



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Rediseño de sistema de seguridad  
para puertas de garaje  
(Doorlock®)**

**TESINA**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero mecánico**

**P R E S E N T A**

Mauricio Eduardo Suárez Noriega

**DIRECTOR(A) DE TESINA**

Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019**

# INDICE

Glosario.....	1
Objetivos .....	2
Introducción .....	3
1. Los procesos de diseño de nuevos productos y sus metodologías. ....	5
1.1. Panorama internacional del diseño. ....	6
1.2. Panorama nacional del diseño. ....	8
1.3. Concepto de Diseño. ....	9
1.4. El diseño en la ingeniería. ....	11
2. Chamberlain Group – Líderes y pioneros en la creación y manufactura de sistemas para la apertura automática de garaje. ....	13
2.1. Departamento de Sustaining (mantenimiento). ....	14
2.2. Departamento de Manufactura. ....	16
2.3. Problemática durante el proceso de manufactura del Doorlock. ....	17
2.4. Doorlock® .....	18
2.5. Diseño actual del Doorlock®. ....	20
2.6. Proceso actual de manufactura. ....	26
2.7. Normas de seguridad. ....	29
2.8. Normas de rendimiento mecánico. ....	29
3. Rediseño del Doorlock® para puertas de garaje. ....	32
3.1. Metodología de diseño. ....	32
3.2. Herramientas utilizadas. ....	40
3.3. Rediseño conceptual. ....	46
Conclusiones .....	69
Anexos .....	72
Glosario de figuras.....	74
Índice de tablas .....	76
Referencias.....	76

## Glosario

### **Tooling (Herramental)**

Molde y equipo para la fabricación de piezas de plástico por medio de un proceso de inyección.

### **Housing (Carcasa)**

Cobertura o carcasa de algún producto, el cual brinda soporte y protección al mismo durante su vida útil

### **Bracket (Soporte)**

Pieza encargada de contener y dar soporte a los bujes del mecanismo.

### **BOM (Constitución de materiales)**

Por sus siglas en inglés (Bill Of Materials), es un inventario que alberga los elementos necesarios para la fabricación de una pieza, ensamble o producto final.

### **Scrap (Chatarra)**

Piezas que por alguna razón han quedado sin utilidad, pero que pasarán por un proceso de selección para reciclarlas o tirarlas.

### **FEA (Análisis de elemento finito)**

Por sus siglas en inglés (Finite Element Analysis), es un análisis estructural por elemento finito.

### **Roll pin (Pasador)**

Pequeños pernos o pasadores manufacturados con lámina enrollada, utilizados comúnmente para la unión por fricción entre piezas.

### **CEO (Director Ejecutivo)**

Por sus siglas en inglés (Chief Executive Officer), persona encargada de tomar las decisiones y buscar el correcto cumplimiento de los objetivos de una empresa.

### **Link (Unión)**

Pieza manufacturada de lámina de acero inoxidable mediante un proceso de pailería, cuya finalidad es transmitir el movimiento del actuador eléctrico al perno.

## Objetivos

### Objetivo general

Rediseñar el bracket y las carcasas del sistema de seguro para las puertas de garaje de Grupo Chamberlain Inc., teniendo como principal objetivo cumplir con las normas de rendimiento mecánico y de mercadotecnia establecidas por la empresa.

### Objetivos secundarios

- Reducir al máximo los costos de manufactura y la compra de tooling nuevo.
- Tener un tiempo de recuperación de la inversión menor a 18 meses.
- Eliminar el problema de alineamiento entre el perno y las carcasas del sistema.
- Conservar el sonido de impacto “metal-metal” al momento de extender el perno.
- Simetría en las carcasas.
- Sujeción entre todos los componentes del sistema.
- Conservar el actuador eléctrico y perno utilizado actualmente.

## Introducción

Chamberlain Group Inc. brinda una inmensa oportunidad a ingenieros mecánicos, eléctricos y mecatrónicos de la UNAM, en la cual durante un lapso de cinco meses se les capacita con la finalidad de brindar soporte técnico en la línea o en su caso, diseñar o rediseñar algún producto de la empresa. Dado que la planta de Nogales, Sonora; es la más grande de Chamberlain, cuenta con alrededor de 4,300 empleados distribuidos a lo largo de todas su áreas, produciendo así más de 15,000 unidades diarias. Por esta misma razón surgió la necesidad de crear el departamento de sustaining, el cual se encarga de dar soporte a la línea en cualquier inconveniente o desperfecto en el producto final. Tanto un problema dentro de la línea de producción, como una queja de cliente debido al mal funcionamiento del sistema; estos, son los motivos principales por los cuales se decidió rediseñar el DoorLock.

Por esta razón, el tema comprendido a lo largo de esta tesina es el rediseño completo del DoorLock para puertas de garaje. Para lograr alcanzar los objetivos tanto de diseño mecánico, así como de producción y manufactura, se plantearon los siguientes alcances:

- No variar en gran medida las dimensiones del actual DoorLock.
- El DoorLock debe ser capaz de resistir una carga de 500 Lb en el extremo del perno, cuando este se encuentra extendido en su totalidad.
- Diseñar una carcasa simétrica con la finalidad de tener solo un número de pieza.
- Tener un sencillo proceso de ensamble.
- Mantener el sonido generado por el mecanismo a la hora de cerrar.
- El costo total del DoorLock, deberá de ser menor a los \$9.28 dólares.
- El tiempo de recuperación de la inversión debe ser menor a los 15 meses.

El presente trabajo está comprendido por 3 capítulos y una sección de anexos que contempla fichas técnicas y las cotizaciones generadas a lo largo del proyecto.

En el primer capítulo se presenta el ambiente actual global y nacional del diseño mecánico, así como los conceptos más importantes en esta rama de la ingeniería.

A lo largo del segundo capítulo se describe el funcionamiento y organización de la empresa Chamberlain Group Inc.; así como como su posicionamiento global en el mercado de abridores automáticos de garaje, para poder brindar así un panorama de los procesos y requerimientos necesarios durante la fabricación de un Doorlock.

Por último, en el tercer capítulo se describe el rediseño del Doorlock en general, cada uno de los elementos que lo conforman, la metodología de diseño implementada a lo largo de este proceso y las herramientas que hicieron posible la creación del mismo.

## 1. Los procesos de diseño de nuevos productos y sus metodologías.

A lo largo del siglo pasado, todos los esfuerzos eran concentrados en reducir los tiempos de fabricación y lograr sistemas de producción más flexibles; sin embargo, fue durante la década de los noventa que surgió un cambio de enfoque y mayor atención hacia el proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos, enfocándose particularmente en el tiempo destinado al diseño y desarrollo de nuevos productos.

De esta manera surgió un nuevo mecanismo de competencia en el mercado, el cual es denominado como “Competencia basada en el tiempo”. Esta es en particular la rapidez de respuesta en los cambios de necesidades del mercado y el aprovechamiento del tiempo. Esto con la finalidad de que los nuevos productos se encuentren cuanto antes disponibles en el mercado, brindado así una ventaja competitiva.[1]

Por esta razón, por más rudimentario que sea un nuevo producto, se creó la necesidad de contar siempre con un proceso de diseño. Comenzando por el hecho de conjugar factores respondiendo a las necesidades que el producto debe cumplir, generando así la necesidad de crear soluciones funcionales que en ocasiones no son las más estéticas; sin embargo, brindan una solución a requerimientos específicos.

Surgiendo de tal forma varias metodologías para el diseño y desarrollo de nuevos productos, siendo estas multidisciplinarias; viendo el producto desde una perspectiva de mercadotecnia, diseño industrial e ingeniería. De este modo cada una de ellas se encarga de un factor en específico. Por ejemplo, el mercadotecnia es el encargado de la relación de la empresa con los clientes, aclarar y plantear la situación actual del mercado, a qué sectores en particular apuntar, la comunicación de la empresa y el lanzamiento del producto. Por otro lado, el diseño industrial genera de forma física el producto dando solución a las necesidades del cliente considerando lineamientos recomendados por mercadotecnia. Por último, el área de ingeniería es la encargada de dar el sustento tecnológico y mecánico a todas las fases del proceso y el sistema en general, generando el producto propiamente, su distribución e instalación. [2]

Para poner en marcha este trabajo en equipo, se utilizan varias técnicas como la creada por Enric Barba llamada ingeniería simultánea, la cual se define como “Una técnica destinada a acortar el tiempo del diseño de producto mediante la planificación simultánea del producto y del proceso de producción.” Una modalidad similar se pone en práctica en Japón utilizando el nombre de actividades “traslapadas” en un proceso llamada “sashimi”, donde cada

actividad sucesiva comienza antes de que la anterior termine, tal como se muestra en la siguiente imagen. [3]

Actividad	Desarrollo del concepto	Desarrollo del diseño	Validación del diseño	Desarrollo de producción
Marketing	█			
Ingeniería		█		
Ensayos			█	
Producción				█

Ingeniería simultánea. Fuente: Alejandro Schnarch Kirberg (2001) Nuevo producto. Creatividad, innovación y marketing. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, p. 54

**Figura 1.1 Diagrama Ingeniería simultánea**

Este proceso es utilizado actualmente en el desarrollo de cada uno de los nuevos productos de CGI, teniendo al tiempo como la única diferencia presente en cada uno de los productos.

En seguida se presenta una perspectiva mundial y nacional en cuanto a diseño y que tan grande es la relevancia que este tiene.

### 1.1. Panorama internacional del diseño.

En la actualidad el diseño abarca, cada día más, los diversos aspectos de la vida cotidiana y del entorno. En las últimas décadas el concepto diseño se ha extendido rápidamente, llegando a ser usado por políticos, críticos de arte, periodistas y empresarios que se han apropiado de él.

