



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Trabajo Profesional como Ingeniero Mecánico para Grupo Chamberlain

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Marco Antonio González Pérez

ASESOR DE INFORME

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, quien terminó la carrera con dos hijos en brazos, y exitosamente los crio para ser egresados universitarios, gracias.

A mi hermana Mónica. A mi abuela por ser la pionera de esta familia, todos somos resultado de tu esfuerzo. A los hermanos de mi mamá por ser un ejemplo a seguir. A toda mi familia.

Al equipo de natación de la UNAM, por enseñarme resiliencia, liderazgo, disciplina y a cumplir objetivos, por ser mi segunda familia. A mis entrenadores Juan Carlos, Julio, Efraín y Héctor. A Pablo que me guio.

A los reales por siempre estar, ellos saben quiénes son.

A mis profesores y a la UNAM por la formación académica que me dieron.

Al OneTeam de Grupo Chamberlain, y al departamento de ingeniería mecánica, en especial a mis compañeros ingenieros del área residencial.

Índice

<i>Introducción.....</i>	<i>(3)</i>
<i>Empresa.....</i>	<i>(4)</i>
<i>Descripción.....</i>	<i>(4)</i>
<i>Organigrama.....</i>	<i>(9)</i>
<i>Acerca del Puesto.....</i>	<i>(10)</i>
<i>Actividades Profesionales.....</i>	<i>(15)</i>
<i>Descripción General</i>	<i>(15)</i>
<i>Proyecto 1.....</i>	<i>(16)</i>
<i>Proyecto 2.....</i>	<i>(35)</i>
<i>Resultados.....</i>	<i>(51)</i>
<i>Conclusiones.....</i>	<i>(52)</i>
<i>Referencias.....</i>	<i>(53)</i>

Introducción

Dentro de la compañía de abridores de puertas “Chamberlain Group” existen diversos departamentos con responsabilidades diferentes que en conjunto logran ofrecer un producto confiable al cliente garantizando seguridad y efectividad bajo el lema de hacer el acceso simple.

Entre estos departamentos, el área de ingeniería destaca por sus tareas de diseño, supervisión, calidad y mantenimiento. Donde se puede resaltar la participación de profesionistas mexicanos directamente con productos distribuidos de manera global.

Por su parte, el departamento de ingeniería mecánica “Mechanical Sustaining / NPD” está encargado del diseño del producto (abridores de puertas) en su forma física cuando se refiere a componentes puramente mecánicos, y su correcta interacción con componentes electrónicos.

El objetivo del ingeniero de sustaining es conocer y dar soporte al producto en cualquiera de sus dos grandes ramas:

- Comercial y Perimetral. Abridores para el sector industrial: de almacenes, centro comercial; y conjuntos habitacionales.
- Residencial. Abridores de puertas en el sector del hogar.

Así también, el ingeniero del departamento “mechanical sustaining” se encarga de realizar mejoras en el sistema mecánico del producto en busca de obtener una reducción de costos en su producción. Se pueden resumir sus responsabilidades como:

- Soporte durante el ciclo de vida del producto.
- Resolución de problemas relacionados con la línea de producción y proveedores.
- Autorizar y realizar cambios al diseño.
- Priorizar quejas de cliente con el producto.
- Optimización de componentes mecánicos.
- Documentación.

A lo largo de este ensayo se abordará de manera general el tipo de problemas enfrentados durante el periodo de experiencia profesional, y su metodología de resolución, así como los resultados y conclusiones. Se profundizará en los proyectos de mayor impacto trabajados en la empresa, los cuales tienen que ver con rediseños en busca de optimización (reducción de costos) y/o resolución

de mal funcionamientos en el producto. Así como se cuidará no mencionar datos o especificaciones que son propiedad de Chamberlain y no es posible añadir a un trabajo que será publicado para conocimiento general.

Los proyectos trabajados se presentarán como problemáticas o necesidades del producto a resolver, seguido de su planteamiento y proceso iterativo de diseño (rediseño en este caso).

La relación de estos proyectos con los conocimientos y habilidades adquiridos en la carrera de “Ingeniería Mecánica” es significativa, siendo necesaria su consideración para analizar problemas en el día a día. Algunos de estos son, por ejemplo: comportamiento mecánico de materiales (metales y plásticos en su mayoría), herramientas de diseño e ingeniería por computadora (CAD/CAE), conceptos de procesos de manufactura, trabajo en equipo, manejo de proyectos, pensamiento crítico y nociones de proceso de diseño, por mencionar algunos. De estas habilidades se resaltarán su aplicación durante las actividades profesionales presentadas.

Empresa

Descripción

Perfil de la empresa

Dedicada a las soluciones de accesos, la empresa Chamberlain Group pertenece a Blackstone Private Equity, y tiene sede en Oak Brook, Illinois EE. UU. Asimismo, Chamberlain Group tiene una planta maquiladora con departamentos de diseño y manufactura en México en la localidad de Nogales, Sonora.

Sus productos y servicios son principalmente distribuidos en Estados Unidos de América y Europa, así como otras partes del mundo en menor cantidad como Australia, Nueva Zelanda y algunos productos en Latinoamérica.

Giro de la empresa

La empresa Chamberlain Group se dedica a diseñar y fabricar abridores de puertas de garage residenciales, operadores de puertas comerciales, cámaras de seguridad y sistemas de entrada de portones perimetrales.

Pertenece al sector industrial de soluciones de accesos, ya sea en diseño de hardware, firmware y software, así como la fabricación y ensamble de componentes para abridores y operadores de puertas.

Productos y Servicios.

Chamberlain Group está compuesto por las siguientes marcas:

- Liftmaster
- Chamberlain
- Craftsman
- Merlin
- Grifco
- Raynor

Y sus productos incluyen abridores de puertas de garage “GDO”, puertas comerciales “CDO”, accesos perimetrales, y productos “MTO” mandados a hacer específicos para el sector comercial, los cuales son poco comunes.

Misión

Donde quiera que se encuentren, las personas que cuentan con CGI para moverse con seguridad en su entorno, confiados que lo que más valoran está protegido y siempre a su alcance.

Visión

Dar el poder del acceso y la información.

Cultura y Comportamientos

Un equipo. Colaboración y trabajo en equipo, diversidad e inclusión.

Efectivo. Perspectiva global de negocio. Enfoque al cliente.

Apasionado. Comunicación efectiva.

Responsable. Liderazgo, determinación.

Creativo Pensamiento innovador. Agente de cambio.

Historia de la empresa

Los inicios de esta empresa se remontan al comienzo del siglo XX, en el año 1900, cuando Andrew M. Chamberlain y su hijo Floyd establecen la compañía entonces denominada “Peerless Cream Separator” siendo esta su primera empresa. Su enfoque era producir productos asociados con la separación de mantequilla y demás productos de cremería, esta tuvo gran éxito.

Fue hasta 1906 que ambos fundaron la compañía “Waterloo Rope Belt”, la cual eventualmente sería renombrada como “Chamberlain Machine Works” en 1913.



Figura 1. Logotipo Chamberlain, 1913

A vísperas de la Primer Guerra Mundial, la maquinaria enfocada en separadores de cremerías fue utilizada provisionalmente como una manufacturera de artillería con el fin de apoyar a productos militares para la guerra. Este enfoque de manufactura con fines militares continuó en diversos productos alternos de la empresa hasta el fin de la Segunda Guerra Mundial. La empresa también manufacturó municiones durante el periodo entre guerras.

En 1968 la empresa Chamberlain adquirió los derechos de la empresa “Perma Power”, la cual se dedicaba al negocio de abridores de garage, siendo la primera empresa en producir un abridor de puertas de garage (GDO) controlada por radio señales en 1955.

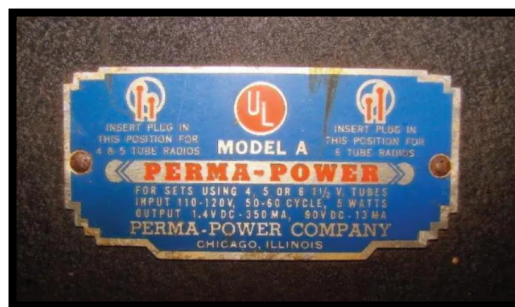


Figura 2. Etiqueta de abridor Perma Power

Para el año de 1973 Chamberlain inaugura su nueva planta de manufactura de productos GDO (Garage Door Openers) en tierras mexicanas, en la localidad de Nogales, Sonora.

En 1978, la familia Duchossois adquiere la propiedad del grupo de empresas que conforma Chamberlain, siendo los principales dueños. Para 1983 la familia Duchossois se convierte en el propietario único de la compañía oficialmente nombrada “Chamberlain Group”.

El crecimiento de la empresa a partir de esto fue cuesta arriba, siendo que para 1987 se obtiene la primera patente registrada a nombre de Grupo Chamberlain por un sistema receptor de señales implementado en las unidades GDO, las cuales previamente utilizaban switches especializados para enviar señales en forma de código, esto dejó de ser necesario al utilizar ahora un receptor configurado específicamente para cada unidad.

Asimismo, la innovación en el ámbito de señales continuó. En 1989 la industria de accesos fue revolucionada al ser implementado por parte de Chamberlain Group el primer sistema de acceso sin cableado ni llave. Esto significó un valor agregado al producto, pues el acceso para residentes continuó volviéndose cada vez más sencillo y seguro.

El éxito de Chamberlain fue tal que en 1993 el congreso estadounidense hace un requerimiento federal para todos los accesos residenciales “GDO” del país para que sean vendidos con sensores de seguridad infrarrojo, lo cual es una invención considerada “salvavidas” de Chamberlain Group. Esto se convirtió en estándar a nivel nacional.



Figura 3. Sensores IR Chamberlain

Un detalle que vale la pena destacar en la historia de Grupo Chamberlain, es su introducción a motores de corriente directa para las unidades de abridores de puertas, siendo que antes de utilizaban motores de corriente alterna, la línea de motores DC ofrecía mayor eficiencia en el consumo de potencia y una operación reducida en sonido, lo cual puede llegar a ser motivo de queja de cliente. Hoy en día, al año 2025, las unidades AC están siendo migradas casi por completo a DC.

La expansión de Grupo Chamberlain continuó en el año 2006 cuando se compró e incluyó al grupo de empresas a Merlin (líderes manufactureros de GDOs residenciales), y Grifco (líderes manufactureros de abridores de accesos comerciales y puertas automatizadas) ambos para Nueva Zelanda y Australia.

La revolución tecnológica de Chamberlain en la industria de accesos continuó en 2011 con la introducción de la primera aplicación de smartphone dedicada al control de accesos y puertas de garage vía remoto sin límite de distancia, llamada “myQ”. A día de hoy, esta continúa siendo de los principales valores agregados de los productos de Chamberlain.

En 2014 ocurre una nueva expansión de Chamberlain, al adquirir la empresa “Controlled Products Systems Group” CPSG, líder distribuidora de controles de acceso perimetrales para los Estados Unidos, un sector enfocado en accesos que rodean domicilios o recintos. Para 2017 se adquiere “Systems LLC”, líderes manufactureros de equipamiento de muelles de carga.

En 2019 Chamberlain añade a sus filas a la empresa “Lockitron”, con el fin de fusionar cerraduras inteligentes a la plataforma de la aplicación myQ, así como también se hace de Tend con lo cual se logra integrar videos a su línea de productos.

En 2020 Amazon Key y Chamberlain Group se vuelven socios en el negocio de entregas “in-garage”, en 2022 Walmart+ se vuelve socio.

Con el fenómeno de pandemia por el virus COVID-19 en el año 2020, las ventas de productos de accesos de Chamberlain Group tuvieron un pico positivo, por lo que la empresa aumentó su valor y se terminó decidiendo vender en 2021. Paso de ser propiedad de la familia Duchossois al grupo “Blackstone Private Equity” con objeto de dar un paso más en la innovación y crecimiento de la compañía de accesos. Este fue la implementación de myQ Connected Garage, una aplicación vehicular conectada al hogar que permite monitorear cámaras de vigilancia y accesos residenciales desde unidades vehiculares.

Para el año 2023 la aplicación de myQ tiene un impacto gigantesco en los Estados Unidos, llegando a 10 millones de usuarios conectados.

