previo al LOTE de Confirmación de Vehículo) Es la fase de preparación previa al proyecto, se realiza dentro de planta y se analizan las instalaciones actuales
- VC-LOT (Vehicle Confirmation LOT - LOTE de Confirmación de Vehículo) Es la primera fase del proyecto para la planta de ensamble, se realiza en GPEC, se valida todo los equipos previo embarque a planta de ensamble
- SAIGEN (Confirmación del ajuste a la llegada de los bancos de subensamble) Una vez llegados los equipos a la planta de ensamble se confirma el buen estado de los equipos
- BODY Jig (Ajuste de plantilla de ensamble de la carrocería completa) Se comprueban las instalaciones con una unidad de prueba de alta precisión y exactitud de la planta madre
- Pre PT (Pre Production Trial - Previo a la Tentativa de Producción) Preparativos antes de los lotes de prueba de producción
- Body Jig 2 (Ajuste de plantilla de ensamble de la carrocería completa 2) Confirmación de precisión y exactitud de una unidad completa fabricada en la planta de ensamble
- PT1 (Production Trial 1 - Tentativa de Producción 1) Primer lote de prueba de producción
- PT2 (Production Trial 2 - Tentativa de Producción 2) Segundo lote de prueba de producción
- FVC (Final Vehicle Confirmation - Confirmación de Vehículo Final) Últimos ajustes de calidad para producción de vehículos
- CMP (Conclusion of Mutual Production - Conclusión de Producción Mutua) Se termina la producción del modelo actual, sólo se producen vehículos nuevos
- SOP (Start Of Production) Inicio de producción masiva de vehículos
- SOP+3 (Start Of Production + 3 Months) Soporte posterior de 3 meses por parte del grupo de proyectos

Se debe tener en cuenta que dichas fases no son excluyentes mutuamente y pueden ocurrir (de hecho lo hacen comúnmente) simultáneamente (generalmente traslapando 2 o 3 fases). Además ocurren muchas actividades paralelas de menor importancia para efectos del informe (no así para la producción y desarrollo del proyecto) pero que decidí no incluir para mantener la brevedad, claridad y coherencia del escrito.

En el siguiente capítulo se describe cada una de las fases a mayor detalle con fotos de partes relevantes de cada fase y las principales actividades que realicé.

2. Fases del proyecto

2.1. Pre VC-LOT (Instalación de equipos)

Realicé un monitoreo de las instalaciones ya existentes del modelo en producción para encontrar problemas recurrentes que se pueden modificar y corregir para el nuevo modelo que iba a instalarse. Muchos de estos problemas que hubo en el origen del modelo actual se corrigieron de manera temporal o definitiva, pero en el nuevo modelo se deseaba que fueran corregidos desde su origen y así evitar acarrearlos en el siguiente modelo.

Esta parte del proyecto la realicé en 2 tiempos, una inicial, previo al viaje a las instalaciones del fabricante de las nuevas estaciones de ensamble en GPEC (Tokio, Japón) y una segunda parte, posterior al viaje tuve que esperar 3 meses aproximadamente para el arribo de las estaciones, equipo y herramental necesario para ser instalado; entre los embarques cabe destacar los envíos de las estaciones de ensamble manual para los operadores, las estaciones semi automáticas para colaboración humano-máquina y las modificaciones a las estaciones completamente automáticas con robots industriales exclusivamente.

Todo el equipo viene empaquetado en contenedores para ser transportados en su mayoría por buques transatlánticos que son enviados desde la fábrica en Japón, llegando a la aduana en Manzanillo y posteriormente en transporte terrestre (tren o tractocamión) hasta la planta de ensamblado local. Para tal efecto se realiza el proceso de desconsolidación en el que yo o algún integrante de mi equipo participó para la apertura, inspección y catalogación de la carga del contenedor, con la intención de ratificar que el equipo llega completo y en buenas condiciones.

Coordiné el manejo de un herramental para la modificación de la línea de ensamble ENG COMP que realicé al inicio de las instalaciones. Esta modificación permitió la fabricación simultánea de ambos modelos de vehículo al hacer posible el intercambio de herramental con el que se toma el ensamble del ENG COMP como pieza y se introduce a la estación, ya que al ser geométricamente diferentes no es posible tomar las piezas de diferentes modelos con el mismo herramental.

Este tipo de modificación para intercambio de herramental la implementé en varias estaciones donde fue requerido. Cabe mencionar que esta modificación sólo es utilizada durante la convivencia de ambos modelos (actual y nuevo) y después su uso es discontinuado en la fase CMP hasta dentro de varios años en la reintroducción de cambios para cambio de un nuevo modelo.



Figura 1: Origen de la imagen: <https://www.rieonline.com/>

Para el manejo de carrocerías completas (llamado BODY) hay bases móviles para portar la plataforma y son llamados "pallets". En este caso realicé una prueba de interferencia mecánica de los robots de línea de ensamblaje de resoldado con el pallet y otros robots a muy baja velocidad; primeramente la prueba se realiza con un sólo robot a la vez, interactuando con su entorno y el pallet, posteriormente se corrigen interferencias y si todo funciona bien se repite la prueba pero ahora de varios robots contiguos dentro de su vecindad para confirmar la interacción entre ellos. Finalmente todos los robots de la estación completa se habilitan simultáneamente a baja velocidad y si no surgen problemas se hacen varios ciclos de prueba a alta velocidad.



Figura 2: Origen de la imagen: <https://www.freepik.es/fotos-premium/carrocerias-automoviles-estan-fabrica-linea-montaje-produccion-automoviles-industria-automotriz-moderna-automovil-23748089.htm>

Cada estación es diferente en cantidad, tipo, tamaño y posición de los robots y las máquinas soldadoras que tienen montadas como órgano terminal (llamadas PSW - Portable Spot Welder) por lo que cada robot de las 12 estaciones de resoldado se maneja individualmente, requerí personal de mantenimiento apoyándome para la actividad.



Figura 3: Origen de la imagen: <https://www.vidrioperfil.com/pt/maquinaria-para-el-vidrio-en-la-era-de-la-industria-4-0>

Dicha actividad la realicé debido a que los programas que fueron enviados por la planta GPEC donde fue simulado el proceso por medios digitales, no contempla muchos cambios que se realizaron en planta con anterioridad o los datos de simulación no correspondían fielmente con las estaciones reales.

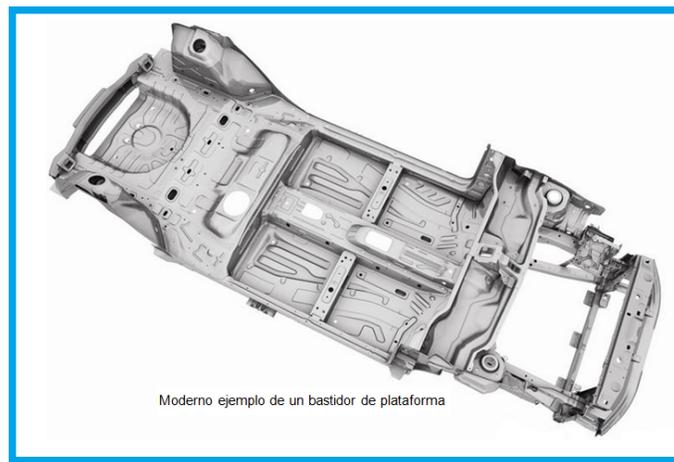


Figura 4: Origen de la imagen: <http://amoviblesio.blogspot.com/2015/12/estructura-y-carroceria-de-vehiculos.html>

2.2. VC-LOT

VC-LOT es el acrónimo de Vehicle Confirmation LOT o LOTe de Confirmación de Vehículo, esta es en la práctica, el verdadero inicio del arranque del proyecto en la planta de ensamble, ya que, aunque el proyecto de producción del nuevo vehículo se lleva mucho antes con el diseño conceptual, estudio de mercado y diseño de equipos y herramientas, es en VC-LOT donde la planta de ensamble en México (en mi caso en particular) se involucra de lleno en el proceso. La planta de ensamble nacional es representada por un equipo de aproximadamente 50 personas de muy distintas áreas y niveles que son enviadas a la planta madre llamada GPEC (Global Production Engineering Center) en la ciudad de Tokio en Japón para analizar con la respectiva contraparte japonesa los nuevos equipos para producción que se están probando.