El diseño ya no se proyecta a partir de la función del objeto y de su desarrollo industrial, ni de la significación de éste, sino más bien, de nuevas relaciones que se establecen entre el ser, el objeto y su entorno inmediato. Relaciones que surgen a partir del lenguaje y de la evolución de la tecnología, como lo es la integración de los ordenadores como herramientas de asistencia en este proceso.

A lo largo de todo el mundo los modelos de diseño muestran una incorporación de tres elementos muy importantes: el conocimiento (tanto de la forma de diseñar como del objeto a diseñar), la incorporación del trabajo interdisciplinario y fundamentalmente la incorporación de la síntesis como etapa fundamental del éxito del proceso.

Alrededor de estos tres componentes se trabaja en la actualidad en gran parte las investigaciones en diseño alrededor del mundo, esto como una respuesta a

la gran complejidad de un proceso de diseño y a la cada vez más grande y exigente demanda de productos innovadores que hace nuestra sociedad. Los efectos de estas investigaciones han trascendido no únicamente en el aspecto laboral, sino también en un ámbito educativo, de tal forma que algunas universidades han comenzado a integrar nuevos factores dentro de los procesos de formación en la ingeniería; como lo son: el humano, el cognitivo, el computacional, la gestión del conocimiento y el trabajo en equipo.

A continuación se mencionan algunos de los centros de investigación en ingeniería del diseño más importantes en el mundo, con la finalidad de mostrar lo amplias y variadas que son dichas líneas de investigación.

### **Holanda**

Un grupo de investigación de la TU Delf University, desarrolla investigaciones en todos los aspectos del proceso de diseño, presentando avances principalmente en la línea de investigación de la “Comunicación en diseño y práctica reflexiva”, la cual se centra en la actividad del diseño en el nivel social, enfatizándose en la manera de mirar la acción práctica del diseño. Para esto se enfocaron en cuatro contextos dentro del proceso de diseño de producto: creativo, comunicación-diseño, negocio y meta-contexto. en este último, se examinan los conceptos teóricos de diseño y la manera en que estos son utilizados a la hora de debatir sobre el tema.

### **Australia**

Un centro de investigación y enseñanza en campos de diseño por ordenador y cognición en diseño adscrito a la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Sydney, reconocido internacionalmente. Organizadores de eventos internacionales en temáticas que varían desde el razonamiento visual-espacial en diseño, diseño asistido por ordenador, modelos computacionales de diseño creativo, diseño en la red, diseño y cognición e inteligencia artificial en diseño. Aportando en este caso no directamente en la metodología del diseño; sino en una rama en particular del mismo.

### **Japón**

El grupo de investigación “Knowledge-as-Media Research”, perteneciente al Instituto Nacional de Informática de Japón. Cuyo objetivo principal es investigar temas relacionados con el intercambio de conocimiento como en la ontología y los metadatos en ingeniería. Teniendo como base filosófica de que el conocimiento es algo que la persona adquiere mediante su interacción con otros, razón por la que el conocimiento no es algo que debe mantenerse en la mente del individuo. Siguiendo esta filosofía y línea de investigación, han realizado grandes aportaciones en el campo de la etapa de síntesis en el proceso de diseño.

## Estados Unidos

La Universidad de Stanford, una de las mejores a nivel mundial en la rama de la ingeniería, está enfocada en el desarrollo de innovación en ingeniería y educación en diseño. Su principal objetivo es incrementar la creatividad individual, entender y aplicar procesos de diseño en equipo así como desarrollar métodos y herramientas avanzadas que generen el diseño de nuevos productos. Todo esto es posible gracias al apoyo de grandes patrocinadores, como lo son: Apple computers, BMW, Boeing, etc. Lo cual hace notar aún más la gran importancia que tiene dicho centro. Aquí, se desarrollan actividades relacionadas con las metodologías de diseño, y educación en la ingeniería y el diseño. [4]

Pese a que las ramas de investigación pueden parecer completamente distantes entre cada uno de estos países, todos estos aportan avances tanto en las metodologías utilizadas en el diseño, así como investigaciones en las mismas con la finalidad de lograr estos procesos de la manera más eficientemente posible y al mismo tiempo alcanzar resultados cada vez mejores. Teniendo la particularidad de que en todos se busca incorporar cada vez de mayor forma un trabajo interdisciplinario.

### 1.2. Panorama nacional del diseño.

Como se mencionó con anterioridad, el comercio mundial para las industrias creativas han mostrado un dinámico crecimiento a lo largo de la última década, incluido el diseño. Las economías que se han basado en la innovación el diseño han mantenido un crecimiento constante, con una tasa anual de más del doble que las industrias de servicios en general, y más de cuatro veces que la industria manufacturera. Esto ha colocado a México como la primera economía creativa de América Latina y la número 18 a nivel mundial, esto considerando las exportaciones de sus industrias de innovación. La participación de México en el mercado mundial en esta industria es del 1.3%.

El motivo de la gran competitividad de México en el ámbito del diseño es que cuenta con una amplia variedad de actividades económicas y el proceso de desarrollo de un producto, que comienza en la concepción y diseño, hasta la ingeniería, la manufactura y los servicios. Entre las ramas más representativas de la competitividad y alcances de México en diseño son: el desarrollo de software para el uso de drones, soluciones en mesas inteligentes, diseños en vehículos, joyería, entre otros.

Asimismo, estos logros son producto de empresas que invierten en el país, entre las cuales se encuentran Skyworks, Intel o Art Center, las cuales se

dedican a la innovación tecnológica, realizando procesos de diseño o innovación de alto valor en México.

En el año 2011, un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo mostró la diferencia entre las empresas innovadoras y las que no son es mucho mayor en América Latina que en países de la Unión Europea. Es por esto que en México existe una gran oportunidad en el diseño y la innovación. Aunado a esto, México cuenta con otro factor ampliamente favorable, ya que cuenta con la mayor cantidad de ciudadanos en edad de trabajar, los cuales son potenciales innovadores y emprendedores con ideas de valor. [5]

A pesar de que actualmente la manufactura continua siendo fundamental para México, siendo así que se encuentra como el país más competitivo en costos de manufactura de bajo costo en el mundo, se debe crear formas nuevas y más eficientes para utilizar los recursos y desarrollar productos nuevos para mantenerse actualizados en esta economía global creciente y cada vez más competitiva. Es por esto que México ha reconocido que la capacidad para innovar es un determinante clave en el futuro crecimiento económico, por lo que se ha buscado e invertido en crear un entorno apto para la creación de más conocimiento en esta rama.

### **1.3. Concepto de Diseño.**

Es pertinente comenzar esta sección diferenciando el concepto de “diseño” entre la perspectiva hispanohablante y la anglosajona. El significado de la palabra diseño en el castellano tiene un significado limitado a lo formal, a tal punto que se habla de “objetos de diseño”, haciendo referencia únicamente a las particulares externas del objeto (formas, texturas, colores, etc.), pero no a todo el objeto en conjunto. Por otro lado, el término anglosajón “design” se refiere a todo el proceso de desarrollo de una idea, teniendo como finalidad un producto, teniendo así una mayor similitud al concepto castellano de “proyecto”. Dicha aclaración es de vital importancia ya que se busca generar un enlace entre dos profesiones que son pese a ser naturalmente afines, son en esencia diferentes, como lo son el diseño industrial y la ingeniería, de lo cual se hablará con mayor detalle más adelante. [4]

En palabras de Aquiles Gay, “La palabra diseño hace referencia a la preconcepción sistematizada de la forma y las demás características del producto, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos, estéticos, un modelo del mismo (planos, prescripciones, etc.), con todos los detalles, antes de su realización.” [6]

En síntesis, el principal objetivo del diseño es lograr satisfacer una necesidad, dicho de otra manera, encuentra la solución a una situación problemática. El segundo factor clave del diseño es que la manera de obtener dicha solución es tomando en cuenta todo el entorno en el cual se llevará a cabo y las interacciones entre sus propios componentes, lo que requiere un trabajo multidisciplinario además de considerar la totalidad del ciclo de vida del producto. Un tercer factor que se debe tener en cuenta son las limitaciones impuestas por factores externos de tipo físico, económico, social y funcional, las cuales son llamadas comúnmente "restricciones". Por último, el diseño también suele ser definido como una actividad creativa por excelencia, en la que se puede explotar con total magnitud esta característica inherente al ser humano. [4]

Este proceso de diseño se considera indispensable ya que sin él, se vuelve prácticamente imposible la fabricación en masa de un producto; sin antes, definir de forma específica y con precisión tanto las características físicas como de producción del mismo.

Son muchos los tipos de diseño de los que hablamos y oímos hablar actualmente. A pesar de la dificultad de determinar el número de facetas del diseño, debido a la gran cantidad de modalidades y especialidades que existen actualmente. A continuación se mencionan algunos de ellos y se da una pequeña explicación de por qué su importancia en este proyecto.

- **Diseño gráfico e industrial:** El diseño gráfico es una de las modalidades de diseño que más demanda laboral tienen en la actualidad. Se trata de uno de los principales tipos de diseño. Consiste en la creación y diseño de todo tipo de mensajes visuales: logotipos, portadas de revistas o libros, carteles publicitarios. Trabajando a la par del diseño industrial encargado del desarrollo de productos, y de encontrar la mejor manera para que estos y sus propiedades evolucionen. Teniendo como principal punto de interés ser considerado el nexo entre mercadotecnia y el departamento de ingeniería, esto con el fin de presentar un producto lo más amigable posible con el cliente.
- **Diseño publicitario:** Se ocupa del diseño de todos los elementos publicitarios de una empresa. Trabajando en conjunto con los dos diseños anteriormente mencionados para lograr ampliar el mercado de venta.
- **Diseño de espacios y arquitectónico:** Son la modalidad que tiene la función de encontrar la mejor forma posible de organizar y gestionar los espacios interiores, a la par de encargarse del proceso de construcción. Estos dos diseños toman un papel clave durante la producción ya que

son los encargados de crear la configuración física de las líneas de producción dentro de la planta o generar los cambios pertinentes con el fin de hacer de una manera más eficiente los procesos.