A lo largo de la historia de Grupo Chamberlain, a partir del año 1973 que se establece una planta manufacturera en suelos mexicanos, se ha tenido impacto directo de trabajadores del país. Siendo que comenzó únicamente con fuerza laboral de operadores mexicanos,

Organigrama

```

graph TD
    SrManager[Sr. Manager, Engineer] --> SustManager[Sust. Manager]
    SrManager --> ManagerEng[Manager Engineer, Mechanical]
    SustManager --> ME2Res[Mechanical Engineer 2]
    SustManager --> ME1Res[Mechanical Engineer 1]
    SustManager --> ME2Com[Mechanical Engineer 2]
    ManagerEng --> ME1Com[Mechanical Engineer 1]
    ManagerEng --> ME1NPD[Mechanical Engineer 1]
    ManagerEng --> ME1NPD2[Mechanical Engineer 1]
    ManagerEng --> ME1NPD3[Mechanical Engineer 1]
    ME1Com --> SrEngNPD[Sr. Engineer, Mechanical]
    ME1Com --> ME2NPD[Mechanical Engineer 2]
    ME1Com --> ME2NPD2[Mechanical Engineer 2]
    ME1Com --> ME3NPD[Mechanical Engineer 3]
    ME1Com --> ME1NPD4[Mechanical Engineer 1]
    SrEngNPD --> ME2NPD4[Mechanical Engineer 2]
    SrEngNPD --> ME2NPD5[Mechanical Engineer 2]
    SrEngNPD --> ME3NPD2[Mechanical Engineer 3]
    SrEngNPD --> ME1NPD5[Mechanical Engineer 1]
    ME3NPD2 --> ME1Open[ME-1 OPEN POSITION]
    ME1NPD4 --> ME2Open[ME-2 OPEN POSITION]
    ME1NPD4 --> TypeIV[Type IV coordinator]
    TypeIV --> ME1TypeIV[Mechanical Engineer 1]
    ME1NPD4 --> Productivity[Productivity coordinator]
    Productivity --> NPI[NPI. Project Coordinator]
    NPI --> Interns[INTERNS]
    Interns --> Intern[INTERN]
    Intern --> Marco((Marco Gonzalez Perez))
    Marco --> ME1Open
  
```

Ahora promovido a Ingeniero Mecánico 1, en el departamento de “Residential Sustaining”.

Acerca del Puesto

En el puesto “Intern” el trabajo realizado es el mismo al de ingenieros, con un horario de 7:00 a.m. a 5:00 p.m., lo cual resulta en una jornada laboral de tiempo completo. Siendo ahora ingeniero 1, se diferencia ahora en tener la autoridad de aprobar o rechazar cambios.

El perfil del puesto es multidisciplinario, con habilidades resaltadas a continuación:

- Habilidades analíticas para apoyar la creación de diseños de sistemas electromecánicos mediante la realización de cálculos relacionados con resistencia de materiales, estática, ecuaciones esfuerzo-deformación y dinámica.
- Capacidad para trabajar dentro de equipos multifuncionales para crear productos electromecánicos.
- Conocimiento práctico de MS Office.
- Fuertes habilidades analíticas.
- Habilidades de comunicación efectivas.
- Capacidad para realizar múltiples tareas en un entorno de ritmo acelerado.

Con respecto a los deberes y responsabilidades que aborda el puesto, son:

- Participar en análisis básicos de fallas y en tácticas de resolución de problemas mediante pruebas funcionales y de confiabilidad en banco.
- Asegurar la calidad del producto completando estudios de análisis de tolerancias para piezas y ensamblajes.
- Ingresar listas de materiales en SAP liberando Avisos de Cambio de Ingeniería en Windchill.
- Proteger la reputación de Chamberlain Group manteniendo la confidencialidad de la información.
- Mantener el conocimiento profesional y técnico asistiendo a talleres educativos, consultando publicaciones especializadas, estableciendo redes personales y participando en sociedades profesionales.
- Contribuir al esfuerzo del equipo logrando resultados relacionados y participando en proyectos según sea necesario.
- Cumplir con las normas y directrices de salud y seguridad; los gerentes también deben garantizar el cumplimiento dentro del equipo.

Donde se requiere un mínimo de calificación en educación el título universitario en ingeniería mecánica, esto como preferencia principal, o un mínimo de 4 años de experiencia

relacionada al empleo definido con anterioridad en las deberes y responsabilidades esenciales.

El puesto se relaciona fuertemente con diversas áreas de la empresa, tales como:

- **Ingeniería y agentes de “sourcing”**. Encargados de interactuar con proveedores con objeto de intercambiar información de los materiales comprados, o partes mandadas a manufacturar de manera externa. Desde el punto de vista de ingeniería de diseño, sirve como intermediario en temas de cotización o cambios de materiales y diseño.
- **NPI “New Project Implementation”**. Encargados de manejar y administrar proyectos de nuevos componentes o cambios de reducción de costos. Relación directa, administran los proyectos de “productividad” propuestos y liderados por ingeniería.
- **Ingeniería de pruebas**. El puesto de ingeniero de sustaining requiere de validación continua de componentes o verificación de condiciones a las que se puede someter un producto, por lo que el departamento de pruebas se relaciona directamente.
- **Ingeniería eléctrica-electrónica**. Productos finales electromecánicos. La convivencia con el departamento de electrónica es continua. Al investigar sobre problemas presentados en las piezas, o sugerir ideas nuevas para proyectos de optimización se debe verificar el correcto funcionamiento eléctrico en el producto.
- **Ingeniería de manufactura**. El diseño de componentes mecánico debe de considerar que tan factible es producir dichas piezas, tomando en cuenta la capacidad de la planta. De esto se deriva el diseño para manufactura, habilidad que se desarrolla para este puesto y se abordará más adelante en este reporte.
- **Finanzas y contabilidad**. Al proponer e impulsar proyectos de rediseño para reducción de costos se debe validar el total de ahorro que se tendrá.
- **Marketing**. Departamento encargado de la imagen del producto. Cualquier problema relacionado o propuesta de diseño que envuelva un cambio visible para el cliente debe ser consultado con marketing.
- **Técnicos de planta y operadores**. Puestos encargados de la producción del producto. Al tener sustaining como responsabilidades atender problemas en la línea de producción este puesto se relaciona diariamente con puestos técnicos y de operador, así también con la obtención de muestras para pruebas o la realización de pruebas de componentes en la línea de producción.

Los problemas presentados para un ingeniero de sustaining son documentados en la página web “Jira” y son tratados como Tickets a resolver, los cuales dependiendo de su tipo

poseen una forma particular y se pueden caracterizar por su dificultad, prioridad y nivel de urgencia, los tipos de tickets se presentan a continuación.

Apoyo a la línea de manufactura.

Siendo una empresa donde la fuerza de labor en la producción de piezas radica principalmente en operadores y técnicos, el error humano se hace presente en el día a día. Sin embargo, en diversas ocasiones se presentan conflictos en la línea relacionados al producto ya sea en su diseño, relación con otros componentes electromecánicos, ensamblaje, etc. Ante estas situaciones se le crea un ticket al ingeniero de sustaining para abordar su solución.

Este tipo de problemas se abordan primeramente verificando que las piezas se encuentren dentro de las especificaciones indicadas en el diseño, de lo contrario se considera un problema de calidad. Posteriormente se comienza un análisis de donde se utiliza el componente y cual debería ser su correcto funcionamiento, se compara esto con el problema. A partir de esto se inicia un análisis de causa raíz con el objeto de identificar de donde surge el problema y proponer soluciones. En caso de ser necesario realizar un cambio de tipo ingenieril, se documenta un aviso de cambio “ECN” para oficializar la solución del problema como un cambio, y notificar a las demás áreas de la empresa.

Todo el proceso del problema desde su planteamiento hasta la implementación y verificación de su solución debe estar documentado con su respectiva forma en la página de Jira.

Continuidad de suministro.

Dado el hecho de que algunos de los productos intermedios no son manufacturados en la planta, como ciertos plásticos, motores, Brackets, rieles, bandas, etc., y son más bien mandados a hacer y ensamblados en casa, el contacto con proveedores es de suma importancia, así igual con las partes manufacturadas en casa al comprar la materia prima. En muchas ocasiones los proveedores presenten problemas, en la relación del diseño y sus procesos de manufactura, cortos de material, desviaciones requeridas en el diseño, u oficialización de cambios en el diseño hechos previamente.

Al igual que los demás tipos de problemas, se genera un ticket (en este caso por el ingeniero o agente de sourcing) con el problema presentado para la evaluación del ingeniero mecánico de sustaining. Se analiza el tipo de problema, ya sea un corto, desviación, una petición de cambio en el diseño, o una aprobación de cambio de proveedor, y se considera

la especificación actual del diseño, así como dónde se utiliza el componente. Se realiza un análisis de lo que implica aprobar o rechazar la propuesta, o se genera una solución alterna al problema presentado. Para esto se utilizan herramientas ingenieriles como análisis de tolerancia o diseño para manufactura. En otros casos se piden recursos de laboratorio para validar las condiciones del producto.

En caso de aprobar, está dentro de las responsabilidades del ingeniero de sustaining la generación del ECN y firmar el documento PPAP, que avala el cambio hacia el proveedor.

Todo el proceso del problema desde su petición por otras áreas hasta el rechazo o aprobación y por qué, así como verificación de su solución debe estar documentado con su respectiva forma en la página de Jira. Las conclusiones son de vital importancia.

Proyectos de Productividad.

El departamento de sustaining tiene como principal función la búsqueda de mejoras en el diseño actual, con objeto de reducir los costos generados para el departamento. Siendo que, si no se generan problemas de otra índole reportados a sustaining, se está trabajando siempre en productividad. Para esto se generan ideas de rediseño/optimización, cambios de proveedores por opciones más económicas, o eliminación de componentes en el ensamble, por cualquier departamento. Para aquellas ideas donde se relacionen componentes mecánicos, el responsable del proyecto de productividad es el ingeniero mecánico de sustaining. Los ahorros de los proyectos de productividad se calculan a 12 meses después de la implementación.

Este tipo de proyectos son los de mayor impacto para este puesto, ya que se cuantifican los resultados en ahorros económicos, y genera un impacto directo al departamento, el cual tiene una meta anual de ahorros anual. Son proyectos extensos y sensibles, con numerosas áreas relacionadas durante su generación, desarrollo e implementación.

Consta de diversas fases:

- Fase E. Generación de la idea, evaluación ingenieril de la propuesta y se busca la aprobación del proyecto.
- Fase D. Aprobado. Proceso de diseño iterativo a partir de pruebas, simulaciones o áreas de oportunidad generadas en el proceso. Validación de ahorros con finanzas. Revisión de concepto de diseño. En estas dos primeras fases las ideas de diseño son planteadas y se aplican habilidades adquiridas en la carrera. Se agrega el proyecto a un sistema de seguimiento, donde se deben cumplir fechas de entregables.

- Fase C. Pruebas preliminares del nuevo diseño/prototipo. Proceso de cambio en los sistemas PLM y bases de datos de la empresa. Para piezas manufacturadas en casa se hace una evaluación de lo que implica el cambio para manufactura y adquisición de materia prima; en caso de ser piezas compradas se comienza el proceso de PPAP con proveedor. Se requiere nueva validación oficial de finanzas. Se realiza una revisión crítica de diseño presentando resultados de pruebas, avances y si hubo nuevos cambios en el proceso iterativo de diseño.
- Fase B. Trabajo de ingeniería cerca de concluir. Pruebas de validación de diseño y de proceso. Corridas controladas en la línea de producción en caso de ser necesarias. Cambios en base de datos y PLM son visibles. Se realiza una revisión final de diseño.
- Fase A. Proyecto a punto de ser implementado, se espera depleción del material/diseño viejo para realizar el plan de transición a la nueva revisión de diseño. Se realiza una última validación de finanzas para concretar los ahorros netos.
- Fase I. Implementación del proyecto.

Todo el proceso del proyecto, desde la generación de la idea ya sea por el mismo departamento o por otras áreas hasta su implementación debe estar documentado con su respectiva forma de productividad en la página de Jira. Siendo que este tipo de proyectos son tan extensos en tiempo y recursos, también se debe documentar los problemas relacionados que esto implicó, y los Tickets generados a otras áreas como lo son pruebas, sourcing, etc. La cantidad de ahorros final se verifica y se agrega a la meta del departamento.

Queja del Cliente.

Problemas prioritarios del departamento de sustaining. Son poco comunes, sin embargo, al presentarse deben ser atendidos como prioridad número 1.

Estas quejas son relacionadas al producto y su diseño, y son analizadas con la búsqueda de la causa raíz del problema. En ocasiones requieren de rediseños en los componentes, o dar reversa a algún cambio previo generado que falló en campo.

Son analizados de manera análoga a los otros tipos de problemas presentados y deben ser documentados de igual manera.

Durante el tiempo de realización del trabajo profesional en la planta no se presentó la oportunidad de trabajar con ninguna queja del cliente.

Actividades profesionales

El inicio de labores en el puesto se dio el día 13 de enero de 2025. Se comenzó con cursos, capacitaciones y entrenamientos de conocimiento ingenieril y aspectos internos de la empresa. A la par de esto, se comenzó a trabajar problemas de cada vez mayor complejidad, incluyendo proyectos de productividad y apoyos a líneas caídas, los cuales son problemas prioritarios cuando se habla de la línea de manufactura.