Para esta etapa me trasladé a la planta de GPEC en Tokio (Japón), donde me entrevisté con mi contraparte de manufactura comunicándome en el idioma inglés para revisar el plan de trabajo que estaríamos llevando durante todo el evento. Participé en las reuniones matutinas que se llevaban a cabo durante mis 3 meses de estancia.

La principal actividad que realicé fue analizar los bancos manuales de subensamble. Estos son utilizados por operadores con pistolas de soldadura manuales y se ensamblan paneles simples para formar subensambles que son trasladados a otros bancos para ir uniendo piezas en cada paso y de esta forma obtener ensambles mas grandes, complejos y robustos. En la mayoría de los casos se unen de 2 a 4 piezas por banco para mantener la cantidad y complejidad de los puntos de soldadura dentro de un rango factible dentro del tiempo ciclo, además las partes requieren un orden específico para poder ser ensamblados. También hay bancos manuales en los que no se añaden piezas, en su lugar se aplica una gran cantidad de puntos de soldadura (generalmente entre 20 y 30 puntos), estos bancos se les llama RESPOT, usualmente pero no necesariamente van seguidos después de cada banco de subensamble.

Puede ocurrir que exista interferencia mecánica entre un brazo de fijación y un perno localizador que puede provocar un desgaste innecesario entre ambas piezas. Este error es común en esta etapa, ya que algunas veces en el diseño no es tan visible esta interferencia o por cuestiones de ajuste no es previsible, ya que la inmensa mayoría de pernos localizadores tiene un ajuste en 2 ejes coordenados.

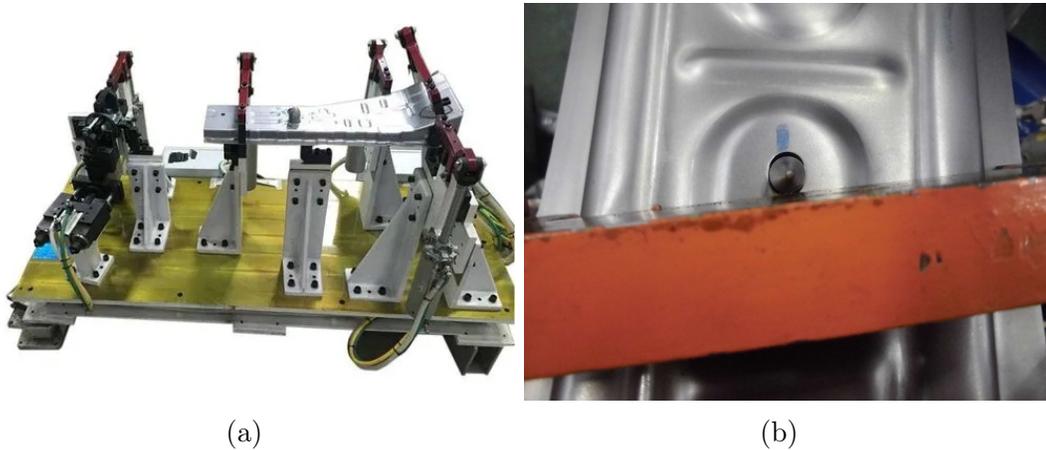


Figura 5: Origen de la imagen: <http://es.group-ttm.com/process-gages/>

Otro error común de diseño es donde no se fija de manera apropiada las piezas, corriendo el riesgo de tener un mal ensamble o una pobre capacidad de control de la precisión en el ensamble, en la imagen (a) propuse un perno localizador en la zona señalada con la pluma, de la misma forma en la imagen (b) señalo la propuesta que hice para un segundo perno localizador. Con estos cambios y los contactos que originalmente habían considerado los diseñadores dio como resultado una fijación y control de tolerancias apropiada para el ensamble.

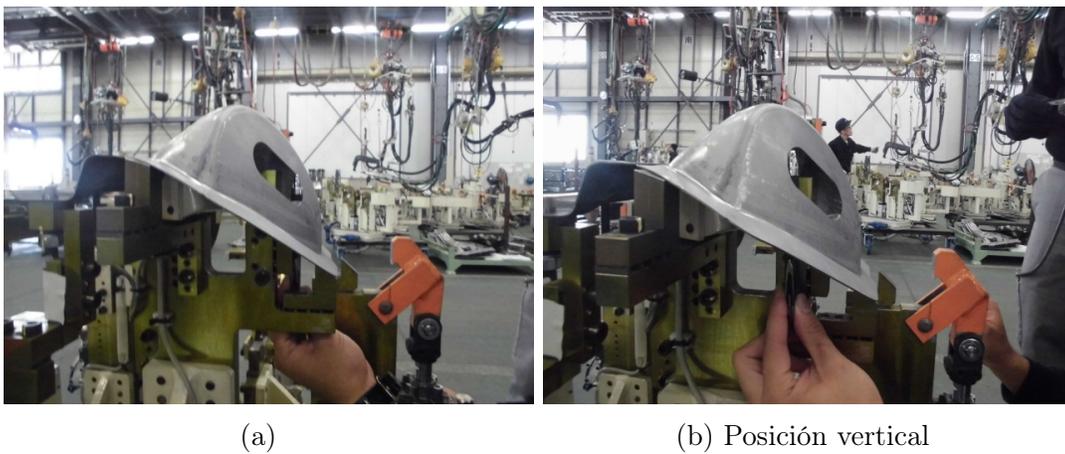


Figura 6

Las anteriores son los problemas más comunes como banco, pero también existe otro error común durante la fase de diseño de bancos que es el acceso de la PSW a la zona de soldado, ya sea por el tamaño de la pistola de soldado, los electrodos utilizados, el tipo de orientación de la pistola o las maniobras requeridas para manipular la pistola que permitan el acceso al área de soldadura.

El mencionado anteriormente es un problema más complicado de determinar y solucionar por varios motivos, el más relevante es que debido a lo temprano de la etapa no se tiene la PSW real y se tiene una maqueta de la misma.

Participé en la determinación de futuros problemas de producción. En particular esta circunstancia es complicada de predecir y sólo un análisis delicado y amplia experiencia permiten visualizarlo. Hay que tomar en cuenta que en este punto muchas veces no se ha determinado completamente la cantidad y posición de todos los puntos de soldadura y al no tener la PSW final por lo que hay incertidumbre del espacio real ocupado, la PSW requiere de cables muy grandes y poco flexibles que están acoplados a un transformador colocado en alto cercano al operador.



Figura 7: Origen de la imagen: <https://www.shutterstock.com/es/video/clip-1083688132-car-factory-worker-welding-body-part-using>

Otro factor a tener en cuenta es la ergonomía para el operador durante el desempeño de su labor. En circunstancias ideales se selecciona a los operadores que tengan las características físicas que les permitan desarrollar las tareas de una manera más cómoda, pero como ingeniero de manufactura tenía que considerar que estas condiciones ideales rara vez ocurren, por lo que tuve que garantizar la ergonomía para la gama más amplia de operadores posible. Aquí aunque el banco no presenta problemas de interferencias ni acceso de la PSW, tiene un problema de ergonomía importante al requerir que el operador se tenga que extender en exceso para la colocación de una de las piezas en el ensamble. Solicité un cambio en el diseño de dicho banco para que el operador no tuviera que extenderse tanto, ya que eso implicaba una fatiga innecesaria y corría un riesgo de sufrir cortaduras o golpes al tener que rozar constantemente su cuerpo contra las láminas de acero.