- **Diseño de Packaging:** Este tipo de diseño se ocupa de la creación del envoltorio y embalaje del producto. Tratando de encontrar el empaque más óptimo y seguro, para permitir el transporte de los productos de la planta hasta el cliente, sin generar daños en los productos. [7]

Estos son los significados en general para algunas de las distintas ramas del diseño; sin embargo, en el siguiente apartado se hace referencia específicamente al diseño en el ámbito ingenieril, así como sus alcances y vertientes.

#### 1.4. El diseño en la ingeniería.

En ocasiones se puede considerar a la incorporación del diseño en la ingeniería como el arte de aplicar una serie de conocimientos científicos de algunos elementos tangibles e intangibles a un objeto o estructura con el fin de mejorar sus características y así hacer uso de la ingeniería con el fin de mejorar un diseño. El objetivo de todo esto es tener un buen diseño persiguiendo la mejora de las propiedades funcionales y estéticas del producto, así como el costo y el impacto ambiental del mismo. Con este fin, se emplean una serie de actividades de ingeniería para apoyar a los procesos de diseño del futuro producto. Dentro de estas actividades se encuentran las metodologías del diseño y varias herramientas, con la finalidad de ampliar aún más el alcance y el proceso creativo del diseñador.

Particularmente, en el campo del diseño del producto, muchas veces la diferencia entre un ingeniero y un diseñador industrial puede ser una muy corta y difusa línea; sin embargo, desde un punto de vista un poco más práctico los problemas físicos y funcionales del producto son tomados por los ingenieros especializados en el área; por otro lado, los diseñadores industriales son los encargados de realizar el diseño estético, intentando lograr una mezcla de arte e ingeniería, esto además de encontrar un equilibrio entre la apariencia, el costo del producto y la calidad para obtener un producto competitivo en el mercado. Es decir, aunque la formación de un ingeniero de diseño y un diseñador industrial son extremadamente diferentes, estas dos profesiones son complementarias. Pese a que como se comentaba con anterioridad, los límites no están bien definidos entre estas profesiones, existen algunas actividades que ambos pueden realizar con la misma efectividad.

Un claro ejemplo de esta diferencia y complementariedad existente entre estas dos profesiones es la dificultad que implica para un diseñador industrial generar el diseño de una máquina para un proceso cualquiera, al igual que para un ingeniero buscar la solución más estética de textura o color para un producto final. Por otro lado, la ergonomía es algo que se presenta en ambas profesiones, razón por la que un problema de esta índole podría ser resuelto por ambos de una manera adecuada. [8]

El diseño es también considerada una de las partes más importantes a desarrollar por un ingeniero y en ocasiones es esta la que lo distingue en gran parte de las otras profesiones, ya que del diseño se derivan todos los demás procesos, como la producción, la transformación, comercialización, entre otros. Y es por esta enorme razón que surge una gran importancia en estructurar todos los pensamientos de un ingeniero en una serie de pasos lógicos, con la finalidad de lograr la solución más óptima a la problemática que se le presente. [9]

Ninguna metodología en especial es capaz de dar solución a la perfección a todas las problemáticas generadas en un momento dado. Para lograr resultados de manera eficiente, una metodología debe usarse flexiblemente como guía y no dogmáticamente como ritual. Lo más importante es que en cada uno de los pasos a seguir en una metodología, se requiere razonar correcta, clara y en ocasiones de la manera más creativa posible; además de tener un amplio conocimiento y comprensión de los conceptos y áreas involucradas a lo largo del proceso.

## 2. Chamberlain Group – Líderes y pioneros en la creación y manufactura de sistemas para la apertura automática de garaje.

En el año 1900 Andrew M. Chamberlain y su hijo, Floyd, fundaron Waterloo Rope Belt Co., la cual pasó a llamarse Chamberlain Machine Works 6 años después y finalmente Chamberlain Manufacturing Company. Siendo su producto principal cinturones de cuerda usados para alimentar separadores de crema.[10]

Chamberlain adquirió Perma Power en 1968, la cual fabricaba abridores de garaje, la cual continua siendo el núcleo de esta empresa. comenzando su red global solamente 6 años después al abrir una planta manufacturera en Nogales, Sonora, México. Al día de hoy se tiene una sede central en EMEAA en Alemania, una sede en Oceanía en las afueras de Sydney y operaciones de abastecimiento en Hong Kong y China.



Figura 2.1 Chamberlain en el mundo

Chamberlain Group Inc. (CGI) es un líder mundial de productos de acceso automático, contando con más de 6,000 empleados a nivel mundial; mediante, la creación, diseño y manufactura de abridores de puertas de garaje residencial, perimetral y comercial. CGI es la empresa matriz corporativa de LiftMaster, Chamberlain, myQ, Merlin y Grifco. [11]

Brindando además la innovación tecnológica myQ en todos sus productos, permitiendo a los usuarios controlar y monitorear todos los puntos de acceso a través de un Smartphone.

### Organigrama empresarial

Una pequeña representación del organigrama de Chamberlain se presenta a continuación, en la cual se muestra la posición del autor de esta tesina dentro de la empresa.

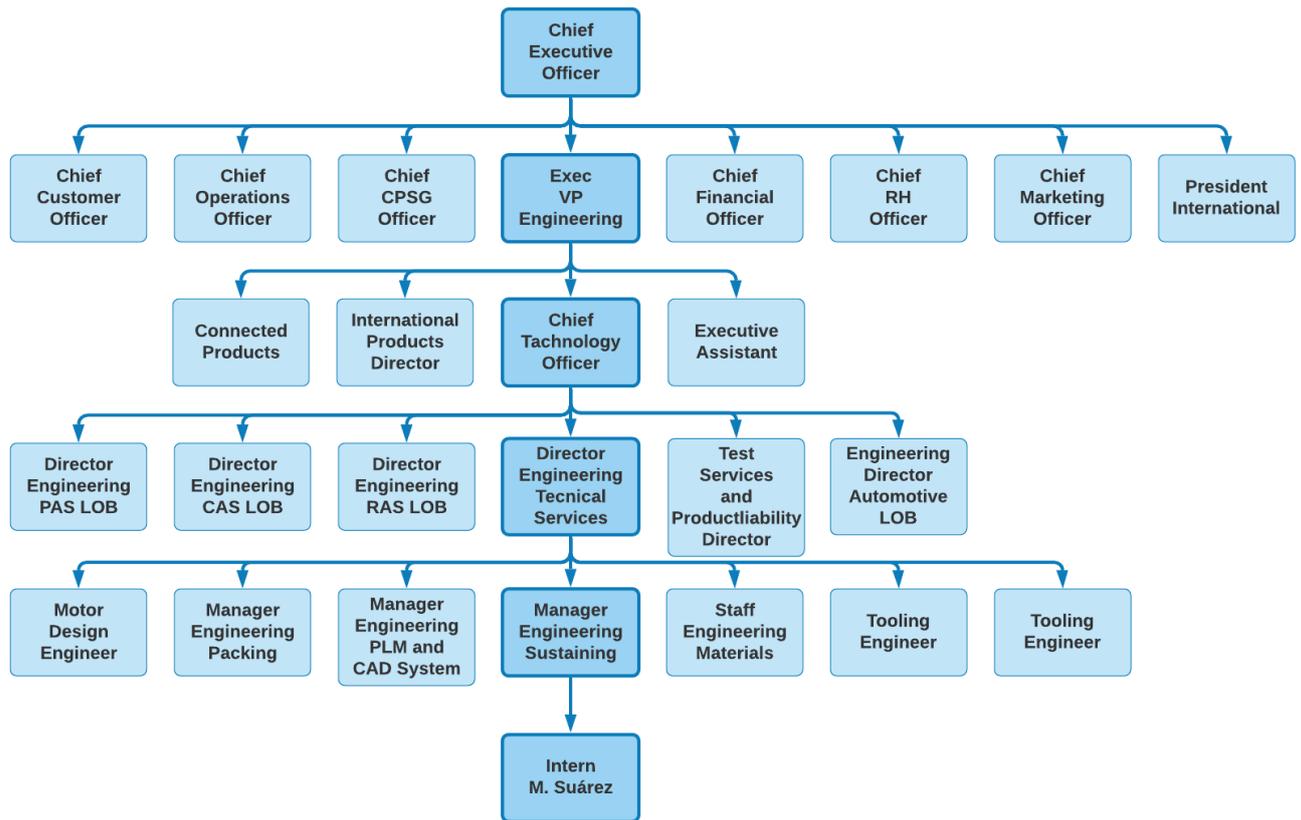


Figura 2.2 Organigrama CGI

## 2.1. Departamento de Sustaining (mantenimiento).

El departamento de Sustaining es el encargado de dar soporte a la línea de producción en cualquier problema que surja en la misma, además de validar cambios tanto en piezas, materiales o procesos según se haya detectado un área de mejora o para solucionar alguna falla tanto en el proceso de manufactura como en el producto final. Por otro lado, se encarga de encontrar la causa raíz de cada uno de los problemas (tanto en la línea como en producto final) y tomar las medidas adecuadas para disminuir al mínimo posible las interrupciones en producción y las quejas de cliente.