Las actividades profesionales realizadas en este puesto son descritas a través de los tickets presentados al ingeniero de sustaining. Se trabajó un total de 40 tickets:

- Un total de 10 de apoyo a la línea de manufactura, de los cuales se han cerrado 8.
- Un total de 18 de continuidad de suministro, de los cuales se han cerrado 12.
- Un total de 12 de proyectos de productividad, de los cuales se rechazaron 7 por baja factibilidad de ser realizados, pocos ahorros totales, no cumplen con regulatorias. De estos se consideraron como **ideas factibles y se trabajaron 5. Se presentan 2 en este escrito.**



Figura 5. Total de tickets trabajados

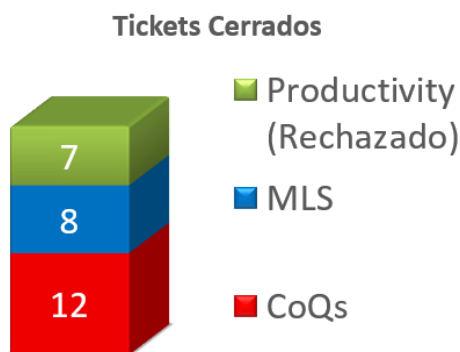


Figura 6. Total de tickets cerrados

A continuación, se presentan los proyectos y problemas más representativos durante el tiempo trabajado para Chamberlain Group.

Reducción de espesor y cambio de acabado de los Brackets de la banda de los productos “GDO” (Garage Door Openers) y cambio de acabado del Clip remachador de los Brackets a la banda.

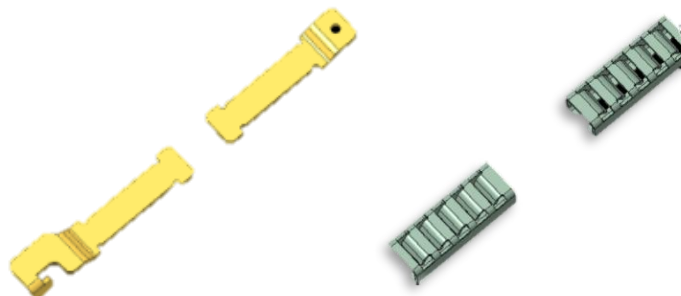


Figura 7. Brackets y Clips de las bandas GDO

Proyectos hermanos de productividad con un total de 147k dólares de ahorro validados por finanzas.

Idea

Presentada por el ex ingeniero de sustaining *José Carlos Velarde* durante el año 2024. Se propone reducir la cantidad de material empleada para la fabricación de los Brackets que sujetan el componente mecánico denominado “trolley” a las bandas que corren alrededor del riel. Esto debido a que ambos Brackets se encuentran sobrados en respuestas mecánicas (esfuerzos y deformaciones) ante el requerimiento del producto (cargas de tensión aplicadas medidas en libras).

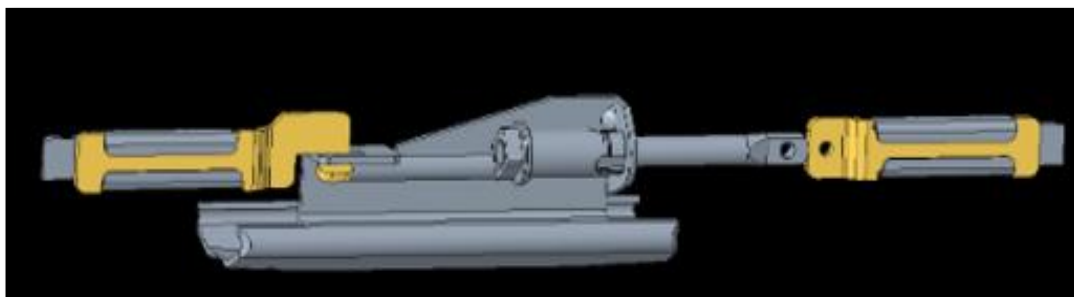


Figura 8. Brackets resaltados remachados al clip, y en el ensamble con el trolley

La reducción del material se tradujo a una reducción del espesor de los Brackets, de una cantidad de 0.146 pulgadas a 0.090 pulgadas.

Asimismo, las condiciones ambientales a las cuales están presentes tanto los Brackets como el clip favorecen el empleo de un acabado para evitar la corrosión de dichos componentes.

Siendo que el acabado de la pieza original es un Clear Zinc, se propuso cambiar tal acabado tanto en los Brackets como en el clip a un acero galvanizado, el cual cumple con los requerimientos del producto por un menor costo.

Se propuso de igual manera el sustituir la compra de proveedor de estas piezas por desarrollar un herramental en casa y manufacturarlo en la planta. Esta idea fue descartada por sourcing siendo que los ahorros eran mayores al conservar el proveedor actual.

Los ahorros iniciales calculados deben absorber el costo del nuevo herramental y cualquier cambio imprevisto que surja durante el proceso de implementación del diseño.

Como ahorros finales se tuvo para el cambio de acabado del clip un total de 48 mil dólares. Mientras que para el proyecto de reducción de espesor y cambio de acabado de los Brackets se obtuvo una cantidad de ahorros de 99 mil dólares. Resultando en un total por ambos proyectos de 147k USD.

Funcionamiento del mecanismo.

En las unidades GDO del sector residencial, el motor se activa ante la señal del usuario ya sea para abrir, frenar o cerrar la puerta de garage. Esto también se puede dar de forma automática mediante los sensores o programación del producto.



Figura 9. PowerHead Liftmaster Premium

La salida del motor configurada según se indique hace rotar el sprocket, este se encarga de transmitir potencia a la banda, la cual corre a lo largo del riel.



Figura 10. PowerHead Liftmaster Plus. Señalado el Sprocket

La banda se ensambla a los Brackets a partir del agarre del clip, a esto se le denomina remachado.



Figura 11. Remachado Banda-Clip-Bracket

Los Brackets se unen al trolley, este es el encargado de moverse con la banda, y está sujeto al brazo recto que se conecta con un brazo curvo y está encargado de sujetar la puerta.



Figura 12. Ensamble de remachados al trolley.

Sobre este mecanismo se basa el rediseño de los Brackets y clip.

Dónde se usa



Figura 13. GDO Liftmaster Premium

En todas las unidades GDO que utilicen banda como mecanismo de apertura.

Explicación del proyecto

Concretización del proyecto final:

- Reducción de espesor de los Brackets y cambio de acabado a galvanizado. Esto afecta características en el 3D como redondeos y distancias que serán abordadas más adelante.

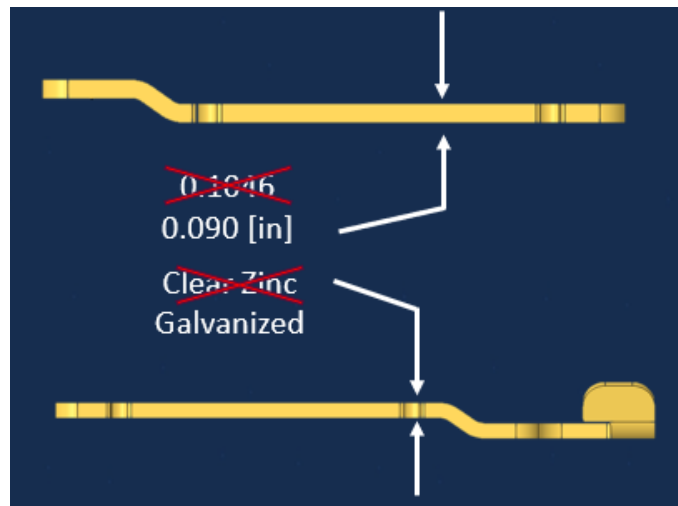


Figura 14. Proyecto de Brackets.

- Cambio de acabado en el clip a galvanizado y una ligera corrección de diseño que será abordada más adelante.

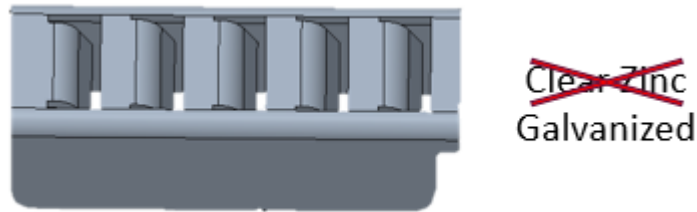
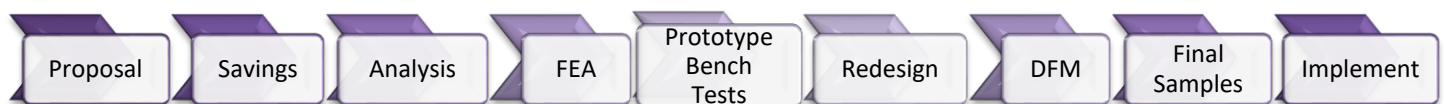


Figura 15. Proyecto de Clip

Trabajo ingenieril

Se presenta un proceso de diseño ideal y lineal.



Sin embargo, esto no ocurre, ya que el proceso final es iterativo, teniendo que retomar tareas de análisis o “bench tests” ante rediseños. Por lo que el trabajo ingenieril que se presenta a continuación tuvo desviaciones, iteraciones, y ciclos a seguir para poder llegar a los análisis y diseños descritos en este trabajo.

La idea o propuesta de proyecto fue iniciada el año 2024 por el ex miembro de sustaining *José Carlos Velarde* ante lo cual se presenta una evaluación de concepto de diseño “CDR” (Concept Design Review).

Uno de los problemas a enfrentar en los proyectos de productividad que impliquen modificar componentes visibles para el cliente es la aprobación de marketing. Ya que al ser un cambio en la estética del producto final puede afectar la manera en la que se visualiza la *marca* *Chamberlain*.

Esto se consideró al cambiar de un Clear Zinc (brilloso) a un galvanizado (más opaco), sin embargo, al ser componentes no resaltados para el consumidor, que no modifican de gravedad la imagen del producto, y considerando la gran cantidad de ahorro, se obtuvo aprobación del proyecto.

Análisis

Considerando la especificación estandarizada para los productos de banda de GDO, y el concepto de rediseño de reducción de espesor, se condujo una simulación por método de

elemento finito utilizando el software ANSYS. Donde fue posible analizar el comportamiento mecánico ante la carga solicitada al bracket de 690 libras.

Para esto se tomó como modelo CAD el sector de banda remachado con el clip y el bracket.

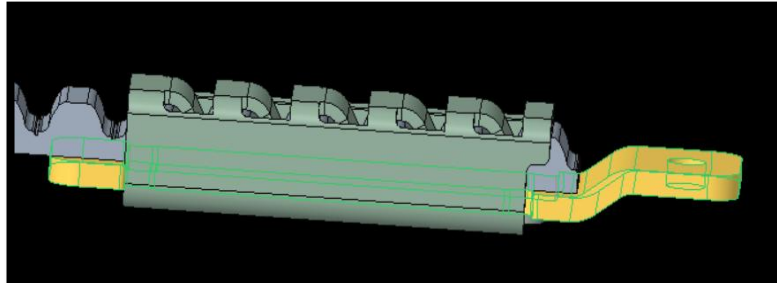


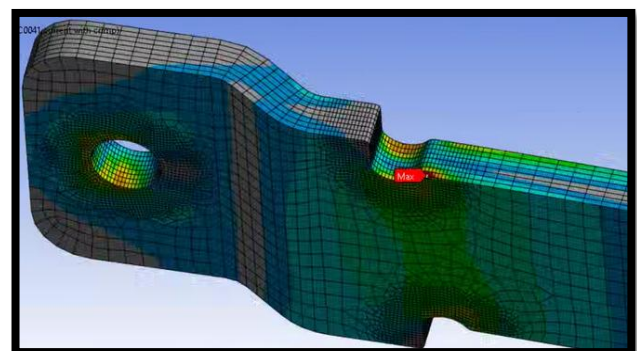
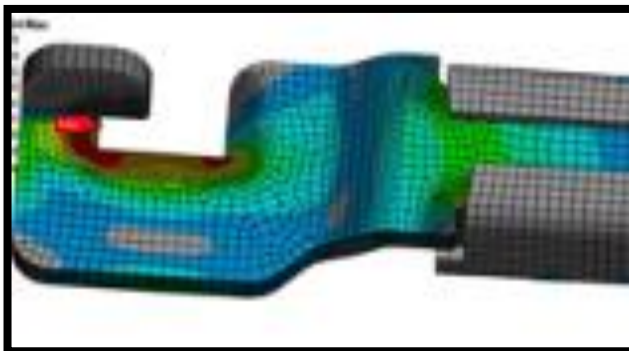
Figura 16. Modelo CAD del remachado para simulación

El software CAD del cual se exportó dicho modelo fue CREO PTC, herramienta utilizada a lo largo del trabajo profesional.