Figura 8

Otra actividad importante que realicé en este tiempo fue los análisis de calidad de ensambles en el laboratorio de mediciones con el apoyo de personal local y del equipo que me acompañaba. En estos exámenes que realicé a todo el vehículo como unidad y como subensambles determiné los ajustes que eran necesarios que se realizaran con ayuda de mi contraparte japonesa para obtener la máxima precisión y exactitud del ensamble y así garanticé que los bancos de ensamble salieran en las mejores condiciones para su envío a las instalaciones en México; hasta no alcanzar mas del 95 por ciento de precisión no se puede liberar la etapa.



(a)



(b)

Figura 9: Origen de la imagen: <https://carbentnorthamerica.com/electronic-measuring.html>

También existen los "jigs"(plantillas) de precisión, que permiten de manera rápida y visual determinar posibles holguras e interferencias que pudieran ocurrir en ensambles posteriores dentro de la planta carrocerías. Utilicé algunos para mejorar la condición de precisión.



Figura 10: Origen de la imagen: <https://www.group-ttm.com/auto-trunk-lid-final-checking-and-matching-fixture-product/>

En el caso de ensambles de gran tamaño donde se ocurren holguras indeseables realicé un análisis cuidadoso del proceso inmediato anterior así como de varios pasos anteriores donde pudiera ocurrir. Uno de los casos más relevantes y complicados fue una holgura de aproximadamente 3.5 mm que se creaba en la base del soporte para el asiento trasero de la unidad, en la foto (a) se ve el área aproximada de la holgura en el contexto del vehículo, en la foto (b) muestro el acercamiento de la zona afectada y en la foto (c) muestro la medición de la holgura. Esta holgura se formaba en una de las líneas automáticas donde se ensambla la parte trasera del piso (REAR FLOOR) y que es colocado sobre localizadores móviles servocontrolados por computadora para obtener altas precisiones, pues es un ensamble crítico para poder garantizar el engarce entre las 3 partes principales que componen el FLOOR MAIN.

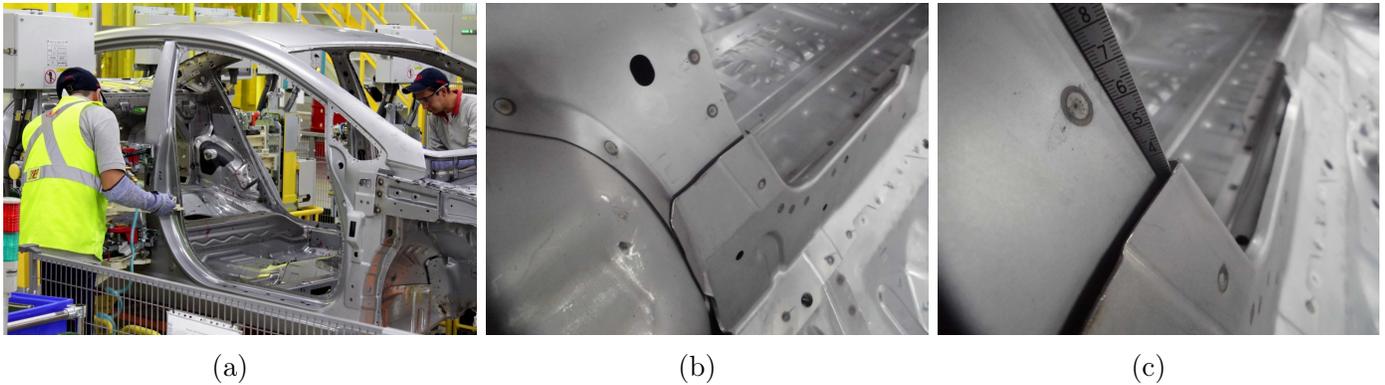


Figura 11: Origen de la imagen: <https://mexicoindustry.com/noticia/industria-automotriz-mejora-volumen-de-produccion-en-mexico>

Los principales retos a los que me enfrenté fue el control de holguras en el ensamble de BODY MAIN, que es como se llama al ensamble completo de la carrocería lista para ser mandado al siguiente cliente, que en el caso de carrocerías es la planta de pintura, en donde se aplican diversos materiales químicos, entre los principales son el anticorrosivo, el primer, la pintura, material sellador para cubrir holguras y un material anti-ruido. Una vez que se termina el proceso completo de pintura y la unidad pintada completamente sale del horno es enviada a la planta de ensamble para integrar todos los elementos faltantes del automóvil, por mencionar algunos, motor, ruedas, transmisión, suspensión, plásticos de cobertura, asientos, la tapicería, etcétera. Como todos estos procesos son muy posteriores en el proceso de fabricación, es de suma importancia el control de holguras, niveles y tolerancias. Cada elemento que es colocado en el vehículo tiene una norma de tolerancias, que varía del elemento en cuestión y sus interacciones con otros elementos. En el caso de los paneles estampados las tolerancias suelen ser las más cerradas de todas al estar en el rango de ± 0.5 mm, ya que de la precisión de estos paneles dependen todos los procesos posteriores. En el caso de la soldadura de la carrocería las tolerancias habitualmente están en el rango de ± 1.00 mm, pero habiendo algunas (principalmente las que se relacionan con el motor en ENG COMP) de ± 0.5 mm. Para la planta de ensambles se tienen las tolerancias más grandes, teniendo una amplia variedad dependiendo de lo que se ensamble, por lo general las tolerancias están en ± 1.0 mm, ± 1.5 mm, llegando incluso a ± 2.0 mm para el caso de algunos plásticos como las cubiertas para el bajopiso.

Al final de la etapa se cumplieron con todos los requisitos para cumplir con las normas de calidad.

Para la planta de carrocerías existen 2 tipos de materiales de entrada, los paneles puramente de estampado y subensambles. Para el caso de los paneles (pieza formada por el proceso de estampado) pueden venir de proveedores o de la planta de estampado existente en las mismas instalaciones locales, prefiriéndose por cuestiones de costos fabricar los paneles más grandes en la planta local de

estampado. Para los subensambles como producto de entrada son fabricados por proveedores locales y foraneos, debido a que de esta manera resulta más económica su fabricación, ya que la mayoría de esos subensambles son pequeños o muy complejos de fabricar, ya se por la cantidad de piezas (tornillos, tuercas o refuerzos) o por sus formas intrincadas (curvas muy pronunciadas o dobleces en muchas direcciones). Para poder garantizar la calidad del material de entrada a la planta realicé mediciones de las piezas para determinar que cumplieran con la norma y de ser necesario contacté con el proveedor para hacer los ajustes necesarios. Para hacer las mediciones utilicé plantillas especiales que sirven de patrón o por medio de equipos de medición por coordenadas con ayuda del equipo de calidad.



Figura 12: Origen de la imagen: <https://mgronline.com/smes/detail/9590000051497>

Las mencionadas son las principales actividades que realicé durante el VC-LOT, aunque hubo muchas más que resultan derivadas o paralelas de las anteriores pero que van relacionadas, este evento duró 3 meses y al término retorné a la planta de ensamble en México para la elaboración de manuales de operación a la espera del embarque y arribo de estaciones, materiales, herramientas y equipo.

2.3. SAIGEN

La etapa SAIGEN (reproducción o duplicado en japonés) se realiza una vez que los bancos de subensamble manuales han llegado al país, son desembarcados, desconsolidados y colocados en la planta carrocerías en el lugar final o muy cercano a su lugar final. La razón de esto tiene su origen en el proceso que se realiza que describiré a continuación. Una vez que el banco de subensamble ha sido fabricado y cumple con todas las normas de calidad antes mencionadas, se colocan los paneles respectivos sobre los bancos en el orden apropiado y se anclan secuencialmente con su sistema neumático incorporado (se accionan generalmente de manera manual) y se hacen varias marcas con una tinta permanente para metal con un aplicador de forma que quede como una H con una medida conocida y lo más perpendicularmente posible. Estas marcas se hacen en puntos de importancia de control, por lo que se tratan de orientar sobre los ejes X, Y y Z del espacio coordinado, resultando generalmente en 2 marcas por cada par de piezas ensambladas, por ejemplo, si el ensamble consta de 4 piezas, normalmente resulta en 8 marcas (aunque pueden ser más si se considera necesario) teniendo siempre la pieza más grande como la referencia.