Dentro de este departamento se encuentran dos áreas trabajando en conjunto: mecánica y eléctrica. Dentro de las cuales se encuentran únicamente ingenieros eléctricos, mecatrónicos y mecánicos resolviendo los problemas de las tres áreas de producción: PAS (Perimetral Access Solutions), CAS (Commercial Access Solutions) y RAS (Residential Access Solutions). Cada una con diferentes volúmenes de producción anual, razón por la que en ocasiones gran parte de los ingenieros, sin importar el área, se enfocan en una sola para atender a la brevedad los problemas existentes en producción.

Debido a los grandes resultados en este departamento, al gran crecimiento de Chamberlain Group a nivel mundial y al interés de crear su primer centro de diseño fuera de E.U.A., en Nogales, Sonora. Se creó el programa DEAP, por sus siglas en inglés (Design Engineering Apprentice Program), el cual busca preparar a los próximos ingenieros que trabajarán en el centro de diseño capacitándoles tanto en áreas de diseño y nuevos productos, así como en materiales, normas, uso de nuevos softwares, entre otros. Siendo así una gran oportunidad para todos los participantes del programa.

Dicho programa se lleva a cabo dos veces al año, siendo la quinta ocasión durante el primer semestre del año 2019. Los equipos de mecánica y eléctrica reclutan estudiantes de ingeniería de la UNAM de mecánica, eléctrica y mecatrónica; los cuales, durante una estancia de 5 meses en Nogales, Sonora, son capacitados y se les asigna un proyecto para desarrollar a lo largo de este tiempo, brindándoles finalmente la oportunidad de presentar el mismo en Chicago, E.U.A. frente a los directivos de la empresa. Cada uno de los reclutados obtiene el puesto de "Intern", dentro de la empresa, el cual requiere un amplio conocimiento en la rama de la ingeniería; así como habilidades interpersonales, principalmente a la hora de solucionar problemas en conjunto con las otras áreas de la empresa.

El diseño, desarrollo de productos y análisis ingenieril son base de la posición de Intern en el área de mecánica, son indispensables conocimientos en el área de manufactura, materiales y diseño, siendo los más importantes:

- Dibujo y análisis de esfuerzos asistido por computadora.
- Comportamiento mecánico de metales y polímeros.
- Métodos de prototipado rápido.
- Modelado de procesos de manufactura.
- Análisis de tolerancias.
- Metodologías de diseño.

### **Actividades ajenas al diseño**

Durante la estancia como Intern, se realizaron en paralelo actividades dentro del área de sustaining, completamente ajenas al diseño del nuevo Doorlock. Esto, para brindar apoyo en el departamento solucionando problemas de baja complejidad. A continuación se exponen algunos ejemplos de dichas actividades.

#### **Actividad 1**

Para poder llevar un mejor control del inventario y mayor orden en la línea de producción es necesario que los materiales usados durante la producción coincidan en su totalidad con lo establecido en el BOM y a su vez con lo que se

muestra en la base de datos de SAP, ya que esta es la primer herramienta a consultar en la mayoría de los problemas presentados a sustaining.

El caso en particular a resolver fue el uso de una resina, la cual había cambiado únicamente el empaque y la forma de distribuir la misma a lo largo de las líneas de producción, lo cual significó un cambio en el número de parte a utilizar en la misma y por lo tanto fue necesario retirarla del BOM de cada uno de los productos que requería de esta, para posteriormente agregar la misma pero con el nuevo número de parte. Los pasos seguidos para solucionar dicho problema fueron los siguientes:

- Revisar en que productos se encontraba la resina, cual es la cantidad necesaria en cada uno de ellos y cual es su ensamble o sub-ensamble dentro de del BOM.
- Mediante un sistema, propio de la empresa; llamado GUI, eliminar de cada uno de los productos anteriormente encontrados, el número de parte de la resina y además la cantidad exacta de la misma.
- Por último agregar el nuevo número de parte de la resina en cada uno de los productos con la cantidad exacta de esta.

Aunque el proceso es de naturaleza trivial, conlleva el problema de realizarlo con extremo cuidado dado que un pequeño error de dedo tanto en la cantidad de la resina o la posición de la misma dentro del BOM al agregarla de nuevo puede generar problemas durante el proceso de producción en el futuro y desafortunadamente no es tan sencillo identificar el error después de generar la edición en el BOM, todo esto aunado al hecho de realizar la misma operación en más de doscientos productos.

## **2.2. Departamento de Manufactura.**

En Nogales, Sonora, se producen más de 16,000 abridores de puerta automáticos por día, además de gran parte de los accesorios de este; ya que en la actualidad debido al gran crecimiento de la empresa, se ha buscado manufacturar la mayor cantidad de los componentes en “casa”. Es por esta razón, que dicha planta es la más grande de CGI en todo el mundo, contando con alrededor de 4,600 empleados; los cuales, laboran de manera conjunta en 3 turnos al día a lo largo de toda la semana, siendo el Domingo el día con el menor ritmo de producción y teniendo paros de la planta por alrededor de 20 días únicamente en todo el año.

Entre todos los artefactos manufacturados por CGI se encuentra el Doorlock, el cual se pronostica tendrá una demanda de 260,000 piezas para el año 2020. Esta pequeña demanda en el Doorlock en comparación a los grandes ritmos de

producción en la planta, es debido a que el Doorlock se distribuye únicamente en los abridores de garaje de “élite” o se vende como un accesorio por separado.

El departamento de manufactura es el primer encargado de la línea de producción, trabajando en conjunto con el departamento de sustaining, siendo de esta manera el nexo entre los corporativos y la línea de producción. Siendo su principal labor el detectar los problemas en la línea de producción, resolverlos y de ser posible, encontrar áreas de oportunidad con el fin de hacer más eficiente el proceso de producción. Por otro lado, son los encargados de diseñar los procesos de manufactura, la configuración física de la línea de producción y estimar los costos de producción en cualquier producto existente o nuevo, siendo así una parte fundamental dentro del desarrollo del nuevo Doorlock.

### **2.3. Problemática durante el proceso de manufactura del Doorlock.**

A lo largo del tiempo, al igual que en todos los productos, se han ido encontrando problemas en el Doorlock, siendo los dos más importantes y con mayor impacto económico para la empresa los que se mencionan a continuación:

- Quejas del cliente relacionadas con el perno, el cual queda atascado durante el funcionamiento del mismo.
- Problemas durante el proceso de manufactura, relacionados al acumulamiento de tolerancias.

En resumen, el motivo de estos dos problemas son el proceso de manufactura, los materiales utilizados y el diseño del sistema. Es por esta razón que años atrás el área de sustaining tomó la decisión de agregar un par de procesos más en la línea de ensamble para asegurar el correcto funcionamiento del sistema en el campo laboral y así reducir las quejas de cliente; sin embargo, esto generó un gran aumento de “scrap”, de aproximadamente 10 piezas por día. Todo esto aunado a que al aumentar más procesos en la línea de ensamble, se genera un mayor costo de producción, representando menor ingresos para la compañía.

En la figura 2.3 se muestra la colocación durante el proceso de ensamble de los dos tornillos de sujeción al riel, con la finalidad de asegurar y facilitar la manufactura del resto de componentes del Doorlock. Cabe destacar que dicho proceso aumenta el tiempo de producción en aproximadamente 16 segundos,

lo cual representa un aumento aproximado de \$6,400 Dólares al año en la fabricación de este componente.



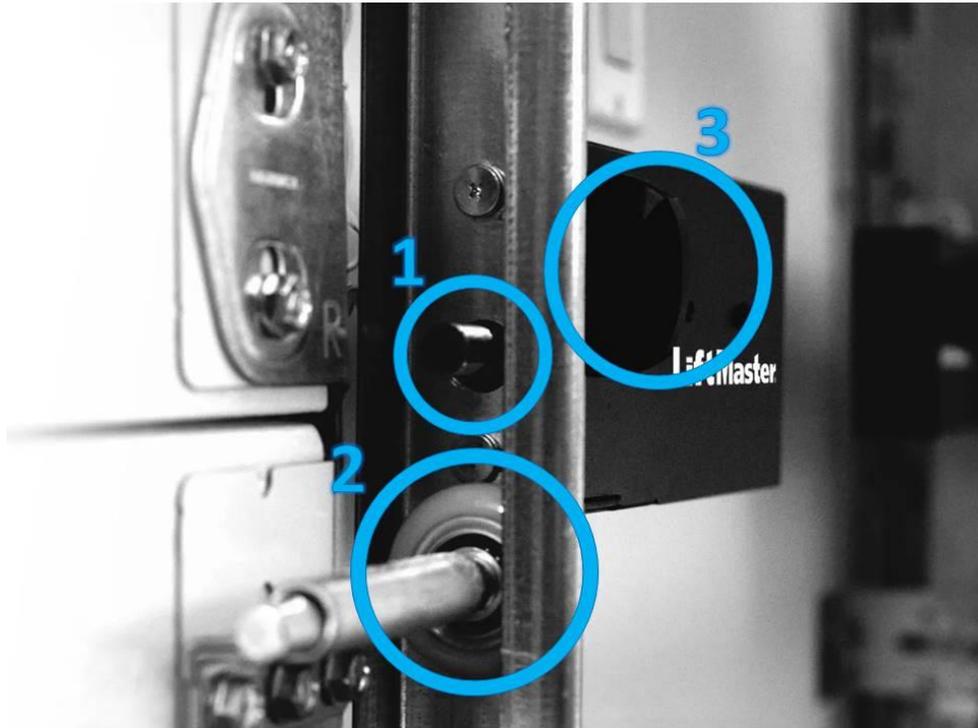
**Figura 2.3 Colocación de tornillos del riel**

Pese a que es posible el recuperar la mayoría de los componentes disfuncionales que son mandados al “scrap”, no se considera como una “ganancia” la reutilización de los mismos ya que para su reutilización es necesario invertir en un re-trabajo de los mismos.