Set up simulación: Material específico para la banda (incluido en las bibliotecas de ANSYS de Chamberlain), Clip y Brackets. Contactos para el ensamble entre los tres componentes. La simplificación del modelo aproximó correctamente las condiciones de frontera al comportamiento real del ensamble, donde se tomo como soporte fijo un extremo de la banda.

La carga externa aplicada a los Brackets se distribuyó a lo largo de la superficie donde se aplicará en el sistema físico real.

A partir de los resultados obtenidos con la simulación por elemento finito fue posible concluir dos grandes hallazgos:



Figuras 17 y 18. Resultados de esfuerzo equivalente Von Mises en simulación FEA de ambos Brackets en ANSYS

1. La propuesta de rediseño de reducción de espesor para ambos Brackets tiene una respuesta ante cargas externas requeridas por el producto en forma de esfuerzo de Von Mises por debajo de la cedencia. El material no va a fallar el rango elástico, y su factor de seguridad es mayor a 1.
2. Se localizaron las zonas de mayor concentración de esfuerzos en las piezas, donde existe falta de redondeos que serán útiles para el Diseño para Manufactura. Así como también gracias a la ubicación de estas zonas fue posible aprobar redondeos extras para alivios de herramental sugeridos por proveedor. Esto se mencionará más adelante.

Prototipos y pruebas de banco

Con estos resultados se procedió a manufacturar muestras prueba para realizar pruebas de banco (antes de solicitar nuevo herramental y recursos de laboratorio en Chamberlain para plan de pruebas).

Se seleccionó una cantidad de 32 muestras de bracket utilizado en la actualidad sin modificar, y un muestreo de 32 brackets actuales para ser maquinados con objeto de simular el nuevo espesor propuesto. Posteriormente se remacharon todas estas muestras obteniendo así 32 ensambles banda-clip-bracket con el espesor actual y 32 con el espesor propuesto, ambos casos con el largo de banda reducida para poder llevar a pruebas de banco.

Dichas muestras fueron utilizadas para pruebas de “Jalón de fuerza”. Esta se realiza en la máquina universal Shimadzu para pruebas ubicada en la planta de Nogales.



Figura 19. Ensamble de Brackets para pruebas de Pull



Figura 20. Máquina Universal Shimadzu

Los resultados arrojaron una variación muy extensa e indeseada en el nuevo diseño en comparación con el ensamble actual. Se analizó esto bajo criterio de índice de capacidad de proceso de manufactura CpK.

- Diseño actual. $CpK > 1$
- Diseño propuesto. $CpK < 1$

Esta prueba se realiza a la fuerza de jalón máxima que pueda soportar el ensamble, por lo que se espera un fallo en el remache indicado por la especificación de al menos 690 libras.

Se destaca que con el nuevo diseño el remache falló en varios casos con fuerzas menores a la de la especificación, además de tener una gran variación durante el proceso. Límite inferior marcado como “LSL”.

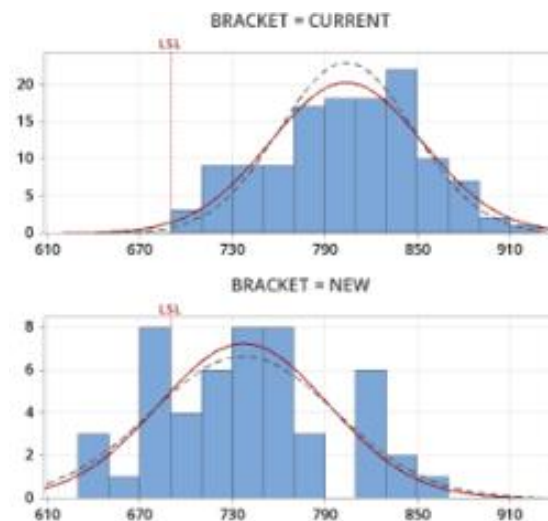


Figura 21. Gráficas de resultados de fuerza de tensión para ensambles con Brackets actuales y propuestas.

Esto representó un problema en el diseño, para lo cual se procedió a encontrar una causa raíz y posteriormente solucionar el problema.

Rediseño

Los requerimientos de los productos se encuentran estandarizados en la base de datos de Windchill, esto representa una ventaja, puesto que, para cualquier diseño de producto nuevo, o mejora de diseño como lo es este caso, se pueden revisar los requerimientos generales de cualquier tipo de producto, en esto se basan los criterios de aceptación de cambio.

El documento de requerimientos del producto indica para este ensamble las solicitaciones externas que debe ser capaz de soportar.

Regulatoria exige que se cumplan estos requerimientos, por lo que el plan de pruebas a realizar para un rediseño debe estar basado en estos documentos. A partir de este documento de requerimiento se derivó un análisis de modos de falla “DFMEA”, con el cual fue posible analizar diversos riesgos en el nuevo diseño, no solo del tipo mecánico. Esto será mencionado más adelante en el apartado de pruebas realizadas por el laboratorio.

- Mayor riesgo por DFMEA: compresión inadecuada en el remache derivada de la reducción de espesor del bracket, resultando en un agarre o mejor dicho **interferencia** menor entre la banda y el clip.

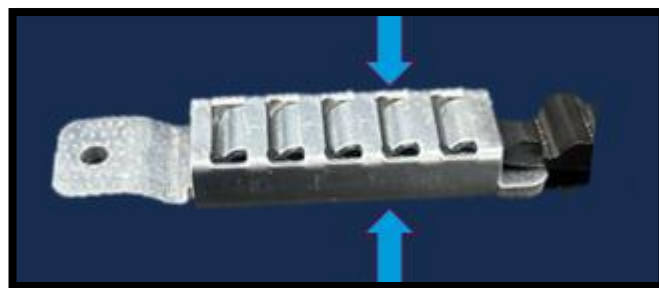


Figura 22. Fuerza de compresión en el ensamble

Al considerar esta como causa raíz del problema de variación de fuerza de tensión y estar por debajo en ocasiones de la fuerza requerida en la prueba realizada, se procedió con un análisis para su solución.

Debido a la complejidad de calcular la fuerza existente en el remachado se optó por realizar un análisis de ensamble con enfoque en geometrías y tolerancias por encima de un análisis mecánico puro.

Para esto es importante destacar una de las herramientas y habilidades más relevantes adquiridas durante los primeros meses de trabajo en Grupo Chamberlain, lo cual es el aprendizaje de GD&T y el análisis de tolerancias mediante un “Stack Up”. Este es un tipo de análisis para dimensiones que considera las medidas nominales de diseño y sus tolerancias, con el fin de obtener medidas resultantes para casos nominales o extremos según sean los límites de tolerancias de diseño.

Esta es una herramienta útil para el ingeniero mecánico puesto que entrega como resultado el espacio o interferencia resultante para medidas dadas, lo cual es crítico para el diseño.

Tomando medidas nominales y tolerancias especificadas en los dibujos de cada componente (Banda, Clip y Brackets) se buscó el espacio “Gap” que existe entre la banda, la cual entra en contacto con el clip, y las pestañas del clip encargadas de realizar el agarre para el remache con la banda. Estas medidas se tomaron para el ensamble ya remachado.

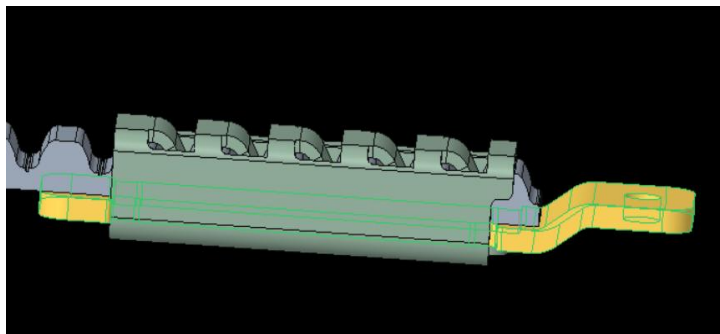


Figura 23. Ensamble remachado

Se tomó como base una vista seccionada lateral del ensamble, y se establecieron medidas de interés para el análisis Stack.

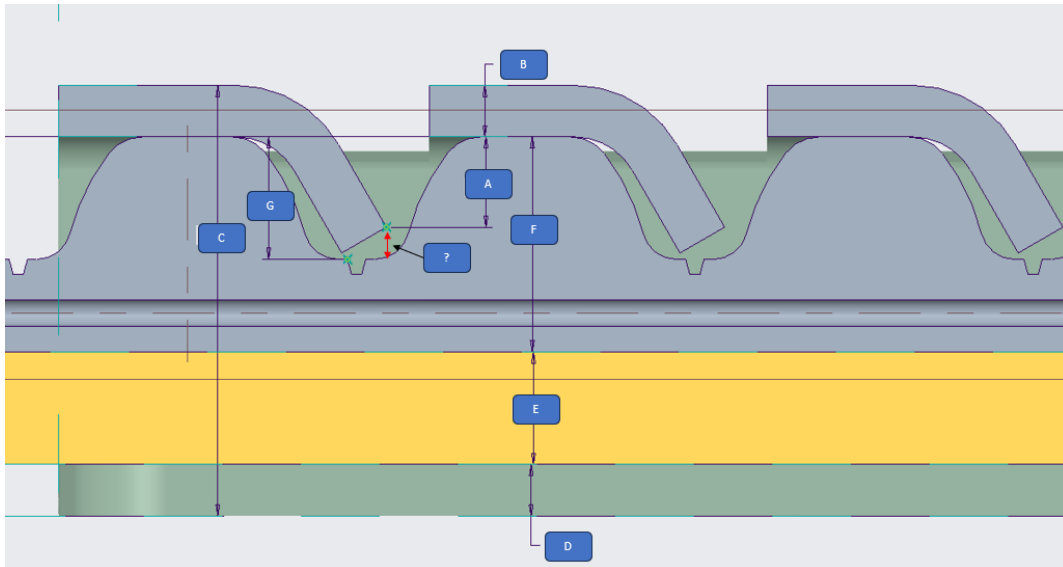


Figura 24. Vista general de Stack

Se ordenaron las dimensiones de manera que se obtuviera como resultado el gap que existe entre la pestaña del clip con la superficie de contacto en la banda.

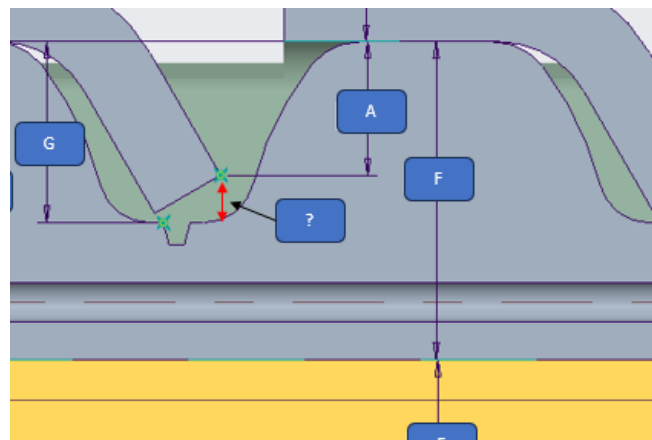


Figura 25. Zona de interés del Stack

Se obtuvo como resultado un “Gap” positivo entre la superficie de la banda y el clip. Esto indica que existe un espacio entre el punto marcado en el stack y la superficie de interés, lo cual se busca corregir.

Lo primero a modificar en el dibujo del clip es la referencia sobre la cual se marca la distancia “A” en el Stack Up, esto debido a que se busca como interés el punto de la pestaña que toca la banda.

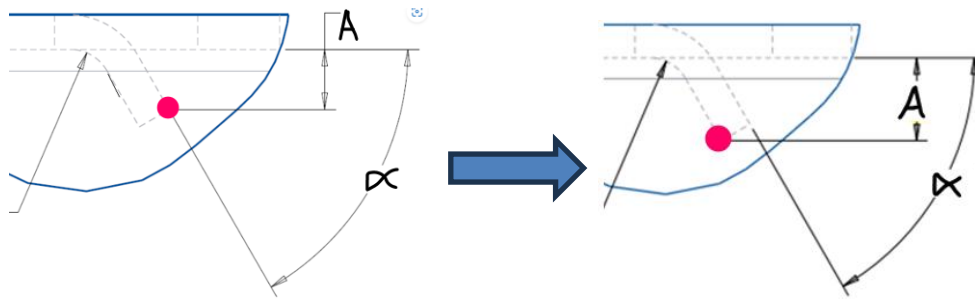


Figura 26. Cambio de referencia en la especificación del clip

Habiendo cambiado la referencia indicada para la dimensión A fue posible visualizar la distancia correcta del contacto que existe entre la banda y la pestaña del clip.