Para esta etapa realicé la colocación de los bancos de subensamble en el sitio más cercano posible de su lugar final; realicé el marcado de los ensambles por la técnica SAIGEN antes descrita en las instalaciones de Japón previo al embarque y después confirmé que efectivamente coincidieron las marcas ya en las instalaciones de México.

Esta práctica es necesaria para garantizar que los bancos llegan en las condiciones de garantía de calidad que fueron enviados, después de su constante manipulación durante el embarque, transporte, desembarque y colocación son susceptibles de sufrir un desajuste o un daño. Al final garanticé que todos los bancos cumplieran con los controles de calidad.

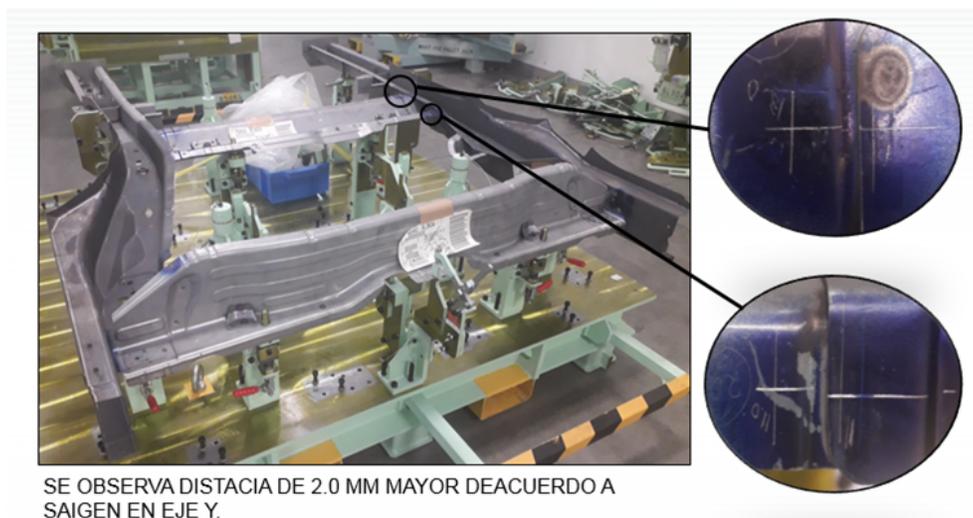


Figura 13

2.4. BODY JIG

En la etapa de BODY JIG, que realicé simultáneamente a SAIGEN también se enfoca en garantizar la calidad por medio de las mediciones de las partes preensambladas enviadas desde Japón que llegaron a México. Para cumplir dicha función transporte todos los subensambles (en distintos grados de ensamble) al laboratorio de medición dentro de la planta de carrocerías. Ahí realicé una medición detallada con ayuda de personal del laboratorio y su equipo. Obtuve los datos de todas las piezas y determiné su viabilidad para usarse como plantilla para procesos posteriores.

La importancia de esta etapa es que los subensambles medidos y de alta precisión se utilizan primeramente como referencia para las piezas posteriores, en segundo para probar y corregir los programas de los robots de soldadura o hacer nuevos, probar el herramental de las líneas automáticas y validar las adaptaciones para la toma y anclado de piezas y en última instancia para que la planta de ensamble pueda ratificar el ensamble de partes varias en su propio proceso.

La etapa de SAIGEN y BODY JIG se realizan prácticamente de forma simultánea y se basan en la toma de mediciones en laboratorio y campo por diversas técnicas y equipos, para piezas y bancos de trabajo manual. Toma aproximadamente un mes y no es excluyente con otras etapas.

Model														Options				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	B	D	R	A	L	B	Z	B	1	8	D	J	A	-	C	C	-	-
Y:LAC.	J:MEX.	U:USA.	N:CAN.	L:AGT.														
Transmisión	Sill Spoiler	Normal Roof/ Sun Roof		Antena satelital		RR Panel		Trunk lid		DESTINO								
CVT	W/O SILL	NORMAL ROOF		W/O SAT		W/O BSW		W/O SPO W/O CAM W/SW		MEXICO								
Model														Options				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2	B	D	R	A	L	J	Z	B	1	8	D	L	A	-	E	-	-	-
Transmisión	Sill Spoiler	Normal Roof/ Sun Roof		Antena satelital		RR Panel		Trunk lid		DESTINO								
CVT	W/O SILL	SUN ROOF		W/O SAT		W/BSW		W/O SPO W/CAM W/SW		ARGENTINA								
Model														Options				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
3	B	D	R	A	L	S	Z	B	1	8	D	U	A	C	-	-	-	-
Transmisión	Sill Spoiler	Normal Roof/ Sun Roof		Antena satelital		RR Panel		Trunk lid		DESTINO								
CVT	W/SILL	SUN ROOF		W/SAT		W/BSW		W/ SPO W/CAM W/SW		USA								

Figura 14

2.5. Pre PT

La etapa Pre PT se refiere al proceso previo a la primer tentativa de producción. Durante este proceso se hace la instalación de la gran mayoría de los equipos necesarios para la producción en masa. Este proceso tomó 6 meses aproximadamente y coincidió en tiempo con SAIGEN y BODY JIG.

Las actividades que realice a los equipos fueron:

- Instalé las estaciones de ensamble manual
- Instalé las estaciones de resoldado manual
- Modifiqué los herramientales de los robots actuales para la toma de partes hacia y dentro de las estaciones automáticas
- Modifiqué los elementos de sujeción de las todas las estaciones fijas de subensamble automáticas
- Modifique algunos carritos de carga entre estaciones automática, manuales y semiautomáticas
- Instalé los robots y bancos de ensambles de estaciones semiautomáticas completamente nuevas
- Modifiqué la programación de estaciones de carga de ensambles intermedios automáticos de precisión
- Ajuste (y en muchos casos reprogramé) los programas de soldadura de los mas de 80 robots industriales
- Programé la secuencia de toma y colocación de partes para los robots manipuladores de material
- Reubiqué puntos de soldadura en diferentes estaciones para mejora de calidad y ergonomía
- Redacté los manuales de ensamble de los más de 30 bancos de ensamble y repunteado manuales
- Redacté los manuales de ensamble de los más de 80 robots de las líneas automáticas
- Modifiqué los pernos de sujeción neumática para diversas estaciones
- Cambié algunas PSW de robots para poder ser usadas en ambos modelos de vehículos

Cabe aclarar que todas las actividades a excepción de la redacción de manuales de ensamble son realizadas por un equipo del cual yo fui el líder y responsable de la actividad pero que en muchas ocasiones yo no era el ejecutante directo por lo que fui apoyado por personal de mantenimiento, producción, calidad, manejo de materiales, seguridad así como de operadores, proveedores y servicio de limpieza.

Nota 1: Los robots industriales se utilizan para 3 cosas fundamentalmente en la planta de carrocerías: 1) Manejo de material; 2) Soldadura para el ensamble (soldadura por puntos y MIG); 3) Aplicación de sello. Para los robots de manejo de material se requiere del órgano terminal completamente personalizado para cada operación (aunque pueden coincidir con otro, pero no es lo habitual) y que tienen puntos de contacto con el material que son llamados herramientas que tienen que ser cambiados o requieren mantenimiento con cierta regularidad (pernos o sufrideras generalmente). Estos robots transportan los subensambles desde carritos de abastecimiento a los bancos de soldadura para el caso de robots de carga de material o de estación a estación en los bancos de soldadura para los robots de intercambio de material entre estaciones.