## **2.4. Doorlock®.**

Por su traducción literal del inglés “Seguro de puerta” o “Cerradura de la puerta”, es un sistema que brinda mayor seguridad a las puertas de garaje, el cual consta fundamentalmente de un perno y un actuador eléctrico, cuya finalidad es la que se describe a continuación.

Cuando la puerta de garaje se encuentre completamente cerrada, el GDO (Garage Door Opener) manda un pulso eléctrico, activando el Doorlock, el cual a su vez desliza el perno que contiene, restringiendo así mecánicamente el movimiento de la puerta de garaje; todo esto, con la finalidad de impedir que esta pueda ser abierta desde el exterior evitando de esta manera principalmente robos. Sin embargo, esta no es la única manera de mover el mecanismo, ya que cuenta con dos manijas con las cuales es posible mover el perno desde adentro del garaje en caso de emergencia o si es que se presenta un problema eléctrico, con la finalidad de poder abrir de forma manual la puerta.



**Figura 2.4 Funcionamiento del Doorlock®**

En la imagen anterior se muestra el principio de funcionamiento del Doorlock®, siendo los principales elementos en funcionamiento los mencionados a continuación:

- 1.- Perno del Doorlock®.
- 2.-Rueda que permite el deslizamiento de la puerta de garaje.
- 3.-Manijas para el accionamiento manual del Doorlock®

Como se mencionó con anterioridad, el Doorlock® es solamente un Kit que puede adquirirse de manera independiente al sistema de apertura automática de puertas o viene integrado en la compra del mismo; el cual es acoplado al sistema común de la puerta de garaje. Este Kit puede ser instalado por los mismos usuarios; sin embargo, es recomendable sea instalado por uno de los profesionales que capacita directamente la empresa.



Figura 2.5 Colocación del Doorlock®

## 2.5. Diseño actual del Doorlock®.

El Doorlock® utilizado actualmente, al igual que todos los productos de CGI, fue diseñado en el centro de desarrollo en Chicago, E.U.A. no obstante, dado los problemas mencionados anteriormente se llegó a la necesidad de re-diseñar los mismos, pero con la gran limitante de que el nuevo Doorlock® deberá tener un costo menor, las dimensiones y el peso debe ser iguales o menores, el tiempo de producción debe ser igual o menor al que se produce actualmente y por último, debe soportar la mínima condición de carga estipulada para este mecanismo (de la cual se hablará más adelante). Todo esto con el fin de convertir este proyecto en una opción viable ingenierilmente y al mismo tiempo rentable.

En lo que respecta a este mecanismo, enseguida se mencionan los principales componentes del Doorlock® actual, así como las características y finalidad de cada uno de ellos:

### Housings

Hechos a base de lámina de acero inoxidable doblada, son los encargados de contener todo el mecanismo y los componentes del Doorlock®. A pesar de la gran practicidad en su proceso de manufactura, estos son los principales culpables de los problemas durante el ensamble debido a su proceso de manufactura, ya que las tolerancias en ellos son demasiado grandes, presentando así en algunas ocasiones interferencia en sus componentes. Enseguida se presentan imágenes y una pequeña descripción de cada uno de ellos.

## Housing izquierdo



Figura 2.6 Housing izquierdo actual

Esta pieza brinda protección y soporte en la parte superior y posterior del Doorlock®, además de contar con barrenos para sostener el actuador eléctrico y para permitir el libre paso del cable energiza el sistema.

## Housing derecho



Figura 2.7 Housing derecho actual

Encargado de brindar soporte y protección en la parte inferior y frontal del Doorlock®, así como la sujeción del actuador eléctrico y el “C bracket”. En este housing se presenta la mayor distorsión en cuanto a dimensiones generando interferencia en el recorrido del perno, esto debido al proceso de manufactura (pailería).

## C Bracket



Figura 2.8 C Bracket actual

Esta parte es una de las más importantes mecánicamente hablando, ya que gran parte de la carga a la hora de realizar las pruebas es distribuida a través de él. Contiene los PEM nuts, ensamblados mediante una prensa hidráulica, encargados de sujetar los tornillos de unión al riel. Además, es el encargado de contener los bujes y el resorte en su lugar y por último une los dos housings restantes entre si.

## Actuador eléctrico.



Figura 2.9 Actuador eléctrico

Encargado de mover automáticamente el perno, mediante un pulso eléctrico generado por el GDO. Este componente es uno de los pocos del Doorlock® que no son manufacturados dentro de Chamberlain, lo cual genera un proceso de validación durante el proceso de ensamble.

## Link.



Figura 2.10 Link

Manufacturado a base de lámina de acero inoxidable y mediante un proceso de pailería, cuenta con un par de barrenos en las “alas” mediante un proceso de troquelado para permitir la unión con las manijas, cabe destacar que dichos barrenos serán auto-machueledos posteriormente a la hora de ensamblar las manijas, cuenta con un par de orificios en la parte inferior para unirse con el resorte y un barreno más con cuerda en la parte superior para hacer posible el ensamble de este con el actuador eléctrico. Además cuenta con un orificio en el centro creado mediante un proceso de ponchado para facilitar así el proceso de ensamble con el perno. La finalidad de este componente es unir mecánicamente el perno con el actuador eléctrico; por otro lado, tiene la particularidad de contar con dos pequeñas “alas” con las cuales es posible desplazar el perno de forma manual.

## Perno.



Figura 2.11 Perno

Manufacturado mediante un proceso de maquinado por torno, hecho a base de acero inoxidable, esta es una de las piezas más resistentes de todo el mecanismo, ya que es la encargada de impedir directamente el movimiento de la puerta de garaje, siendo de esta forma capaz de transmitir toda la carga y distribuirla en los dos bujes que guían su movimiento.

## Resorte.



Figura 2.12 Resorte

Al igual que la mayoría de los componentes, el resorte está hecho de acero inoxidable y cuenta con una rigidez particular tal que es necesario al menos una carga de 2 libras en las “alas” del link para modificar la posición del perno, ya sea para extenderlo o contraerlo.

## Bujes.



Figura 2.13 Bujes

Hechos a base de una aleación de cobre y manufacturados mediante un proceso de sinterizado, estos bujes auto-lubricantes son los encargados de contener y dirigir el libre desplazamiento del perno.

### **Tornillos de unión del sistema.**



**Figura 2.14 Tornillos de unión del sistema**

Siendo un total de 7 tornillos los utilizados en el actual diseño, de diferentes tamaños y tipos de cuerda, son los encargados de dar unión a todos los componentes del Doorlock® y a su vez ayudan a poder distribuir de mejor manera la carga aplicada durante las pruebas a través de los housings.

### **Tornillos de unión con el riel.**



**Figura 2.15 Tornillos de unión con el riel**

Son únicamente 2 tornillos encargados de realizar la unión entre el Doorlock® y el riel de las puertas de garaje. Tornillo grado II de  $\frac{1}{4}$ " y con un largo de  $\frac{3}{4}$ " con cabeza hexagonal y hecho de acero inoxidable. Actualmente cuenta con una pequeña cobertura polimérica en la cuerda del tornillo con el afán de evitar mal uso por parte del cliente; sin embargo, se está aprobando un proyecto de productividad buscando eliminar dicho recubrimiento.

## PEM nuts.



Figura 2.16 PEM nuts

Pequeños insertos de tipo “tuerca” colocados en el “C bracket”, con la finalidad de hacer posible el acoplamiento del Doorlock® con el Riel mediante un par de tornillos de ¼” – 20.

## 2.6. Proceso actual de manufactura.

Como se mencionó con anterioridad, ha sido necesario agregar un par de operaciones durante el proceso de manufactura debido a los problemas existentes en el Doorlock® actual. Es por esta razón, que se busca también modificar y reducir la cantidad de procesos durante la manufactura del mismo, pese a que el proceso actual cumple con todas las normas de seguridad de la empresa.

A continuación se presenta el proceso actual de manufactura del Doorlock®:

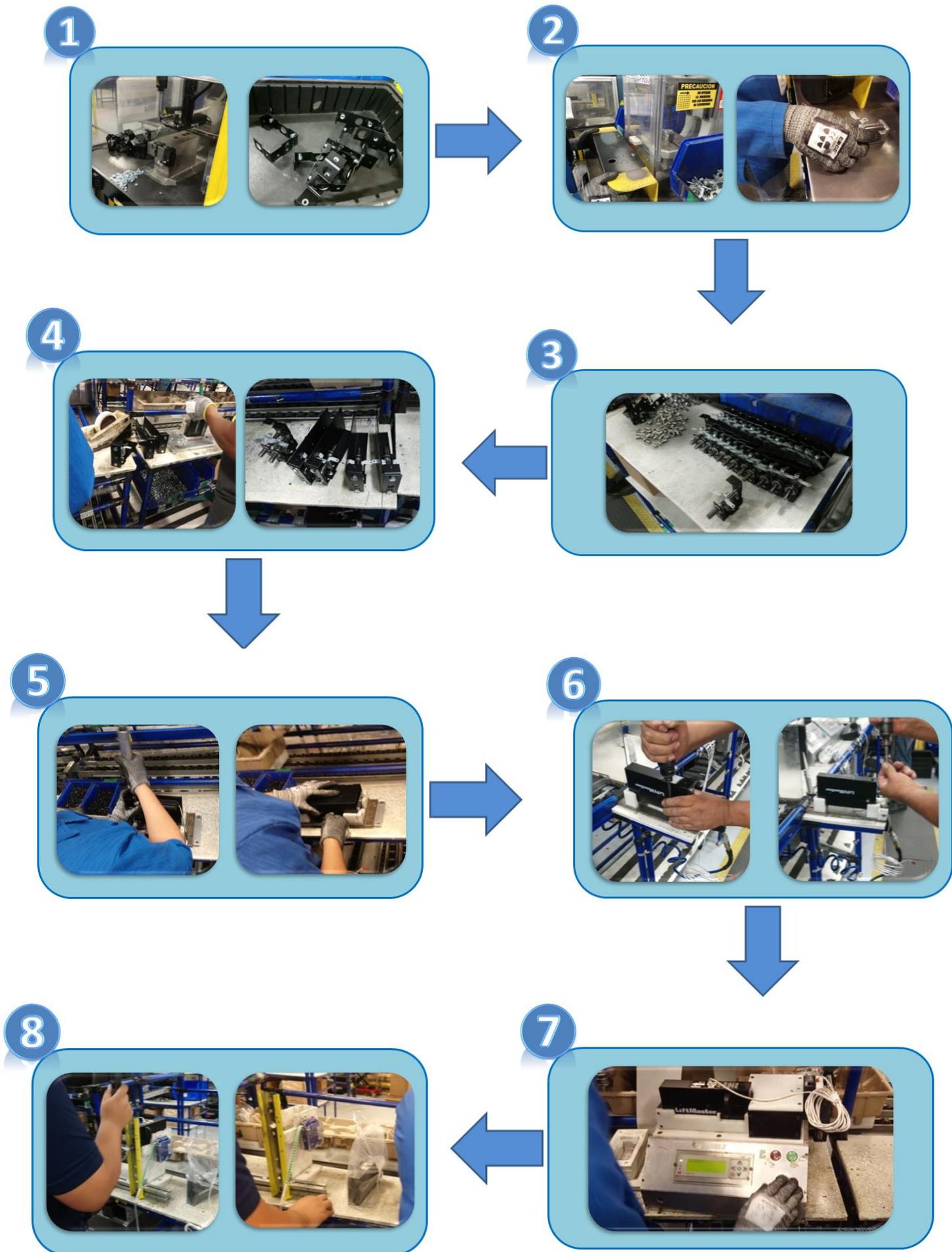


Figura 2.17 Proceso actual de manufactura

La siguiente tabla brinda una breve explicación de cada uno de los procesos presentados en el diagrama de flujo anterior.

No. de Proceso	Descripción del Proceso
1	Colocación de los PEM nuts en el “C bracket” y prensado hidráulico del mismo.
2	Ponchado del perno con el link mediante prensa hidráulica y verificación de alineamiento en el ensamble.
3	Pre-ensamble del “perno-link”, resorte y bujes en el “C Bracket”.
4	Ensamble del housing derecho y colocación de 2 tornillos de alineación en la parte frontal.
5	Ensamble y fijación mediante tornillos del actuador eléctrico, housing izquierdo y acomodo del cable de alimentación.
6	Colocación y atornillamiento de las manijas laterales, así como la colocación del último tornillo en la parte superior del Doorlock®.
7	Prueba eléctrica del mecanismo, colocación de etiquetas superiores y retiro de los tornillos de alineación de la parte frontal.
8	Colocación y prueba en riel, colocación de etiqueta color verde y empaquetado en bolsa.

**Tabla 2.1 Proceso actual de manufactura**

Los procesos agregados como medida de contención para solucionar temporalmente los problemas de ensamble y queja de cliente que se habían mencionado con anterioridad, son:

- Proceso #4, colocación de 2 tornillos de alineación en la parte frontal, esto con la finalidad de pre-deformar el housing derecho y el “C bracket”, logrando de esta forma la alineación de los barrenos por donde pasa el perno, además de evitar interferencias con el ensamble del housing izquierdo.
- Proceso #7, dado que estos tornillos son colocados para facilitar el proceso, es necesario removerlos para poder ensamblar el Doorlock® en el riel y realizar la prueba mecánica pertinente. Esto con el fin de asegurar el funcionamiento del mismo durante su vida útil.

Por esta razón es que Chamberlain tiene una serie de normas y lineamientos que deben cumplir todos sus productos con el afán de garantizar la seguridad de los usuarios, la de los trabajadores durante el proceso de producción; así como la vida útil del producto. Enseguida se establecen dichas normas consideradas durante el diseño del Doorlock®.

## 2.7. Normas de seguridad.

Para todos los productos de CGI, se cuenta con un documento específico en el cual se establecen todas las normas en particular que debe de cumplir cada uno de los productos. Todo esto con el fin de garantizar la seguridad y satisfacción del cliente durante toda la vida útil del producto.

Los factores clave durante y después del proceso de producción, son:

1. Seguridad
2. Rendimiento eléctrico
3. Rendimiento mecánico
4. Eficiencia de productividad
5. Impacto ambiental

Dado que los factores antes mencionados son los principales lineamientos dentro de CGI, el diseño del “Doorlock®” debe seguir cumpliendo con ellos; por otro lado, los factores del rendimiento mecánico fueron los que tuvieron el mayor impacto durante la toma de decisiones durante el diseño. Esto debido a que por sus características, el rendimiento eléctrico no tiene gran impacto en el diseño, solamente buscando garantizar el buen funcionamiento del actuador eléctrico, asegurando de esta forma la seguridad del cliente y el correcto funcionamiento del producto.

## 2.8. Normas de rendimiento mecánico.

Las pruebas en cada uno de los productos CGI, son llevadas a cabo por el departamento de “Test Automation”, los cuales se encargan de llevar estos productos al límite. Esto siguiendo los requisitos previamente establecidos por la empresa en un documento en particular por cada uno de los productos. En el caso del Doorlock®, este documento fue fundamental a la hora de diseñar ya que estos son los principales parámetros mecánicos considerados. A continuación se enlistan estos requisitos mecánicos.

1. **Prueba de fuerza de cerrojo.** Como referencia para futuros problemas en el funcionamiento, la fuerza necesaria para accionar el mecanismo de forma manual debe ser medida antes de cualquier prueba de durabilidad. La fuerza requerida para accionar manualmente el mecanismo en cualquier dirección debe ser no menor a 1.2 Lbs. Esto con el fin de asegurar el estado del mecanismo según sea el caso, ya sea cuando este se encuentra extendido o retraído.

2. **Prueba de durabilidad.** La prueba de durabilidad en el cerrado esta basada en 20,000 ciclos (40,000 movimientos del actuador) con al menos un tiempo de 10 segundos entre cada movimiento del actuador. El sistema debe de extenderse o contraerse sin ayuda por al menos 12,000 ciclos. Posteriormente, si el sistema queda atascado, este puede ser accionado manualmente tres ocasiones sin considerar por esto que se ha fallado la prueba. El sistema debe ser colocado en el riel de una puerta de garaje o en una adaptación segura para realizar las pruebas. Los accionamientos deben ser de manera que se alterne la dirección de extensión y retracción del sistema.
3. **Prueba de apertura de puerta.** Cuando el mecanismo se encuentra extendido, el mecanismo debe ser capaz de soportar una carga de 500 lb. aplicada en la parte inferior de la puerta. La fuerza aplicada puede ser constante o pulsante.
4. **Prueba de puesta en marcha a baja temperatura.** El sistema debe actuar entre su posición extendida, retraída y de nuevo retraída, estando a una temperatura de -40°.
5. **Prueba de temperatura.** El mecanismo debe ser capaz de seguir en operación en el mismo límite superior de temperatura del operador (Abridor de garaje) que controle a este. En este caso, la temperatura es de 50°.
6. **Prueba de humedad.** El mecanismo debe ser capaz de funcionar en las
7. **Prueba de cerrado de garaje.** La posición del mecanismo debe de permanecer en el mismo estado, así como su colocación después de realizar 3 ciclos de apertura y cierre con la máxima fuerza y velocidad del abridor de garaje. El Doorlock® debe estar colocado en el riel de la puerta y esta a su vez debe estar colocado en el piso. La puerta deberá estar asegurada en posición.
8. **Prueba de temperatura de almacenamiento.** El Doorlock® empacado debe ser totalmente funcional y no presentar daños después de estar almacenado por 48 horas a -40°C y 48 horas a 85°C seguido de un periodo a 25°C.
9. **Prueba de desenganche por el operador.** El Doorlock® debe ser capaz de actuar manualmente en cualquier posición. La máxima fuerza necesaria para hacer accionar el Doorlock® en cualquier dirección debe

ser no mayor a 10 [lb]. dentro de todo el rango de temperatura de operación.

Con todo lo mencionado con anterioridad, se logró comprender el funcionamiento, alcances y principales problemas en el Doorlock®, lo cual permitió la localización de áreas de oportunidad y de esta manera el inicio del re-diseño del sistema; lo cual, se expone en el capítulo siguiente.

### **3. Rediseño del Doorlock® para puertas de garaje.**

Tal como se mencionó con anterioridad, es fundamental seguir un proceso a alguna metodología para lograr obtener los mejores cuando se busca crear un nuevo producto, sin olvidar el utilizar las herramientas que permiten alcanzar mejores resultados. A lo largo de este último capítulo se expone la metodología de diseño y las herramientas utilizadas durante el diseño del Doorlock®, además de los prototipos fabricados y los resultados de los mismos.