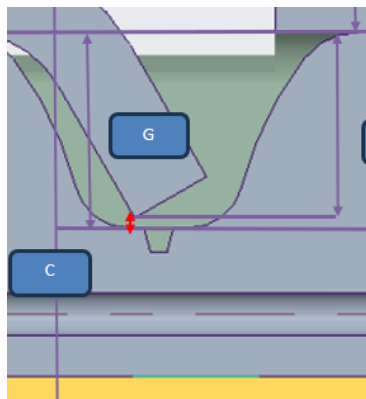


Figura 27. Nueva dimensión resultado de Stack Up

Por último, para corregir el problema se optó como solución aumentar dicha distancia A, para así obtener un mayor levantamiento de la pestaña del clip, teniendo como resultado en el ensamble un mejor agarre en el remachado con la banda.

Se generó entonces en el remachado una **interferencia entre los componentes Clip-banda como solución al problema** de la fuerza de jalón baja y dispersa.

Nuevos prototipos y pruebas de banco

Se obtuvieron muestras del rediseño del clip como nuevos prototipos y se realizaron las mismas pruebas de banco, las cuales fueron exitosas en resultados de fuerza de jalón.

Sin embargo, al ser únicamente prototipos y pruebas de banco no realizadas por el laboratorio de pruebas esto no es una validación al diseño, aún se debía llevar a cabo el

plan de validación de diseño, el cual se realiza posteriormente a la llegada de muestras del proveedor.

Re-Análisis

Se concretó un análisis de diferencias entre el diseño actual (ahora viejo) y la propuesta/nuevo diseño, denominado “Gap Analysis” documentado en el ticket de este proyecto.

Los resultados del Gap Analysis indican igualdad en todas las características exceptuando el espesor de los Brackets y el material utilizado, así como el acabado del clip y la distancia A modificada.

Se corrió una nueva simulación de análisis por elemento finito con el clip modificado. Los resultados arrojaron las mismas conclusiones presentadas previamente.

Aviso de cambio de ingeniería

Mientras tanto se corrió una nota de cambio de ingeniería “ECN”. Fue necesario actualizar en los ensambles en Windchill los nuevos números de parte y reemplazar los viejos. Así como dar de alta los archivos CAD y dibujos hechos en Creo PTC.

Con el proceso de cambio de ingeniería inició la construcción del herramental para las 3 piezas con proveedor, siendo que el costo por esto es absorbido por los ahorros del proyecto, dando como resultado la cantidad indicada previamente.

Además, se tomó en cuenta el cambio de herramienta remachadora que se tiene en la planta de Chamberlain Group, puesto que ahora el ensamble considera un menor espesor por la reducción en el bracket, la prensa utilizada para realizar este remache fue ajustada y la base donde se colocan los componentes fue rediseñada.

Asimismo, como control de calidad se utiliza un “Gauge” para verificar la correcta producción del ensamble, el cual también fue mandado a realizar nuevamente para hacer juego con las nuevas dimensiones del remachado.



Figura 28. Gauge “Go, No-Go” del remachado

Todo colateral fue consumido por los ahorros del proyecto.

Muestras y producción de nuevas partes

Al ser un cambio de baja complejidad a realizar en el clip, las muestras solicitadas a proveedor llegaron mucho antes que las de los Brackets, la herramienta estuvo lista antes.

Es a partir de aquí que tomé el liderazgo del proyecto, mientras fui soporte en el desarrollo anterior.

Con base en los requerimientos del producto y las especificaciones documentadas que debe de cumplir el nuevo ensamble, se generó un plan de pruebas de validación de diseño, este plan es el mismo para ambos proyectos (Clip y Brackets), puesto que son parte del mismo ensamble.

Estas pruebas no solo incluyen aspectos mecánicos, sino también de corrosión, para lo cual se consideró un acabado que estuviera a la altura de los requerimientos a la hora de diseñar, en este caso “galvanizado”, así como ambientes extremos tales como temperaturas bajo cero o exposición a calores elevados, dependiendo de donde puedan llegar a ser usados los productos Chamberlain.

La llegada de las muestras de los clips solicitadas para el plan de pruebas y una corrida controlada solicitada por ingenieros de manufactura significó el realizar ensambles muestra para estos motivos. Las pruebas realizadas a los ensambles únicamente con el cambio de clip fueron aprobadas y se procedió a realizar una corrida controlada de producción dirigida por ingeniería de manufactura.



Figura 29. Prueba de laboratorio al ensamble

A partir de la corrida controlada de manufactura para validación del nuevo componente en el ensamble se reportó como exitoso el cambio.

Dándole seguimiento al problema que se tuvo con los prototipos iniciales, donde se ajustaron las pestañas del clip como solución a la compresión del remachado, se solicitó realizar pruebas de jalón de fuerza nuevamente con objeto de obtener un nuevo CpK en las muestras finales entregadas por proveedor. Se tomaron las muestras elaboradas en la corrida controlada para esto.

Se procedió de la misma manera a realizar pruebas de pull, en la máquina universal Shimadzu, con secciones de largo de banda recortados de 6 pulgadas.



Figura 30. Esquema de prueba de tensión realizada al remachado.

Los resultados complacieron la especificación de fuerza de tensión, excediendo por más de 100 libras el valor deseado, así como la obtención de factores de capacidad de proceso “CpK” todos mayores a 1, incluso superando el valor de 2 unidades para dos máquinas.

Es importante destacar que estas muestras son únicamente con cambio de clip, por lo que al tener el espesor de Brackets originales es de esperarse tener un resultado sobrado como el que se obtuvo, sin embargo, es un buen indicador de que se espera obtener una prueba exitosa de tensión con los nuevos Brackets.

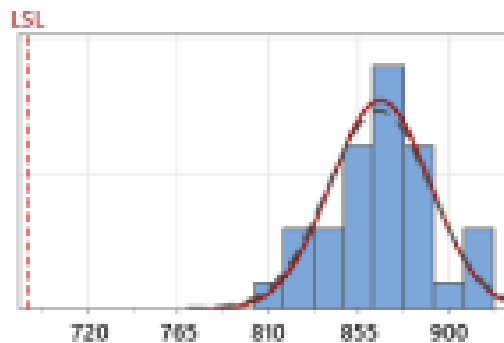


Figura 31. Gráfica de resultados de fuerza de tensión para el nuevo clip. CpK>2

DFM

Con respecto a los Brackets: Proveedor encontró problemas durante el desarrollo de la herramienta de las piezas, puesto a que poseen una geometría compleja, y algunas esquinas muy pronunciadas.

Basado en los resultados del análisis por elemento finito realizado, se concluyó cuáles zonas de concentración de esfuerzo eran susceptibles para agregar redondeos, de manera que a la par ayudarán a una herramienta óptima.

Como resultado se obtuvieron variaciones en las dimensiones con respecto al diseño viejo, y al prototipo. Se realizaron análisis de esfuerzos y deformaciones en el software ANSYS concluyendo la ayuda de los redondeos a la respuesta mecánica ante cargas externas en los Brackets.

Asimismo, proveedor solicitó modificar el diseño para añadir un redondeo en una zona específica que conviene a ellos como productores de la parte, puesto que se propone como un alivio de herramienta “Tool Relief”. Para realizar esta aprobación al cambio de diseño sugerida por proveedor se realizó un nuevo análisis de comportamiento mecánico.

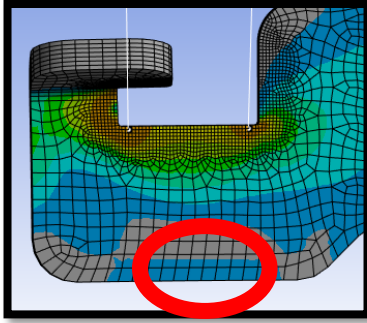


Figura 32. FEA enfocado en la zona donde se propone el Tool Relief

Basado en los resultados del FEA, se concluyó la aprobación del cambio al diseño debido a un bajo valor de esfuerzo en la zona requerida, así como una deformación no representativa.

El resultado del diseño final fue nuevamente analizado y se concluyó lo mismo.

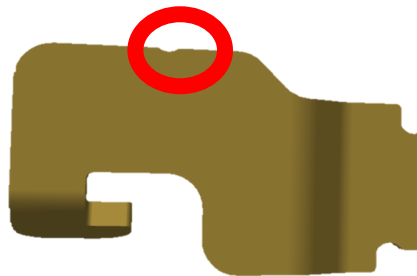


Figura 33. Nuevo diseño con Tool Relief

Nuevas muestras

Con las aprobaciones hechas para el herramental de los clips llegaron las muestras a la brevedad.

Se toma una población de 10 Brackets aleatorios de cada uno para llevar a centro de metrología y confirmar que todas sus medidas llegan dentro de especificación.

Los resultados de dos dimensiones en cada bracket no cumplían con las especificaciones. Por esto fue necesario analizar la funcionalidad de cada uno de ellos con desviaciones que ocasionaran tener dentro de especificación dichas medidas. Esto con el fin de aprobar las muestras llegadas, o rechazar en caso de no ser funcionales.

Se tomaron como referencia las dimensiones más alejadas de la especificación nominal y se modelaron los Brackets de esta manera, con el fin de simular su comportamiento en un FEA, y obtener su impacto en el ensamble por medio de un análisis Stack Up.

- FEA. Las desviaciones de centésimas de pulgada en las muestras se simulan correctamente en el ensamble, y se obtienen resultados de esfuerzos y deformaciones con mínima variación del diseño nominal. De igual manera se concluyó que las dimensiones desviadas no son críticas para el comportamiento mecánico puesto que no afectan su respuesta ante las cargas a las cuales estará sometido el ensamble. Esto para el caso de ambos Brackets.
- Stack Up. El ampliar el rango de tolerancias para que las desviaciones cumplan con una nueva hipotética especificación no compromete el ajuste del ensamble. Asimismo, al tener por desviación una mayor cantidad de material en ciertas zonas de la pieza, reduce las magnitudes de otras dimensiones en la pieza, las cuales son indicadas por el análisis de tolerancias. Estas dimensiones comprometidas no afectan el comportamiento mecánico.

Las desviaciones de tolerancias en las piezas se aceptaron debido a ser funcionales, comportarse dentro de especificación en el ámbito mecánico, y no modificar el ajuste del ensamble.

Para validar las pruebas de laboratorio se ensamblaron muestras de las bandas remachadas con el clip nuevo galvanizado y modificado, y los Brackets recién llegados de cambio de espesor. Fue necesario coordinarse con ingenieros de manufactura para adaptar el nuevo remachador a las máquinas de producción diseñado para el nuevo espesor de los Brackets.

Estas muestras fueron entregadas al laboratorio de pruebas y a este momento están corriendo las pruebas necesarias para validación.

Pasos Finales

Clip: Otras áreas deben completar sus tareas de aviso de cambio (documentación). Se espera la depleción del material actual, para realizar la transición al nuevo diseño.

A partir de esto se implementa el proyecto.

Brackets: Se espera aprobación del plan de pruebas. De ser validado se corresponde una corrida controlada de manufactura, con lo cual como departamento de diseño buscaremos validar el CpK de la misma manera que se hizo con el clip. Posteriormente se realizará una revisión final de diseño con el equipo de Oak Brook y departamento de ingeniería mecánica para presentar resultados finales. A partir de esto se debe completar la documentación, depleción del material, y transición

al

nuevo

diseño.

Como último se implementará el proyecto de manera oficial.



Problema de sonido en el PowerHead del proyecto “Doublemint”

A partir del lanzamiento del nuevo proyecto “Doublemint” de GDO, el cual es un cambio únicamente de firmware con respecto a sus anteriores versiones “Phoenix” y “Falcon”, se detectó durante las pruebas realizadas en Oak Brook Illinois, un sonido inquietante en el PowerHead de las unidades, derivado de vibraciones que requerían de una explicación. Este problema se le asignó a un recurso de Nogales, quien fue mi “buddy” (ingeniera encargada de guiarme durante el internship), por lo cual fui soporte durante el inicio del proyecto. Ante la salida de dicho recurso de la empresa se me asignó el liderazgo del problema.

Planteamiento del Problema

Un sonido de zumbido fue identificado en el ensamble de múltiples modelos de producción que comparten el mismo PowerHead, considerando modelos con y sin cámara.

Inspeccionando diversas muestras se observó que el aplicar presión al componente “Badge” para lograr una mejor sujeción de ensamble disipaba el sonido. Se sospechó por lo tanto que la raíz del problema radicaba en la interacción entre el Badge y la cubierta “Housing” del ensamble final.