Nota 2: Dentro de las líneas de ensamble automático existen las estaciones de precisión para el soldado de subensambles críticos. Estas estaciones se encuentran en las líneas de ensamble de RR FLOOR, FR FLOOR, ENG COMP y FLOOR MAIN como proceso de PISO y son las estaciones de entrada de material desde el carrito de abasto. El control de su precisión y buen mantenimiento son críticos para garantizar la calidad en el ensamble de la carrocería, por lo que se debe hacer modificaciones con sumo cuidado, siempre con acuerdo y apoyo tanto del departamento de calidad como del de mantenimiento.

Nota 3: El principal proceso de ensamble y unión de material en la planta carrocerías es el proceso de soldadura, predominantemente la soldadura por puntos, para lo cual se usan equipos de soldadura portables llamados PSW o Portable Spot Welder por su acrónimo en inglés. Como su nombre indica son equipos para soldadura por puntos que pueden ser movidos con cierta facilidad por un operador (con ayuda de un colgador) o un robot industrial con la capacidad de carga suficiente. Este tipo de equipo soldador requiere de adaptadores de cobre que le dan la forma y alcance necesario para alcanzar la ubicación en donde se desea colocar el punto. También dispone de electrodos de cobre pequeños en las puntas de fácil intercambio que deben ser afilados por medio de una lima manual o un afilador neumático para mantener una buena calidad de soldadura. El equipo también requiere un flujo de agua refrigerante para evitar el sobrecalentamiento.

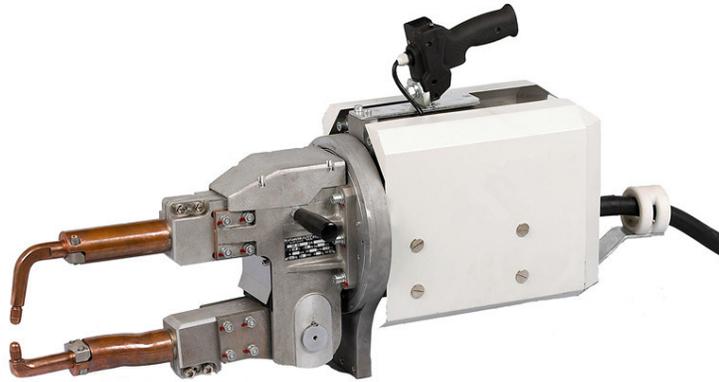


Figura 15: Origen de la imagen: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fusion-process>

Una de las modificaciones más comunes que se realiza por parte de el departamento de producción es el cambio de adaptadores y electrodos en las PSW para tener un mejor acceso a las áreas de soldadura en los materiales y ergonomía para el operador, que aunque se realizaron muchos durante el proceso de VC-LOT hay cambios que ya en la práctica (con los bancos, piezas y operadores finales) son solicitados. Por tal situación realice cambios en los manuales de operación y la base de datos de PSW registradas para que se solicitaran las refacciones y consumibles necesarios al departamento de compras e inventarios y se mantenga en buen estado los equipos.

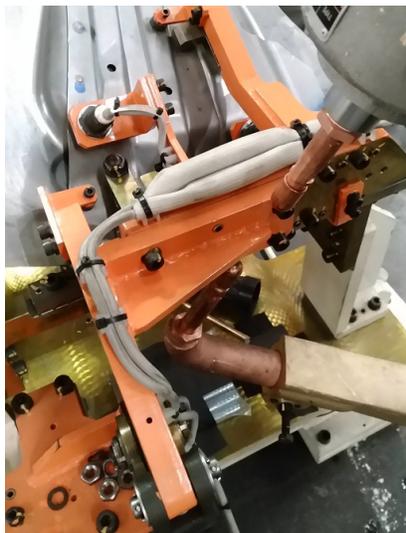


Figura 16

Las actividades presentadas son las que principalmente realicé durante esta etapa, pero debemos recordar que hay otras actividades que no se mencionan por considerarlas fuera del alcance de este informe.

2.6. Body Jig 2

La fase de BODY Jig 2 es básicamente una repetición de la fase BODY Jig en la que realice medición de todos los ensambles fabricados durante la estancia en japon. La gran diferencia en la parte 2 es que realicé medición de todos los ensambles a muchos niveles pero con partes fabricadas en la planta local y principalmente los ensambles armados con los bancos instalados y operantes en la planta de carrocerías en México, es decir, ya todos los ensambles son de fabricación nacional con materiales nacionales. Es habitual que exista diferencia con las mediciones obtenidas en BODY Jig 1 a causa de que es una etapa previa a la producción masiva y aún se realizan ajustes y modificaciones en esta etapa, por lo que realice varias mediciones de ensambles y sus consiguientes ajustes al proceso hasta alcanzar la calidad exigida por la norma. También en este punto se implementaron las últimas modificaciones importantes en los bancos de ensamble que impactaron de manera relevante la precisión de la unidad para cantidades muy reducidas.

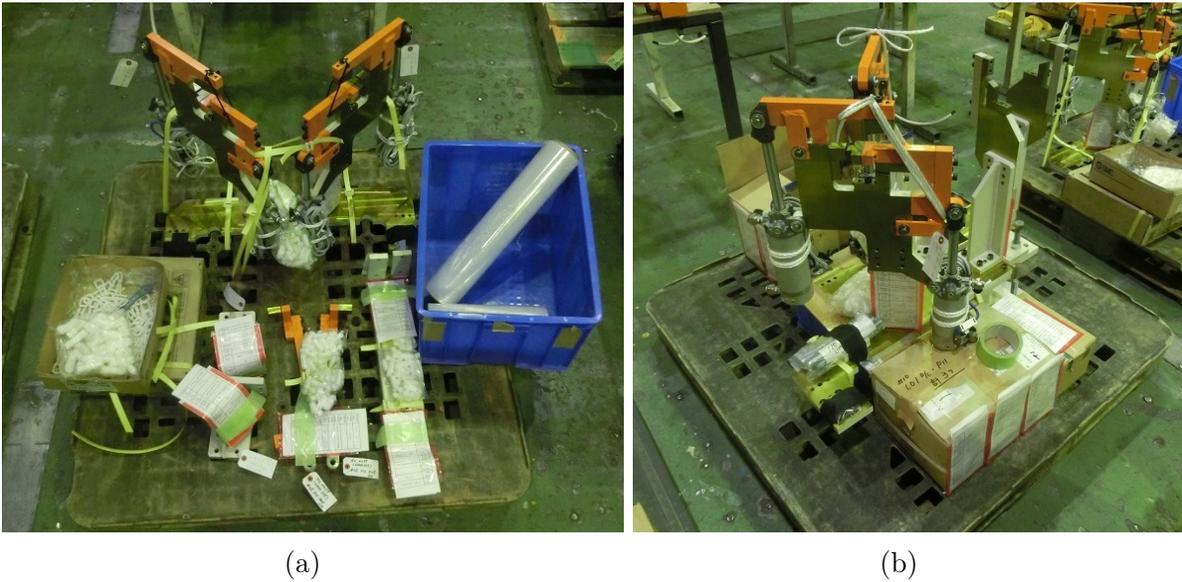


Figura 17

2.7. PT1

PT 1 (acrónimo de Production Trial o Prueba de Producción) es el inicio de la producción masiva de vehículos, se realiza con el modelo actual aún operativo de acuerdo a un calendario de producción que aumenta paulatinamente la cantidad de vehículos tratando de no afectar la producción del modelo actual que empieza a decrecer ligeramente su cantidad para dar tiempo a las pruebas de producción.

Para este inicio de producción habilite el equipo de marcaje de número VIN que previamente se había instalado, pero sin integrarlo a la red entera de producción dado el bajo número de unidades que se produjeron, iniciando en 1 unidad y aumentando hasta aproximadamente 30 unidades semanales.