#### **3.1. Metodología de diseño.**

Por su raíz etimológica, metodología se refiere a la ciencia que estudia los métodos del conocimiento. En otras palabras, es “El camino que conduce al conocimiento”. Cabe aclarar, que este proceso conceptual abstracto carece de sentido si no se expresa por medio de un lenguaje y se busca la transformación de la realidad. En otras palabras, representa la manera de organizar un proceso de investigación, controlando sus resultados y presentar varias posibles soluciones a un problema en particular, siendo así una parte muy importante en el análisis y la crítica de los métodos de investigación. [15]

La capacidad de resolver problemas, es una de las mayores virtudes que tiene el ser humano; pero es aún más grande, la habilidad que este tiene para plantearlos. Es por esta razón que a lo largo de los años se creó la necesidad de crear metodologías capaces de potenciar al máximo la creatividad de los diseñadores. Dado que un solo método no es útil para cualquier situación, los métodos ingenieriles de diseño son una serie de pasos flexibles y capaces de combinarse entre metodologías para lograr así solucionar los problemas.

A lo largo de este pequeño apartado, se habla acerca de dos diferentes metodologías de diseño, las cuales han sido combinadas y adaptadas de una manera efectiva para dar solución de esta manera al problema del re-diseño del Doorlock®. Las metodologías empleadas durante este proceso de diseño fueron las de Krick y Alger, tales que después de ser combinadas pueden ser representadas como en la figura mostrada a continuación.



**Figura 3.1 Metodología de diseño utilizada**

Respecto a la información obtenida en la bibliografía consultada, en seguida se explica cada una de estas fases de diseño y posteriormente se desarrolla la adaptación de esta metodología en el re-diseño del Doorlock®.

### **Formulación del problema**

Tal como lo describe Krick, “Un problema de Ingeniería surge cuando existe el deseo de transformar un estado de condiciones en otro”. El gran número de posibles soluciones es a menudo una característica en los problemas; es decir la manera de lograr dicha transformación es posible lograrlo de diferentes formas.

Un problema involucra algo más que encontrar cualquier solución, se requiere el método más eficiente para lograr el cambio deseado. Para lograr esto se centra primero la atención en él y se comienza la mayor cantidad de información posible con la finalidad de ir delimitando un campo en particular a estudiar. Es por esta razón que la primera interrogante es ¿Qué se busca conocer o investigar?, con la finalidad de precisar claramente el objeto de estudio.

Este planteamiento del problema desempeña la importante labor de dirigir todo el trabajo siguiente. Esto conlleva a que cualquier error en esta parte del proceso de diseño acarree consecuencias negativas para el resultado final; es decir, no es únicamente necesario visualizar el problema sino plantearlo de la manera correcta.

### **Análisis y especificación del problema**

Al realizar el análisis se efectúa una considerable cantidad de deliberaciones, investigaciones y procesamiento de la información con la finalidad de encontrar las restricciones tales que el diseño óptimo debe cumplir para que sea un diseño viable.

En esta etapa se le define con todo detalle los puntos que debe contener el análisis del problema, los cuales se presentan a continuación:

- Estados “A” y “B”. Variables de entrada y salida de la solución.
- Restricciones. Son características de una solución que se fijan con anterioridad por una decisión y tiene que cumplir la solución de un problema.
- Variables de solución. Son las formas en que pueden diferir varias soluciones.
- Criterio. Son normas de preferencia para seleccionar entre varias soluciones.
- Utilización. Grado en que ha de emplearse la solución.
- Volumen de producción. Es el número de unidades a producirse de la solución.

Una vez que el problema es reconocido claramente, analizado y todas las partes que le conciernen están de acuerdo con su naturaleza, el desarrollo de las especificaciones detalladas llega a ser vital. Estas generalmente son una serie de metas de comportamiento que se deben cumplir bajo condiciones de un medio ambiente determinado.

### **Investigación**

En esta etapa se indaga en las diversas soluciones posibles, empleando durante el proceso el razonamiento creativo, las técnicas de documentación, técnicas de documentación, entre otros. Dando como resultado un marco teórico. Con esto se busca organizar y puntualizar las ideas y conceptos que son fundamentales para interpretar hechos relacionados con la solución del problema planteado. Para lograr la investigación de manera más eficiente se seleccionan las ideas fundamentales sobre el tema delimitadas anteriormente, resultantes de la revisión bibliográfica y se sintetizan las mismas.

Algunos métodos de investigación se muestran a continuación:

- Concentrarse en las variables de solución. En este caso se considera cada variable de una en una y se crean muchas posibilidades para la misma, creando de esta forma soluciones parciales.
- Concentrarse en cada criterio. Primero, se minimiza el costo de construcción, luego se maximiza la confiabilidad, y así sucesivamente, todos los criterios de diseño relevantes.
- Crear un árbol de alternativas. O algún otro método gráfico para aterrizar y concretizar las ideas creadas.
- Utilización de métodos aleatorios. Como tormentas de ideas, el cual consta de la recolección de varias ideas por parte de un grupo de personas buscando la solución, sin importar lo absurdas que lleguen a ser algunas de ellas.

### **Propuesta de soluciones**

Siendo este paso uno de los más interesantes y entretenidos del método, en este paso se requiere creatividad e imaginación. Tomando el problema central que se conceptualizó con anterioridad, así como las especificaciones que se debe cumplir, se busca producir un concepto de diseño que incluya y cumpla la totalidad de requerimientos y especificaciones planteados en los primeros pasos del método.

Algunas de las herramientas utilizadas durante esta etapa es la realización de bosquejos o dibujos, estos con la finalidad de plasmar todas las ideas generadas y de ser posible compartirlas con alguien más para lograr de esta manera un proceso iterativo y de retroalimentación, para lograr así obtener el mejor resultado.

### **Evaluación y decisión de alternativas**

Posteriormente de lograr la mayor cantidad soluciones posibles, se evalúan todos los resultados obtenidos, siendo el tiempo empleado en este paso la principal variable dependiente de la dificultad de las especificaciones requeridas a cumplir. Particularmente en la ingeniería un diseño suele tener casi siempre dos o tres alternativas clave. Sin embargo, se siguen comparando hasta obtener la más óptima.

Este procedimiento se lleva acabo inicialmente expresando las soluciones elegibles sólo en términos generales. Después de ser eliminadas las alternativas más deficientes o de menor calidad, comúnmente mediante procesos de evaluación sin mucho detalle y rápidos. Por último, se añaden más detalles al proceso de selección a las opciones restantes y se les evalúa mediante métodos más refinados. [12]

### **Especificación**

Esta etapa constituye la parte fundamental del proyecto. Consiste en una completa descripción de las características y funcionamiento de la solución propuesta; de tal suerte que se encuentre con total claridad todos los aspectos relacionados con la ingeniería del proyecto.

Esta solución elegida, comúnmente, se expone por escrito de forma detallada. Los datos o métodos usualmente utilizados incluye planos, diagramas, croquis, entre otros, los cuales se presentan en un informe técnico cuidadosamente elaborado por medio del cual la forma de expresarse es pieza clave para lograr obtener la atención del lector. En ocasiones, se complementan dichos resultados con un modelo o prototipo en físico, para validar así la funcionalidad del proyecto. [13]

Enseguida se hace una breve descripción del proceso de rediseño del Doorlock® y la implementación de dicha metodología de trabajo. Cabe destacar que dicho procedimiento se realizó de forma iterativa a lo largo de varios pasos, tal como se muestra en el diagrama mostrado al principio de este capítulo; sin embargo, en este apartado, se muestran únicamente los puntos finales y más importantes de cada paso del proceso

### **Formulación del problema**

El primer paso fue la recopilación de información acerca de todo el sistema del Doorlock®, comenzando con un profundo análisis del proceso de ensamble, buscando encontrar de esta manera algún área de oportunidad. Esto se logró gracias a algunas reuniones con los encargados de estas líneas de producción, así como con los ingenieros de manufactura del área, los cuales brindaron un diagrama del proceso y los principales problemas durante la producción. Por otro lado, se realizaron un par de observaciones de forma presencial en la línea de ensamble, así como algunas preguntas directamente a los empleados con el fin de obtener alguna otra observación con mayor profundidad y énfasis a lo largo del proceso. Al mismo tiempo se realizó la búsqueda de información económica relacionada con el costo de manufactura, materiales y por desperdicios del Doorlock®; al igual que con la información anterior, esto fue posible gracias a la participación de otras áreas dentro de la empresa y a grandes herramientas de trabajo, como lo es SAP. En este caso, no fue necesaria la búsqueda de quejas relacionadas con el cliente, debido a que el problema siempre fue el mismo, “El perno queda atascado durante su funcionamiento”, razón por la cual se omitió esto.

Por otro lado, se buscó la mayor cantidad de posible de información respecto a propuestas anteriores de nuevos diseños del Doorlock®, desarrolladas por grupos anteriores de Interns. Dichas propuesta fueron analizadas en cuanto a temas de materiales, durabilidad, costo, funcionalidad y principalmente factibilidad de manufactura. A lo largo de este proceso se realizaron un par de reuniones con los diseñadores del corporativo en Chicago, con la finalidad de

encontrar algún otro factor a mejorar y que no hubiera sido considerado con anterioridad.

Producto de toda esa recopilación de información, se localizaron los siguientes problemas a resolver:

- Dificultades durante el proceso de ensamble, relacionado con la acumulación de tolerancias producto del método de manufactura.
- Quejas del cliente debido al mal funcionamiento del sistema y el atascamiento del perno.
- Método de unión entre los dos Housings del sistema y durabilidad de dicha unión.
- Incremento en el número de procesos de manufactura.
- Durabilidad de los materiales propuestos con anterioridad.

### **Análisis y especificación del problema**

Con la información obtenida anteriormente se realizó un análisis y se investigó un poco más respecto a los requerimientos mecánicos y las condiciones de uso del sistema. Con ello se logró aterrizar las áreas de oportunidad y las especificaciones particulares del problema, dichas consideraciones son presentadas en la siguiente tabla.