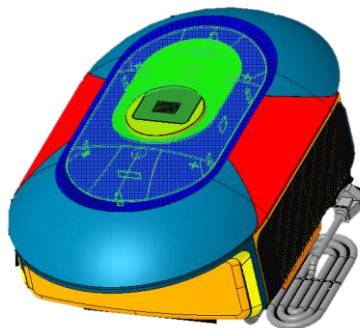


Figura 34. PowerHead con problema de zumbido. Resaltado el componente “Badge” sospecha de la raíz del sonido.

Pruebas iniciales realizadas en Oak Brook sugieren enfocarse en la interacción de estos dos componentes para resolver el problema de sonido.

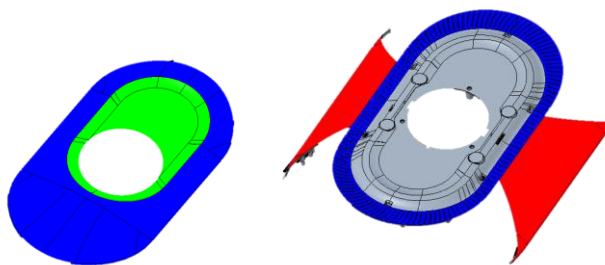


Figura 35. Interacción Badge-Housing

Se asignó el problema al departamento de ingeniería mecánica de la planta de Nogales, Sonora.

Pruebas Iniciales

Se seleccionaron 10 unidades de modelos listos de producción con cámara y 10 sin cámara para llevar a pruebas de Sonido & Vibración en la cámara especializada de la planta. El fin de tomar muestras de modelos ya existentes es verificar si este problema existía ya en previos modelos y no había sido reportado hasta este punto. Apoyándose en el hecho de que el cambio del proyecto Doublemint es únicamente de firmware.

La especificación que se debe cumplir para considerar como válida o fallida la prueba de S&V es empírica, y está basada en un promedio de modelos antiguos, por el momento el equipo de Oak Brook está trabajando en una actualización de especificación, y para motivos de este problema se compararon los resultados con la especificación antigua.

Por norma se indica que el muestreo de 10 unidades no debe superar cierta medida de sonido en decibeles ni cierta magnitud de ondas detectadas por los sensores acelerómetros, para el promedio de 10 unidades se tiene un valor, y para cada pieza individual se tiene otro.

El análisis de la localización y dirección de los sensores, así como de las respuestas que estos reciben en diferentes direcciones denominadas (x,y,z) fue implementado como idea para detectar de donde proviene la mayor contribución de perturbación de vibración y sonido.

Gracias a esto se pudo determinar el origen del problema de vibración y sonido.



Figura 36. Prueba de S&V al PowerHead de GDO

Resultados de las primeras pruebas:

- Modelos con cámara. Fallaron prueba de vibración promedio e individual. Hubo 2 casos con peor condición.
- Modelos sin cámara. Fallaron prueba de sonido promedio e individual. Dos casos con peor condición.

Se concluyó que modelos actuales presentan dicho problema. Se busca resolver antes del lanzamiento del proyecto Doublemint.

Segundas Pruebas. Experimento

Se decidió realizar el experimento de modificar el ensamble en otra iteración de pruebas S&V una semana después de las primeras pruebas.

Para esto se seleccionaron las dos muestras con peores resultados de cada configuración: con y sin cámara.

Antes de modificar los ensambles se realizaron las mismas pruebas de una semana previa en los modelos mencionados con el fin de verificar los resultados ya obtenidos. Se obtuvieron los mismos valores.



Figura 37. Modelos GDO sin y con cámara

Se comenzó la experimentación de S&V removiendo el “Badge” (Pieza Gris en la **Figura 37**) en el modelo con cámara y probando sus resultados. La vibración y el sonido disminuyeron, por lo que se confirmó la relación existente entre la causa del problema y el Badge.

Esto se realizó para las 4 muestras, 2 con cámara y 2 sin cámara. La conclusión fue la mencionada para los modelos con cámara. En el caso de los modelos sin cámara no se vio ninguna mejora al remover el Badge, por lo que no se estableció como causa raíz del problema para este ensamble.

Modelos con cámara.

El siguiente experimento fue añadir almohadillas de espuma en las costillas del Badge que interactúan con el Housing. En la zona circulada como 1 en la **Figura 38**.

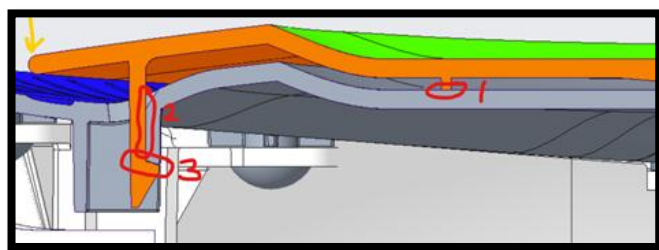


Figura 38. Vista seccionada del PowerHead indicando contactos Badge-Housing

Se colocó una almohadilla por costilla en el Badge de los modelos con cámara en las zonas indicadas en la **Figura 39**.

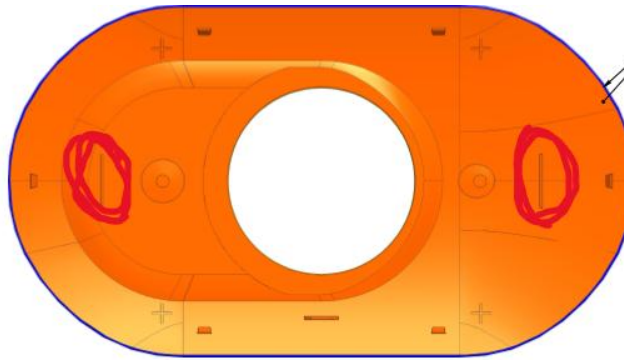


Figura 39. Vista superior del Badge. Resaltadas las costillas contacto con el Housing.

Resultados con almohadillas de espuma

Mejoró la condición presentada en las primeras pruebas, sin embargo, no es la óptima puesto que no pasan del todo la prueba de S&V.

Se añadieron más almohadillas de espuma, ahora en las costillas marcadas en verde en la Figura 40.

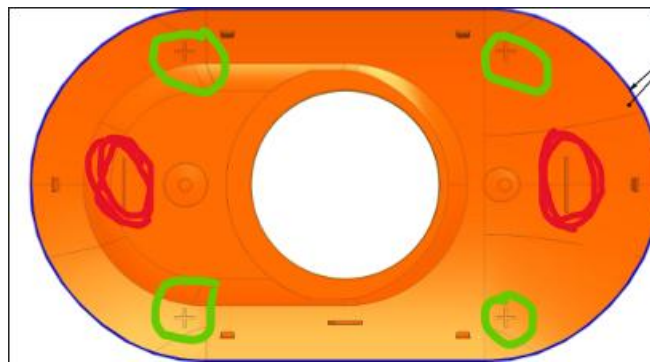


Figura 40. Vista superior del Badge. Resaltando costillas horizontales y en cruz.

Los resultados con más almohadillas de espuma en la zona indicada fueron iguales al caso anterior, no mejoró significativamente la condición.

El siguiente experimento fue remover las almohadillas, y colocar láminas del mismo material plástico del Badge en las costillas circuladas en rojo, simulando así una extensión de estas costillas en longitud, generando un contacto forzado con el Housing dando lugar a una precarga que se busca atenúe la vibración.

Se consideró el espesor de la lámina de plástico como la longitud añadida a las costillas, así como el grosor de la cinta utilizada para pegar la lámina. Esto se considerará para el rediseño más adelante.



Figura 41. Láminas de plástico añadidas al Badge

Resultados con láminas de plástico

La condición presentada con almohadillas de espuma fue ampliamente mejorada con el uso de únicamente láminas de plástico en dos costillas. La prueba de S&V fue aprobada bajo estas condiciones.

Se concluyó que generar una precarga provocada por un mayor contacto entre el Housing y el Badge es la solución al problema.

Al remover los plásticos y volver a probar el ensamble sin modificaciones este volvió a fallar. Se corroboró nuevamente la solución a implementar.

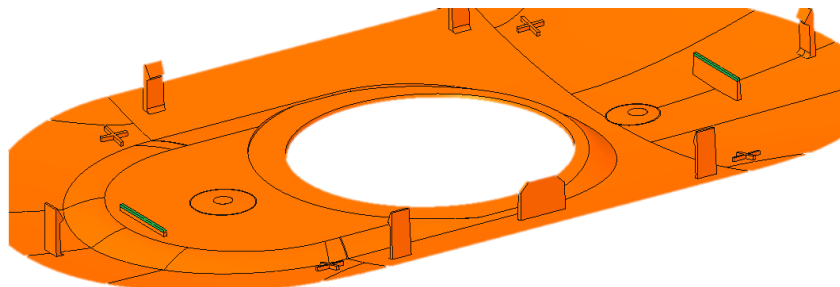


Figura 42. Badge con la extensión de costillas resaltada en verde

Es importante mencionar que para la segunda muestra de modelo con cámara se probó desensamblar el PowerHead para observar la correcta colocación del motor, y se volvió a ensamblar.

Esto empeoró la condición, y no se pudo resolver ni con almohadillas ni con láminas de plástico.

Gracias a esto se concluyó que:

- Desarmar la pieza y volverla a armar puede dar lugar a un mal funcionamiento del PowerHead por ensamblaje incorrecto.

- El correcto ensamblaje de la pieza es primordial para evitar vibración y sonido, incluso implementando disipación de vibraciones con un amortiguador como lo es una almohadilla de espuma, o una precarga. De no cumplirse su correcto ensamblaje se puede presentar este problema.

Modelos sin cámara

Puesto que no se concluyó una relación directa entre el Badge del PowerHead y la vibración, al obtener mismos resultados con o sin él, se prosiguió a analizar los resultados de sonido indicados para las muestras.



Figura 43. Vista superior del Badge sin cámara. Circulado en verde donde se colocaron almohadillas que no mejoraron la condición de sonido

La respuesta en forma de señal de los acelerómetros se procesa en cada dirección x,y,z. La información que arroja el software en formato xlsx en forma de valores numéricos está digerida, por lo que se revisaron los datos brutos y las gráficas de señales de decibels tomadas en función del tiempo. Se concluyó que la dirección de mayor contribución total a las señales coincidía con el sensor y la dirección más cercana al motor, el cual se sospechó ser la raíz del sonido. Se descartó la interacción Badge-Housing como causa del problema para los modelos sin cámara.

Al comentar los hallazgos hechos durante este segundo set de pruebas con el departamento de Oak Brook se nos comentó que los modelos sin cámara no serán parte del proyecto Doublemint, por lo que no se continuó trabajando hacia una solución en estos modelos.

Análisis de Ensamble

A partir de los resultados obtenidos en los experimentos de S&V se realizó un análisis considerando una extensión del largo de las costillas. La interacción Badge-Housing se tomó con medidas nominales y tolerancias para realizar un Stack up.



Figura 44. Interacción Badge-Housing a analizar con costillas extendidas

La extensión de largo en las costillas del Badge se analizó como solución tomando en cuenta que esto generará una precarga en el ensamble al estar **diseñado a interferencia**.

El resultado físico de tener interferencia en dicha zona es generar:

- Deflexión en el Snap de ensamble
- Flexión en la superficie superior del Badge

Al ser el resultado de esta interferencia un recorrido del Snap, se realizó el Stack Up con fin de conocer la distancia final que habrá entre el Snap y el ajuste del Housing donde se coloca.

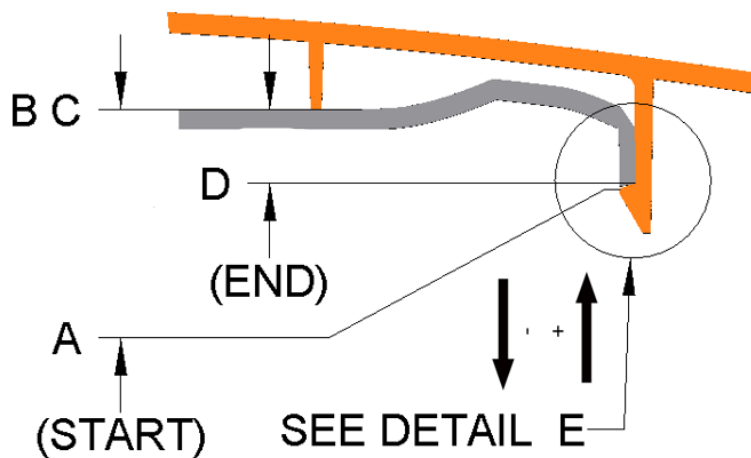


Figura 45. Diagrama de Stack Up

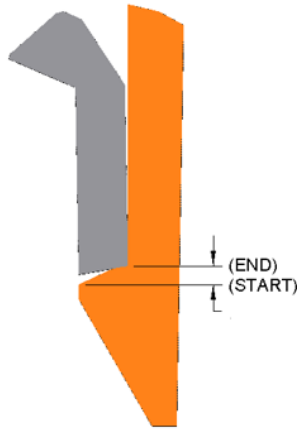


Figura 46. Detalle E, resultado de Stack

Tomando en cuenta la longitud agregada a las costillas, la distancia A-B es reducida de manera teórica esa magnitud. El resultado es una condición de siempre interferencia, logrando el objetivo.