El número VIN o Numero de Identificación de Vehículo es un número único que tiene marcado un vehículo de forma permanente en la carrocería y motor que lo caracteriza de manera personal a nivel mundial y que es irrepetible. Consta de 17 dígitos alfanuméricos, cada dígito tiene un significado que permite la rastreabilidad del vehículo en caso de un incidente de producción pueda ser localizado el lote con el fallo en cuestión. Este número es marcado en este primer lote de unidades porque son vehículos que no están destinados a destrucción como todos los demás vehículos producidos en las etapas anteriores. Los vehículos producidos en esta etapa tienen fines muy variados, pero entre los más relevantes están los autos demo o de exposición, las pruebas ante organismos reguladores (NCAP es una de las más importantes al ser de seguridad del vehículo) y las pruebas de laboratorio de la misma empresa para su control de calidad (que puede derivar en un cambio en etapas posteriores).



(a)

Figura 18: Origen de la imagen: <https://es.aliexpress.com/item/32821607103.html>

Al ser una etapa de producción más constante se encontraron algunas situaciones que afectaban la calidad del producto final o de las plantas posteriores que fueron exitosamente corregidas, cosa que es requisito para el avance a la siguiente etapa. Una de las imperfecciones que encontré y corregí fue la concentricidad de barrenos en los asientos traseros , provocada por una tolerancia inadecuada en el punzado de los paneles y que demostré de acuerdo al nivel de ensamble ante el departamento de diseño, para lo cual emití una hoja de cambio para diseño. El cambio fue validado, aceptado e implementado en posteriores paneles producidos en la planta de estampado.



Figura 19

También realice control de calidad a partes ensambladas por proveedores y que estaban fuera de norma, provocando problemas en la planta de ensamble aunque no existiera afectación alguna en la planta de carrocerías. Para dicho ajuste fuera de norma también emití una hoja de control de especificaciones para apego dentro de la norma establecida.

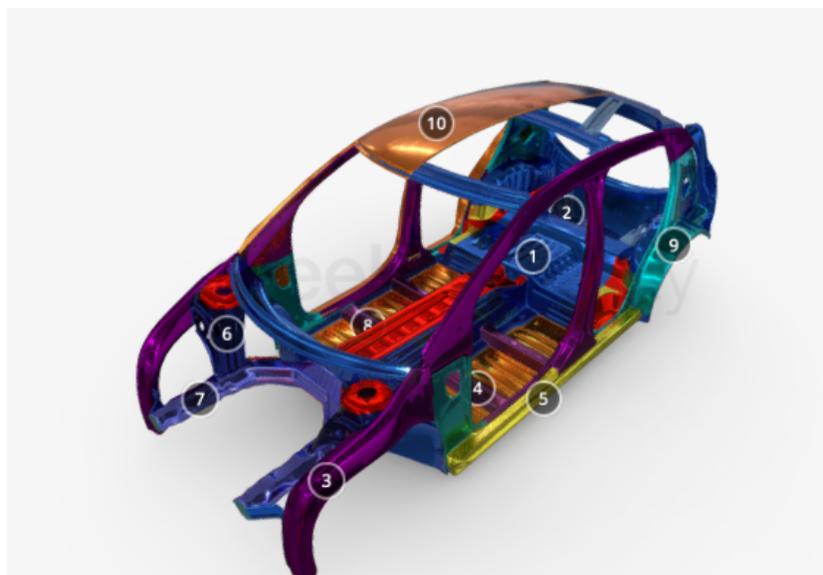


Figura 20: Origen de la imagen: <https://es.aliexpress.com/item/32821607103.html>

2.8. PT2

La etapa PT2 (Production Trial 2 - Prueba de Producción) es idéntica a PT1, pero la diferencia es la producción mutua con el modelo actual, haciendo intercambio constante de manipuladores para la toma de partes. En esta fase integré a la red la grabadora de número VIN que se habilitó en la fase anterior, generando de manera automática los grabados para una producción constante sin paros de línea. La duración fue de 3 meses aproximadamente.

Durante PT2 la cantidad de unidades del nuevo modelo incrementó considerablemente siendo una parte relevante en la producción normal, llegando a los cientos de unidades al mes. Estas unidades se destinaron principalmente a autos demo para concesionarios y control de calidad.

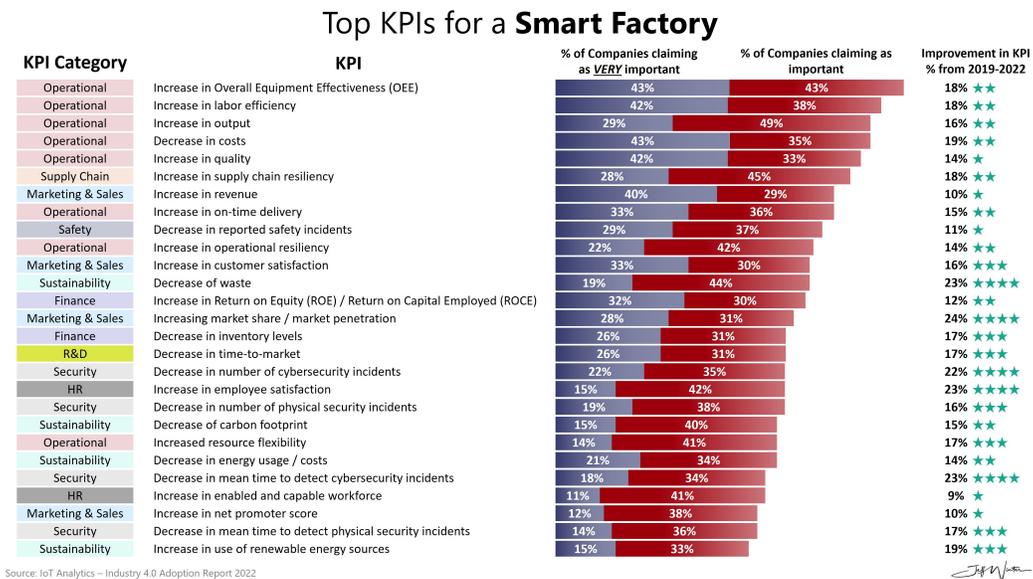
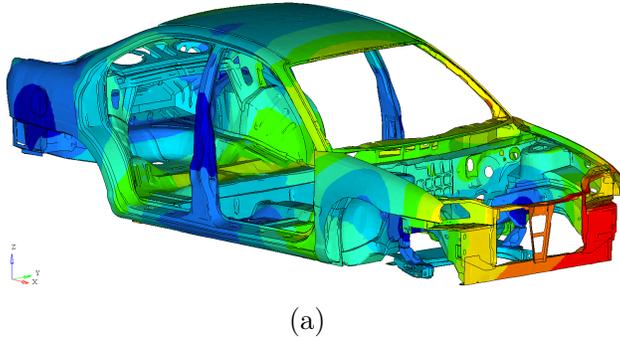


Figura 21: Origen de la imagen: <https://fish-polygon-x5ye.squarespace.com/insights/manufacturing-kpis-cheat-sheet>

Para este punto los incidentes de calidad ya no son excepcionales, si no los que se esperan en producción normal, la cual no está exenta de imperfecciones, para la corrección de esas imperfecciones recurrí a mediciones de unidades al laboratorio de medición e hice las correcciones necesarias en las estaciones requeridas en los tiempos de cambio de turno para no afectar la producción, en algunas ocasiones con apoyo del departamento de producción y mantenimiento y en otras simplemente usando mis dispositivos de seguridad para avisar de mi presencia en alguna estación. Para estos cambios ya es requerido una hoja de aviso de cambios llamada 4Ms y que es muy habitual durante la producción.



(a)

Figura 22: Origen de la imagen: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/analisis-de-elementos-finitos/>

Otra actividad importante que realicé en esta etapa fue la medición de tiempos ciclos con apoyo del departamento de ingeniería industrial. Una vez obtenidas las mediciones de tiempo ciclo intervine las estaciones con mayores tiempos ciclos para reducir sus tiempos. Esto lo logré modificando el programa de soldadura, redistribuyendo puntos de soldadura para disminuir la carga en los procesos sobrecargados e incrementarla en los procesos más ociosos. El tiempo ciclo deseado en ese momento fue de 1.40 min para tener un JPH de 36.

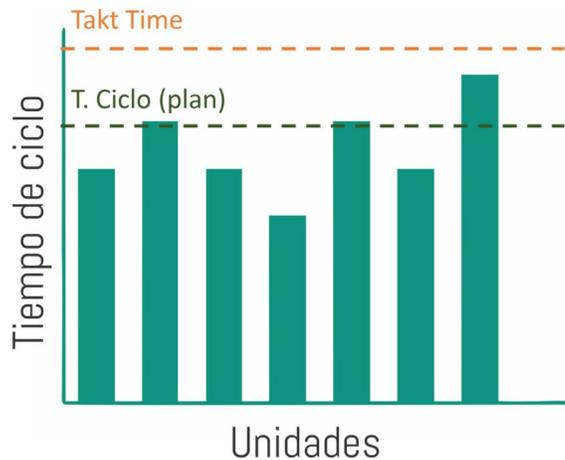


Figura 23: Origen de la imagen: <https://www.atlasconsultora.com/calcular-capacidad-de-produccion-ejemplo/>

Nota 1: El tiempo ciclo en un proceso es el tiempo que tarda un ciclo completo de trabajo desde que se realiza el primer movimiento como cuando se toma una pieza (en el caso de procesos manuales o semiautomáticos) o arranca el primer robot, hasta que se produce el último movimiento, es decir el tiempo total que tarda una estación en fabricar un ensamble y estar lista para la siguiente, independientemente de todas las maniobras, piezas y robots intervengan.

Nota 2: JPH (Jobs Per Hour traducida como Vehículos Por Hora) es la cantidad de automóviles completamente funcionales y listos para rodar que se producen en una hora. En el caso de la planta de carrocerías se trata como la cantidad de carrocerías completamente armadas y listas para pintar salen de la planta, aunque no es exactamente directo a la cantidad de vehículos producidos, ya que existen buffers entre plantas, es un indicador bastante cercano suponiendo una sincronización perfecta.

A diferencia de lo que se pueda pensar el tiempo ciclo no es determinado por el JPH, es decir, no es determinado únicamente por la división directa de el número de unidades que se producen en una hora. El tiempo ciclo considera otros factores, como tiempos de paro programados para descanso de los operadores, fallas menores estadísticamente ocurrentes, cambios de turno y el plan mensual de producción, por lo que el tiempo ciclo siempre es menor al tiempo tacto (tiempo ciclo teórico obtenido a partir del JPH). En este caso por dar un ejemplo, para los 36 JPH deseados el tiempo ciclo no son los 1.67 min que resultaría de la simple división, si no que considerando los otros factores mencionados se determina como 1.42 min, que es lo que le correspondería aproximadamente a 42 JPH si se hiciera la división directa, para el caso de 42 JPH se estipula un tiempo ciclo de 1.21 min.

2.9. FVC

FVC es el acrónimo de Final Vehicle Confirmation que significa Confirmación Final de Vehículo. Fue un proceso breve aproximadamente de un mes y lo que busqué en este periodo fue el cierre de todos los cambios de diseño, terminación de todas las instalaciones, conclusión de todos los manuales de operación y en general todos los temas que pudieran seguir sin concluir. En este punto dejé todo listo para el arranque de producción previo acuerdo de todos los departamentos, para lo que asistí a juntas del departamento y directivas de cierre para concluir el proceso de instalación de la nueva línea de ensamble del nuevo modelo 2020.

Posiblemente el único tema pendiente que tenía de relevancia para la instalación y puesta a punto, fue el de las máquinas soldadoras de birlos de sujeción en el bajopiso. Se trata de 2 máquinas fijas, a las que el panel es acercado a la boquilla de la máquina en lugar de acercar la pistola aplicadora al panel. Con esas máquinas se aplican 7 y 5 tornillos respectivamente para la posterior sujeción en la planta de ensambles de paneles de plástico protectores del bajopiso. La instalación fue tardía a causa de retrasos en la compra y el extendido tiempo de entrega que manejaba el proveedor. Una vez que instale y puse a punto las máquinas, ajusté los programas de los respectivos robots para hacer pruebas, posteriormente su validación ante el departamento de calidad quien efectuó la liberación para su puesta en funcionamiento exitosamente.



Figura 24: Origen de la imagen: <https://es.aliexpress.com/item/1005005895600103.html>

2.10. CMP

CMP (Conclusion of Mutual Production) o Conclusión de Producción Mutua es la parte de transición en el evento en la que se descontinúa paulatinamente el modelo actual para dar paso a la producción exclusiva del nuevo modelo, fabricando lotes cada vez más pequeños del modelo actual, permitiendo a los operadores aumentar su pericia gradualmente con el nuevo modelo. El proceso tomó otros 3 meses aproximadamente para hacer el entrenamiento gradual pero continuo logrando así una transición suave entre modelos.

En esta parte lo más relevante que efectué la instalación y validación en cooperación con el departamento de producción de los colgadores y manipuladores neumáticos para el manejo de los materiales por parte de los operadores, que les permite mover las piezas más grandes y pesadas desde los carros de abasto a la estación de carga.

Estos manipuladores son utilizados en pocas estaciones, pero son críticos por la función que cumplen, ya que de acuerdo a la norma de seguridad y ergonomía de la planta el operador no puede cargar piezas de más de 12 kg de peso para evitar lesiones que puedan devenir en males mayores o incapacidades. Esta actividad la efectué con la intención de aumentar la seguridad y ergonomía en la planta.

Nota 1: Hay principalmente 2 tipos de manipuladores en la planta carrocerías, los neumáticos y los colgadores; los neumáticos son equipos mas grandes y pesados que son accionados completamente por medio de cilindros neumáticos, éstos manipuladores se utilizan para las partes más pesadas, principalmente los laterales de la carrocería que son las piezas más grandes y pesadas como panel individual y que implica un riesgo de seguridad también por la posibilidad de cortes importantes al ser una pieza muy filosa en sus cantos; en el caso de los colgadores (hangers) también son accionados neumáticamente pero son potenciados de manera mecánica por un resorte teniendo una apariencia similar a un yo-yo, son utilizadas para piezas más pequeñas pero igualmente de mayor peso a 12kg. Para el uso de estos equipos también es requerida capacitación y entrenamiento por parte de los operadores.



Figura 25: Origen de la imagen: <https://soter.com/resources/soter-blog/ergonomic-hazards-in-industrial-environments-safeguarding-worker-health-and-operational-efficiency>

Nota 2: Como en cualquier planta de fabricación existen distintos grados de carga de trabajo y dificultad en su realización, lo que desemboca en un desgaste constante para los operadores, lo que se especifica como los distintos grados ergonómicos, asignando las letras de la A a la C (siendo A el de mayor grado de dificultad y C el de menor grado), asignados de acuerdo a distintos criterios evaluados por el departamento de Seguridad de la planta. Los principales factores a considerar para asignar el grado ergonómico son: el peso que tiene que cargar el operador (pieza y herramienta), cantidad de pasos necesarios para efectuar la tarea, cantidad de movimientos o repeticiones necesarios, ángulos de flexión y extensión de los movimientos y el tiempo que se realiza la operación. En el caso de planta carrocerías se traduce en multitud de grados A, para lo que me dí a la tarea junto con el departamento de seguridad y producción de mejorar todo lo posible todas las operaciones de grado A. Una solución muy sencilla y eficaz para disminuir el grado de las operaciones es la rotación de personal con breves descansos para los operadores.