Como efecto colateral, se deberá analizar posteriormente la deflexión del Snap.

Propuesta final de solución permanente: modificar largo de costillas.

Solución Interina

Mientras se analiza e implementa el cambio permanente sobre el diseño del Badge, la solución de contención al problema es añadir al BOM las almohadillas de espuma colocadas sobre las dos costillas en contacto con el Housing, lo cual no atenúa por completo la vibración, pero mejora la condición.

El material de las almohadillas es una espuma plástica de alta densidad con dimensiones que exceden a las de las costillas con el fin de cubrir su superficie por completo y ser pegadas en su completitud.

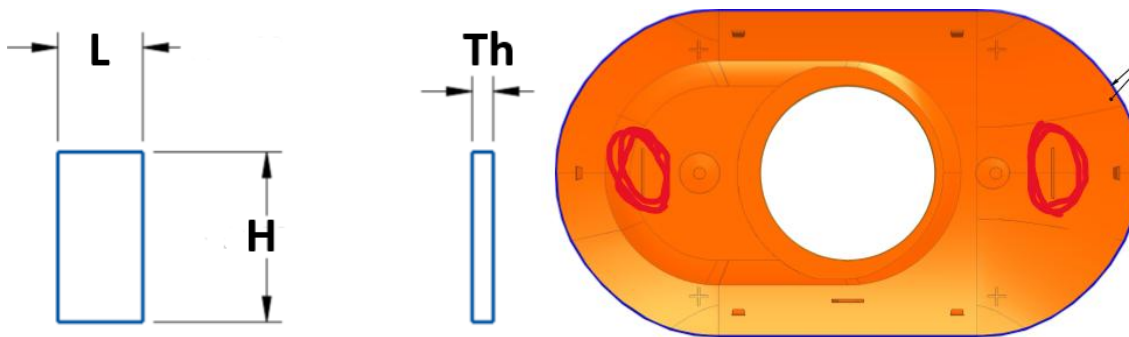


Figura 47. Parámetros de las almohadillas y donde serán colocadas

Se llevó a cabo un aviso de cambio de ingeniería para añadir dichos componentes al BOM y notificar a demás áreas, así como para actualizar el ensamble en el CAD de Creo PTC.

Se coordinó con manufactura donde se llevará a cabo esta operación extra durante producción, con el fin de tener medidos los tiempos.

La idea es poder remover estos cambios al BOM y CAD una vez se tenga validada e implementada la solución permanente con un nuevo ECN.

Solución Permanente

Bajo el fundamento de experimentos realizados, análisis de ensamble y corroboración de resultados de S&V se tomó como solución el crear una precarga en la interacción Badge-Housing a partir de las costillas. Se realizó un rediseño del Badge. Se presentó ante el equipo de ingeniería mecánica de Oak Brook y fue aprobado por sourcing la modificación del molde con proveedor.

El cambio al molde fue fundamentado en “Seguro para el metal” puesto que existe en la cavidad espacio para remover metal de manera segura y obtener así mayor espacio para el llenado de las costillas, resultando en su extensión de largo. Gracias a esto el costo de la modificación con proveedor fue relativamente bajo y al tratarse de un problema de impacto a nuevos modelos que puede resultar en queja de cliente, se aprobó.

Se realizó el plan de transición cuidando tener suficiente almacenamiento del diseño anterior en caso de no poder validar la solución.

Se realizó la modificación al diseño con la herramienta CAD Creo PTC, extendiendo en ambas costillas el valor de la dimensión establecido.

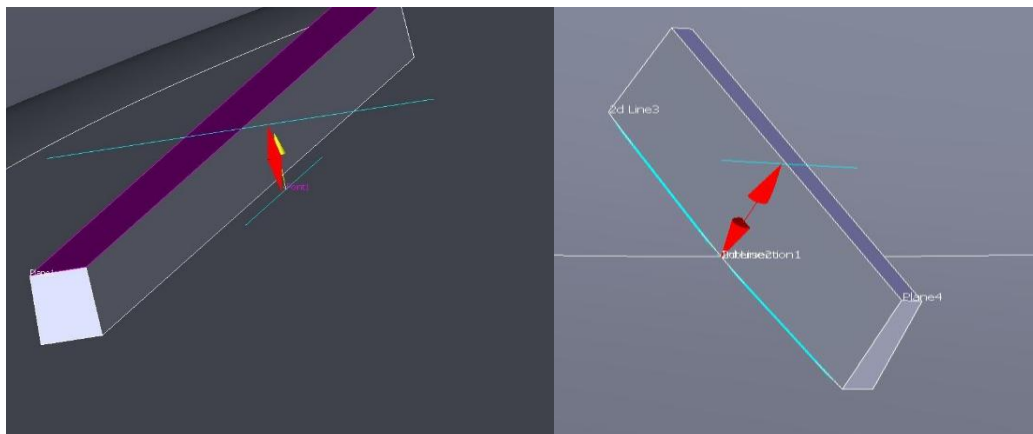


Figura 48. CAD de las costillas del Badge

Ambas características están referenciadas a tener su superficie de contacto en el mismo plano.

Un nuevo ECN fue realizado para generar este cambio, y hacer llegar a proveedor el nuevo diseño.

Consecuencias en el Ensamble

Para el nuevo diseño se tiene calculada la interferencia que habrá entre el Snap del Badge y el Housing, resultando en la deflexión de este, y una deformación en la superficie del Badge que se buscan calcular.

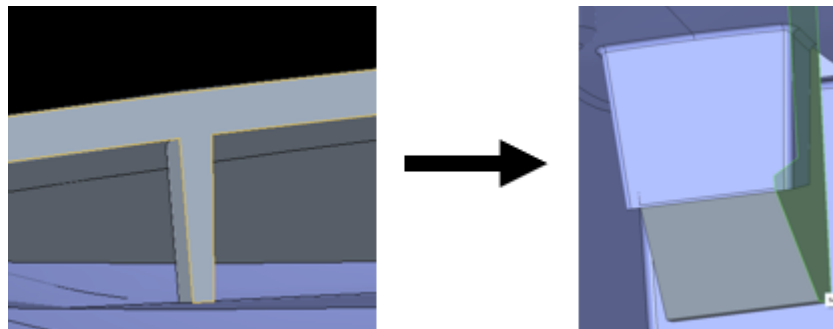


Figura 49. Interferencia en el Snap

Consideraciones y preocupaciones:

- Fallo del Snap debido a gran deflexión. Calcular fuerza de reacción, esfuerzos y deformaciones.
- Deformación excesiva en la superficie del Badge que pueda afectar la imagen del producto.
- Ajuste disminuido debido a la flexión del Snap, resultando en que el Badge sea fácilmente removido del ensamble, o se tenga el riesgo de que se desensamble en transportación o durante uso.
- Calcular precarga que atenúa vibraciones

Se realizó una inspección con modelos físicos añadidas las láminas de plástico, y no se encontró rastros de falla del Snap ni una facilidad para remover el Badge en comparación a la producción actual

Para calcular las cargas y efectos mencionados, así como visualizar el ensamble con el nuevo diseño se realizó un **análisis por elemento finito**.

Simplificaciones

Al ser la interacción de interés una zona específica del ensamblaje, y tener en dichas piezas varios detalles no relevantes para una simulación, se modeló un CAD simplificado cuidando mantener los contactos y geometrías de relevancia.

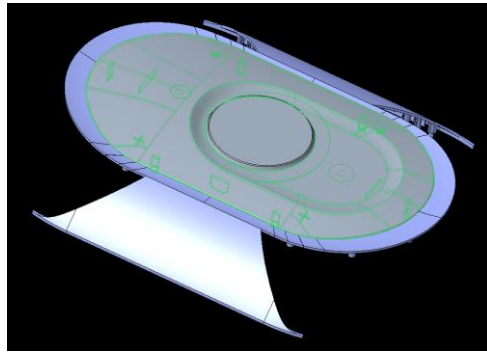


Figura 50. Geometría simplificada

Setup

Se asignó el material correspondiente a cada componente, el cual está en las bibliotecas de ANSYS:

- Badge.
- Housing.
- Disco de cámara simplificado.

Se establecieron los contactos entre cada par de componentes: Target & Contact

1. Housing – Disco de cámara. Friccional, coeficiente respectivo de los materiales.

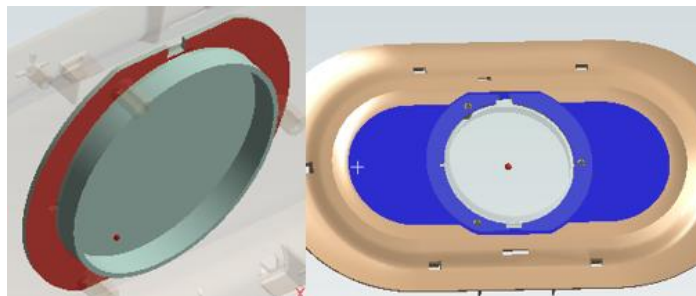


Figura 51. Contactos Housing-Disco

2. Badge – Disco de cámara. Friccional, coeficiente respectivo de los materiales

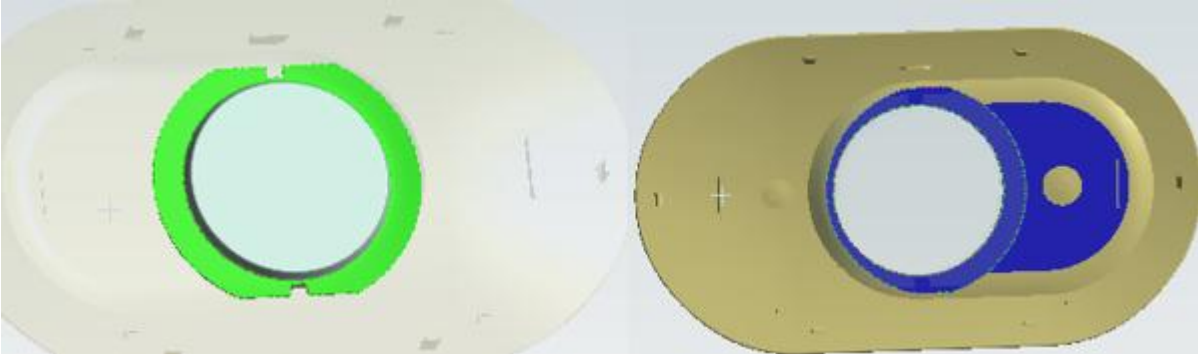


Figura 52. Contactos Badge-Disco

3. Badge – Housing. Friccional, coeficiente respectivo de los materiales

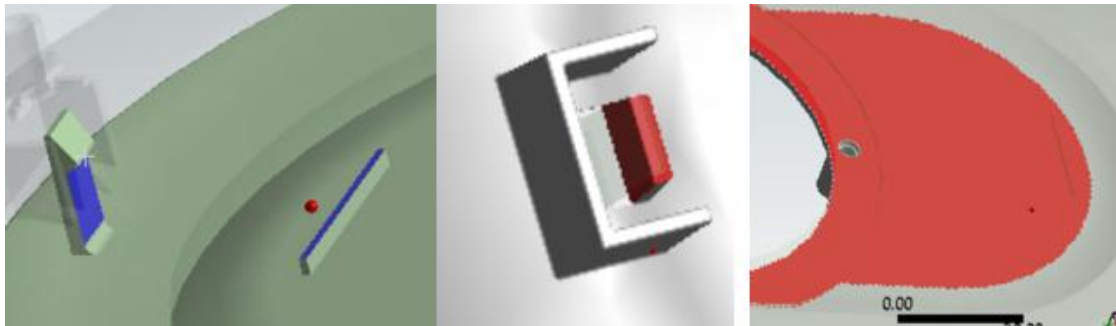


Figura 53. Contactos Badge-Housing

Se iteraron diversos parámetros de malla, buscando como objetivo la correcta distribución de elementos en las zonas más críticas.