2.11. SOP (Start Of Production)

Esta etapa define el arranque de la producción masiva de vehículos del nuevo modelo como establece su nombre por sus siglas en inglés SOP (Start Of Production). Durante este periodo capacitó a mi contraparte de procesos de la planta carrocerías, quién a partir del término de esta etapa se hará cargo como responsable del proceso completo. Por lo tanto fue un tiempo en el que el ingeniero de manufactura del área de PISOS me acompañó constantemente para hacer actividades que surgieran y al que involucré en cada aspecto en el que yo tuviera injerencia, SOP duró aproximadamente 3 meses y mi principal actividad fue capacitación y soporte.

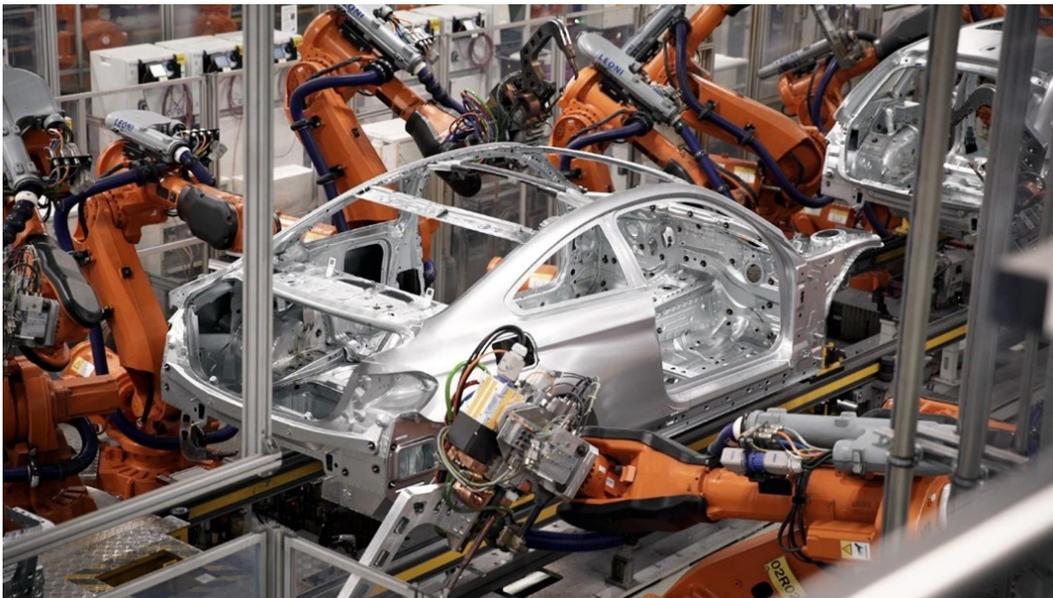


Figura 26: Origen de la imagen: <https://fastenfix.com.tr/otomotiv/>

Como actividad secundaria dados los requerimientos de la planta de aumento de producción se me asignó la mejora del tiempo ciclo para el alcance de un JPH de 42 (42 unidades por hora). Para cumplir esa tarea se modificaron las estaciones que estaban fuera del tiempo ciclo de 1.21 min. La mayoría requirió de ajustes leves en los programas de soldadura de los robots, pero hubo algunas en la que fue necesario la redistribución de puntos de soldaduras de los procesos semi automáticos a la línea completamente automática al poseer ésta mayor cantidad de robots y un sistema de pallets que hace muy eficiente el proceso de transferencia de material entre estaciones. La redistribución y ajuste de tiempo ciclo de toda el área de PISOS la realice exitosamente, alcanzando en todas un tiempo ciclo de 1.21 o menor, con apoyo del departamento de mantenimiento, producción e ingeniería industrial. Los cambios se vieron reflejados en los manuales de ensamble y operación.

2.12. SOP+3 (Start Of Production + 3 Months)

Este evento define el principio del fin del proceso de la instalación de la línea de ensamble del nuevo modelo de vehículo. Pues en este momento se hizo la entrega oficial del proceso completo con la respectiva documentación, entre la que incluí: manuales de ensamble; lista de pernos de refacción; lista de PSW utilizadas con sus respectivos adaptadores y electrodos; condiciones de soldadura programadas en los robots; respaldo de programas de soldadura de robots; hojas de modificación de procesos, bancos y estaciones.

En esta ultima fase al no ser responsable del proceso mi tarea radicó en entrega de documentación y soporte a modo de consultor en caso de ser requerido. El soporte es proporcionado por 3 meses y al término de estos se da por finalizado todo el evento.



Figura 27: Origen de la imagen: <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colmotores.jpg>

3. Análisis de resultados y conclusiones

3.1. Resultados obtenidos:

- Dirigí la instalación de las nuevas líneas de ensamblaje manual y semiautomáticas para el nuevo modelo
- Implementé modificaciones, actualizaciones, mejoras e instalación de equipo, herramental y software en las líneas de ensamble y subensamble para la fabricación de nuevo modelo de vehículo
- Mantuve los principales indicadores de calidad dentro del rango exigido
- Modifique y automaticé la línea de subensamble para aumentar eficiencia
- Mejore la aplicación de sello para disminución de desperdicio y aumento de precisión
- Elaboré de manuales de ensamble para el nuevo modelo de vehículo y documentación variada relacionada con todos los procesos
- Redistribuí puntos de soldadura y mejoré los movimientos programados en los robots industriales para el cumplimiento del tiempo ciclo del área de pisos
- Capacité a personal a cargo de nuevas líneas de ensamble
- Mejoré la ergonomía de los procesos de rango A
- Hice mejoras varias de menor impacto

3.2. Conclusiones

Derivado de todo mi trabajo realizado durante mi actividad laboral en una planta automotriz perteneciente a una empresa transnacional adquirí muchos conocimientos y habilidades nuevas, así como reforcé conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera de ingeniería mecatrónica que fueron extremadamente valiosos para este proceso en mi vida. Los conocimientos que puse en práctica son muy variados y están distribuidos en varias materias llevadas en la carrera, entre los más importantes son los referentes a tecnología como son: neumática, automatización, robótica, control, electrónica, máquinas eléctricas, circuitos digitales, CAD, programación y por supuesto, dinámica, mecanismos y estática así como economía, reglamentación, normas y simbología.

Pero también fue un proceso de aprendizaje y no sólo de aplicación de conocimientos, en este ámbito de los principales conocimientos y habilidades adquiridos destacan: lectura, interpretación y control de holguras, tolerancias y desniveles, metrología con equipos de medición por coordenadas, programación en sistemas robóticos industriales FANUC, sistemas de control de inventario de líneas de ensamblaje, manejo de materiales por AGV, manejo de planos estructurales, uso de sistemas CAD de intercambio de información para la industria automotriz, elaboración de documentación variada de usos particulares y por último pero no menos importante habilidades sociales como liderazgo, manejo de conflictos, oratoria, exposición de productos, reporte de avances y convivencia con distintos tipos de personas de variadas áreas y rangos laborales.

De mi experiencia ocurrida en este periodo laboral veo una oportunidad de mejora para la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el área de la aplicación de conocimientos y mejora continua, porque aunque las bases teóricas son extensas, sólidas y de alta calidad, hay muchas cuestiones prácticas y sociales que falta desarrollar y se tiene que aprender sobre la marcha, en ocasiones dificultando el pleno desarrollo en los inicios del emprendimiento laboral. Y por otro lado la idea de la mejora continua y la innovación se requiere reforzar en los alumnos, es decir, no quedarse sólo con los conocimientos adquiridos, sino insistir que durante la carrera sólo es el principio de la formación, porque la oportunidad de desarrollo es grandísima en varios ámbitos de la ingeniería, lo que implica estar constantemente actualizándose para también tener la capacidad de innovar y no únicamente quedarse en la aplicación de la tecnología actual ya que estamos en un mundo de constante cambio social, cultural y tecnológico que la ingeniería lleva de la mano.

4. Bibliografía

Norton [2009] Wildi [2007]

Referencias

Robert L. Norton. *Diseño de maquinaria*. McGraw Hill, 2009. ISBN 978-970-10-6884-7.

Theodore Wildi. *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson Educación, 2007. ISBN 970-26-0814-7.