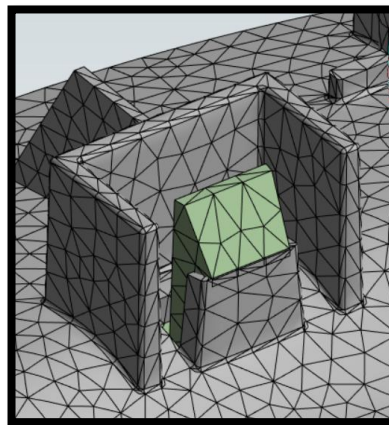


Figura 54. Iteración de malla en el Snap

Se asignó como condición de frontera apoyos fijos donde corresponde en el ensamble, según las simplificaciones presentadas.

Por último, se estableció un desplazamiento inicial como entrada de análisis, en la superficie de los Snaps en contacto con el Housing. Este desplazamiento es el valor de interferencia calculado por Stack Up.

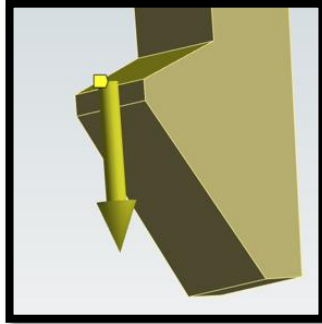


Figura 55. Condición de desplazamiento inicial

Resultados FEA

- Esfuerzo equivalente Von Mises. Muy por debajo del esfuerzo de cedencia.

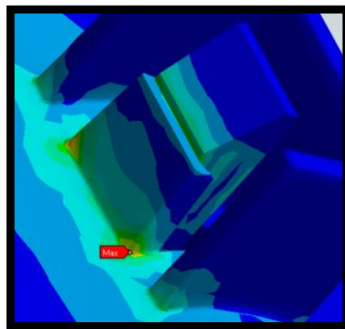
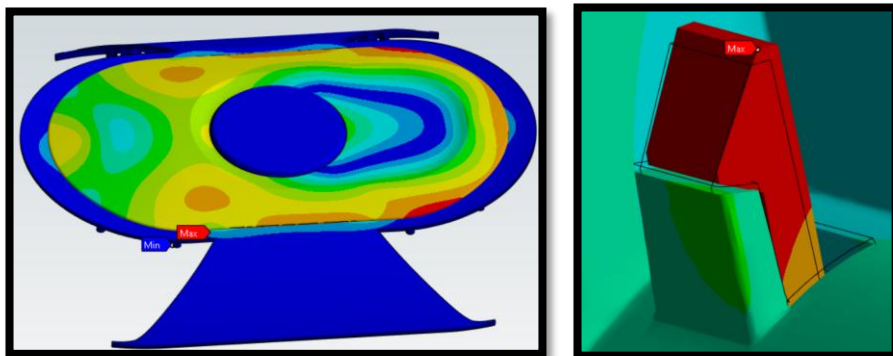


Figura 56. Máxima zona de esfuerzo VM

- Deformación total. Centésimas de pulgada.



Figuras 57, 58. Deformación total y máxima del sistema

- Deformación direccional de los snaps. Céntesimas de pulgada, no generan un riesgo de ensamble.

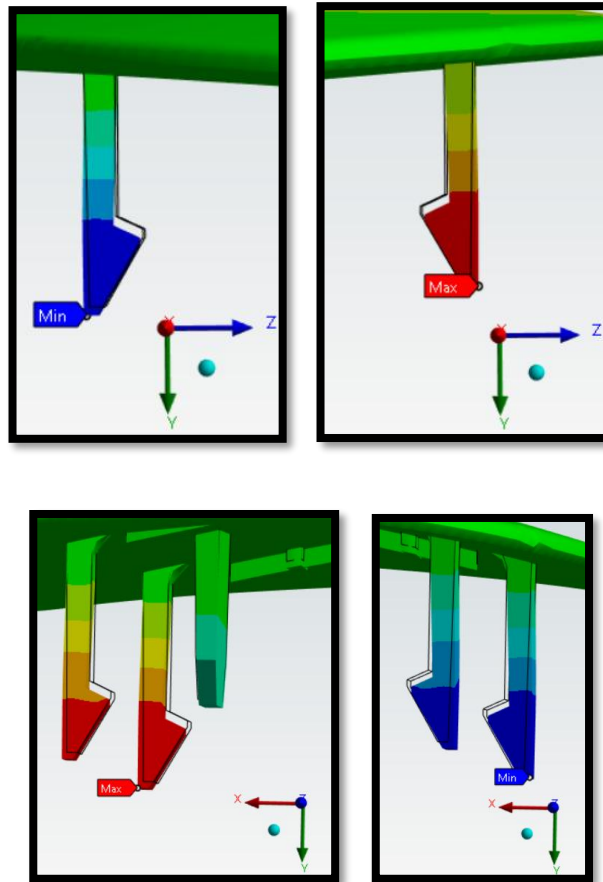


Figura 59. Deflexión de los Snaps

- Flexión del Badge. Muy baja, valores de centésimas de pulgada, poco representativa para generar un riesgo mecánico o visual.

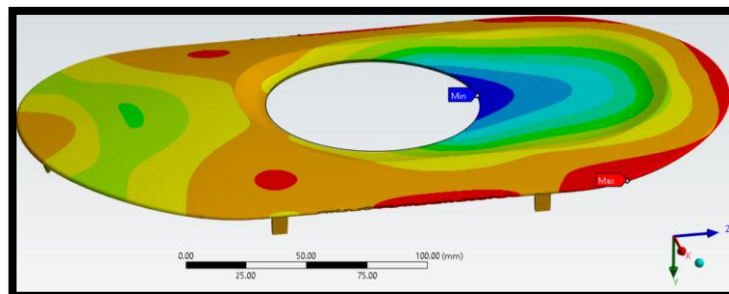
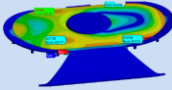
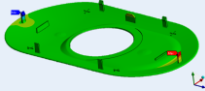
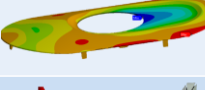
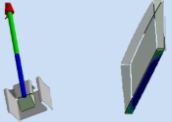


Figura 60. Flexión del Badge

- Precarga y fuerzas de reacción en los Snaps. Magnitudes congruentes, datos a registrar en función de ser la solución al problema.

Resumen y Conclusiones

CARACTERÍSTICAS	VALORES MÁXIMOS	COMENTARIOS
TOTAL DEFORMATION 	Centésimas de pulgada	Deformación general del ensamble. Efectos principalmente en el Badge
Deformación Snaps frontales 	Centésimas de pulgada	Deflexión de Snaps
Deformación Snaps laterales 	Centésimas de pulgada	Deflexión de Snaps
Deformación Badge 	Centésimas de pulgada	Efecto de flexión del Badge
Fuerza de reacción Precarga 		Precarga en las costillas. Fuerza de reacción en los snaps requerida para deflexión.

- Resultados de esfuerzos muestran valores muy bajos. No hay preocupaciones de un fallo de la pieza.
- Deformación total del ensamble presentado actúa principalmente en la interferencia de los Snaps con su contraparte del Housing, valores de centésimas de pulgada.
- Máximo valor de deflexión de Snap esperado para el nuevo diseño está muy por debajo del máximo valor admisible.
- Bajó cálculos teóricos y simulaciones no se concluye un riesgo de que la parte se desensamble fácilmente.

Pasos Finales

Molde modificado de proveedor. Se espera recibir muestras para realizar pruebas de validación de laboratorio.

Se recomienda revisar e inspeccionar a llegada de nuevas muestras de rediseño el ensamble final. Pruebas de laboratorio a realizar: Sonido & Vibración y transportación.

Resultados

Durante la estancia en Nogales siendo parte del equipo Mechanical Sustaining para Chamberlain debo destacar los conocimientos y habilidades adquiridos en la carrera tales como el manejo del método de elemento finito al final de la carrera, experiencia con softwares CAD y CAE, análisis estático de componentes mecánicos, ingeniería de materiales para conocer el comportamiento mecánico de las piezas utilizadas para los desarrollos de productos, así como un panorama general de procesos de manufactura que ayudan al diseño de manera directa al considerar como se elaborará una pieza y el tipo de material que se requiere.

Sin embargo, hay conocimientos que no dominaba al llegar al puesto que considero pueden abordarse en la carrera de Ingeniería Mecánica como lo es el manejo del lenguaje GD&T (Geometric Dimensioning & Tolerancing) y el análisis de tolerancias.

Asimismo, un aspecto que se puede reforzar en la carrera es la búsqueda de causas raíz en problemas de la vida real, puesto que es muy común en la vida académica que los problemas presentados se resuelvan con aquello que se está aprendiendo, no es algo cotidiano el tener que buscar razones de diversa índole por las cuales sucede un problema y el cómo abordar una solución óptima. Al enfrentarse a un problema de la vida real hay muchas causas que se pueden considerar como la raíz del problema, y me parece importante reforzar el como llegar a una conclusión de que hacer, no solo aplicar lo recién visto en clase.

A partir de lo aprendido en la industria, tal como el lenguaje GD&T, pude dejar un impacto de ahorros en el desarrollo de un producto actual mediante la optimización de material en un componente crítico como lo fueron el Belt Bracket & Clip. De igual manera surgió un impacto positivo para el lanzamiento del proyecto Doublemint al reducir la vibración de un modelo actual que se usará para un nuevo producto. La resolución de numerosos “Tickets” durante la estadía en Nogales genera un impacto positivo en el departamento, específicamente para el equipo Residencial, puesto que de esta manera nuestros productos mejoran y así el equipo puede concentrarse en proyectos de productividad los cuales son los que generan un impacto monetario.

En lo que a aprendizaje concierne, reitero la importancia de haber cumplido con el entrenamiento de GD&T y su aplicación en la industria. Además de esto me capacité en

diversos aspectos, destacando los conocimientos ingenieriles en plásticos y diseño de partes plásticas para los cuales también se llevaron a cabo entrenamientos.

Me gustaría destacar como mayor aprendizaje la experiencia profesional, donde se debe ser activo y eficiente en la resolución de problemas, sabiendo que las decisiones tomadas generan un impacto importante.

Conclusiones

Como conclusión de los proyectos presentados se resalta el haber obtenido resultados favorables en ambos, quedando a la espera únicamente de pruebas de validación finales de diseños respaldados por simulaciones, cálculos teóricos, pruebas de banco con prototipos y una correcta documentación del proyecto completo.

Los logros alcanzados en los proyectos son de resolución de problemas en el producto u optimización mediante mejoras al diseño, siendo este el enfoque estudiado en la carrera de ingeniería mecánica durante los últimos semestres.

Estos implican por un lado un mejor desempeño del ensamble al solucionar el problema de vibración, con lo cual se garantiza que el modelo opere de manera segura, con menor riesgo de falla y evitando alguna futura queja de cliente al dar una mala imagen del producto y la marca por un zumbido indeseado. Asimismo se prevé un daño a futuro debido a fatiga presentada por vibración en los componentes adyacentes al Badge, así como un daño de mantenimiento o reparaciones.

Mientras que por el lado del proyecto de reducción de espesor implica un menor costo de fabricación, y genera ahorros que ayudan al departamento a alcanzar la meta planteada para cada año. Se utilizará como consecuencia una cantidad más eficiente del material.

Gracias a estas prácticas se adquirió experiencia en la resolución de problemas, y aplicación de conocimientos, así como la comprensión de que el aprendizaje es continuo y extenso, el cual siempre puede mejorarse y corregirse.

La satisfacción de formación como profesional por parte de la Facultad de Ingeniería de la UNAM es muy alta, siendo que prepara a sus estudiantes de la mejor manera posible para ser críticos y propositivos cuando se afrontan problemas, así como se debe destacar el conocimiento teórico y práctico que brinda en su plan de estudios de la carrera Ingeniería Mecánica.

Como área de oportunidad para el plan de estudios de la carrera se sugiere dar un enfoque en el campo de profundización de diseño al manejo de GD&T, así como prácticas de campo durante los últimos semestres de carrera a empresas que desarrollen productos mecánicos.

Referencias

- *About us.* (2023, junio 13). Chamberlain Group; #creator.
<https://chamberlaingroup.com/about-us>
- *Chamberlain manufacturing company site.* (s/f). Thenewwaterloo.com. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://thenewwaterloo.com/project/former-chamberlain-site/>
- *Ir safety sensors,w/brackets.* (s/f). Chamberlain. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://www.chamberlain.com/ir-safety-sensors-w-brackets/p/820CB>
- *No title.* (s/f). Liftmaster.com. Recuperado el 27 de junio de 2025, de <https://www.liftmaster.com/for-homes/garage-door-openers>
- *Las nuevas máquinas de prueba universales de precisión de la serie Autograph AGX-V2 incorporan el primer dispositivo de operación por voz del mundo para proporcionar pruebas precisas y seguras.* (2023, febrero 8). Shimadzu.com.
<https://www.shimadzu.com/es/news/2023/tyzf96xrtee8pqfx.html>