<b>Áreas de Oportunidad</b>	<b>Limitantes</b>
Método de ensamble entre los housings y los componentes del sistema.	Realizar un sonido de impacto al extenderse el perno.
Bracket hecho por proceso de Die Casting.	Soportar una carga de 500 LB, aplicada en el extremo del perno.
Eliminación de procesos en línea de producción.	Permanecer en estado extendido/contraído a no ser que se aplique una fuerza mayor a 1.2 LB.
Cambio o re-diseño del Link.	Soportar una carga de 10 LB en las wings.
Eliminación de tornillos de unión.	Housings simétricos para utilizar solo un molde.
	Utilizar el mismo actuador eléctrico y resorte.

**Tabla 3.1 Análisis y explicación del problema**

Todo esto con la finalidad de obtener un proceso de producción más eficiente, ya que la demanda de este sistema se pronostica tendrá un incremento de 50 mil unidades para el próximo año. Además de esto se busca obtener ahorros económicos con la finalidad de que estos mismos sean capaces de solventar la inversión necesaria en herramientas comenzar a producir el nuevo Doorlock®, esto con la particularidad de que dicho ahorros deben ser mayores a la inversión necesaria en un plazo menor a 18 meses.

Por otro lado, se reducirá con esto las quejas de cliente y la generación de scrap, lo cual es uno de los principales objetivos del proyecto ya que estos dos puntos son clave en la cultura CGI (el cuidado del planeta y la satisfacción del cliente).

## **Investigación**

Posteriormente se realizó una investigación respecto a los diseños previamente generados por otro grupo de Interns y las propuestas generados por los ingenieros del corporativo de CGI en Chicago. Entre todas estas, se encontraron alrededor de 4 propuestas de diseño nuevas; sin embargo, la base de estas es prácticamente la misma. Por esta razón, comenzó a hacerse una pequeña investigación respecto a posibles materiales a utilizar para el proceso de inyección en la fabricación de los Housings.

Por otro lado, se generó una lluvia de ideas en cuanto a generar un cambio principalmente en el Link y el método de unión entre este y el actuador eléctrico, teniendo como principal objetivo reducir la mayor cantidad de componentes y procesos en la unión de estos. Todo este proceso se llevó a cabo en contacto con diversas áreas de la compañía, las cuales se mencionan a continuación y se da una pequeña referencia de su aportación.

- Ingenieros de manufactura: Encargados de aportar sus conocimiento y recomendaciones en cuanto a la factibilidad de algunas de las nuevas propuestas de diseño, así como las implicaciones que estas ideas tendrían durante el proceso de producción.
- Jhon Jira: Ingeniero especialista en materiales quien brindó información respecto a los materiales más recomendables a utilizar en la fabricación tanto del Bracket como de los Housings.
- Mike Henrikson: Ingeniero de diseño, generó grandes aportaciones en cuanto a la geometría del Housing, el método de unión entre estos y algunas dimensiones fundamentales en el diseño de los mismos.
- Mercadotecnia: Esta área aportó la importante restricción de que el mecanismo de generar un sonido cuando el perno sea extendido, con la finalidad de generar así una sensación de seguridad en el usuario y de esta manera contrarrestar el hecho que el mecanismo está compuesto en su exterior por un polímero y esto llega a generar cierta desconfianza en cuanto a la seguridad que este pueda llegar a brindar.

A lo largo de esta parte del proceso de diseño se hizo uso de varias herramientas con la finalidad de validar o rechazar las propuestas ideadas o encontradas producto del trabajo de Interns anteriores. Entre estas herramientas se encuentran análisis de tolerancias, dibujos en CAD en busca de interferencias y generación de algunos prototipos mediante impresión 3D para realizar pruebas y ver la facilidad de ensamble de la propuesta de diseño.

Por último se realizó una investigación económica en cuanto el costo de producción actual del Doorlock®, una cotización aproximada del costo de los nuevos diseños, así como los ahorros posibles generados producto del nuevo proceso de manufactura.

### **Propuesta de soluciones**

Durante este proceso se tuvieron dos etapas, en la primera se generaron alrededor de 11 propuestas diferentes del Link, el cual buscaba cumplir con la particularidad de ser simétrico; sin embargo, después de un par de reuniones con los ingenieros de manufactura y principalmente debido a un análisis de tolerancias y un par de FEM se concluyó que dicha propuesta no era viable tanto por no cumplir con los requisitos mecánicos, así como ser poco práctica en el proceso de manufactura.

Posteriormente se optó por generar el nuevo diseño basado en el Link y perno utilizado actualmente, teniendo como principal inconveniente que las wings del mismo no se encuentran justo a la mitad del perno. Por esta razón comenzaron a generarse un par de soluciones, principalmente buscando re-diseñar los housing y adaptarlos de tal manera que se cumpliera la simetría de los mismos pese al problema mencionado anteriormente respecto al Link.

Por último, se realizaron alrededor de 4 diferentes configuraciones geométricas de Brackets, teniendo como principal diferencia el material considerado para la manufactura del mismo, además de una serie de adaptaciones geométricas tales que hagan posible la incorporación del Link y el perno actual con dicho diseño.

Además de estas propuestas en cuanto al diseño físico y mecánico del Doorlock®, se generó una sencilla y no muy detallada propuesta del nuevo proceso de producción, el cual remueve un par de operación de validación del ensamble, así como una pequeña serie de cambios en cuanto algunos procesos de fabricación.

### **Evaluación y decisión de alternativas**

A lo largo de este proceso se analizaron detalladamente cada una de las propuestas generadas anteriormente utilizando básicamente algunas herramientas como método de selección y para determinar en dado caso si es necesario generar alguna otra posible solución, entre estas herramientas se encuentran análisis de tolerancias, FEA, prototipado rápido con sus respectivas pruebas de ensamble y un análisis económico. Siendo este último uno de los factores con el mayor peso a la hora de tomar la decisión entre todas las alternativas.

Posteriormente, con los prototipos se realizaron un par de reuniones con los ingenieros de manufactura para decidir así el nuevo proceso de ensamble y se

realizaron pruebas con un operador para verificar la viabilidad del diseño, posteriormente se presentó el producto final con los encargados del área de mercadotecnia para tomar decisiones acerca del acabado de los Housings, o si es que se optará por pintar el logotipo de la empresa en el mismo; sin embargo, esto se sigue discutiendo actualmente y aún no se cuenta con una respuesta en particular respecto a ello.

### **Especificación**

Por último se realizaron los planos de cada una de las piezas, principalmente del bracket, para posteriormente solicitar al área de Toolroom su ayuda en la manufactura de tres ejemplares hechos de Aluminio. Esto para generar un prototipo completamente funcional, el cual tiene la particularidad de contar con Housings manufacturados mediante impresión 3D ya que este método hizo posible cumplir en tiempo para presentar el prototipo con los directivos. A la par, se realizó la cotización de cada uno de los nuevos elementos necesarios para el Doorlock®, así como la cotización de toda la maquinaria nueva necesaria para lograr manufacturar este nuevo diseño y se estimó que con los ahorros generados el tiempo de recuperación de dicha inversión sería de aproximadamente 1 año.

Para concluir, se realizó una presentación en Chicago frente a los directivos de la empresa, donde se presentó todo el proyecto, comenzando desde los motivos por el cual era necesario generar un nuevo diseño, las particularidades mecánicas y visuales del nuevo sistema en cuanto peso, materiales y aspecto físico. Además se presentó un pequeño análisis económico del nuevo diseño, considerando principalmente los costos de inversión, el precio total del nuevo Doorlock® y el ahorro que este representa respecto al sistema utilizado actualmente, así como los ahorros en la línea de producción.

Cabe destacar que pese a que gran parte del proyecto ha sido completado, aún queda una gran cantidad de actividades por realizar entre las cuales se encuentra generar pruebas de impacto, durabilidad etc.; sin embargo, el equipo actual y futuro de Design Center se hará cargo de estas.

### **3.2. Herramientas utilizadas.**

Sin duda alguna, la ingeniería actual tiene a su alcance una enorme cantidad de herramientas para dar solución a todos los problemas que se le presente, sin importar el alcance, tamaño o dificultad de estos. Esto es gracias en gran parte a los ordenadores, los cuales brindan softwares potencializando las capacidades en aspectos como el diseño, creación de prototipos, mayor cantidad de información en la palma de la mano y principalmente resolviendo cálculos que de no ser por ellos, sería muy tardado o hasta imposible obtenerlos. A lo largo de este segmento, se presentan las herramientas

utilizadas durante el desarrollo del Doorlock®, así como una pequeña descripción de como permitieron hacer posible el proyecto.

### CAD (Creo Parametric)

Software de diseño paramétrico que brinda además herramientas de diseño, fabricación e ingeniería asistidos por computadora. Este es utilizado por distintas áreas en CGI, ya que es gracias a esta herramienta que se han desarrollado gran cantidad de los productos de la empresa; además, todas y cada una de las piezas presentes en los productos de la compañía se encuentran dibujados en este software y están guardados en una base de datos, lo cual hizo de una manera más sencilla la incorporación de piezas ya en uso dentro de CGI al nuevo diseño del Doorlock®.

Gracias a esta herramienta, fue posible generar los dibujos tanto de los housings, como del bracket y en su momento de los Links propuestos. Además de que debido a la gran base de datos mencionada anteriormente y a contar con los dibujos de los demás componentes del Doorlock®, fue posible generar un ensamble de forma “digital” con el fin de evitar en todo momento alguna interferencia entre los componentes o desperfecto en el diseño. Por otro lado, también permitió que al poder exportar dichos documentos en diferentes formatos, se lograra la impresión de los mismos en 3D.

De esta manera, dicho software en compañía de Ansys (Del cual se habla a continuación), fueron las herramientas de trabajo de todos los días, brindando así la posibilidad de plasmar todas esas ideas generadas y haciendo posible el proyecto.

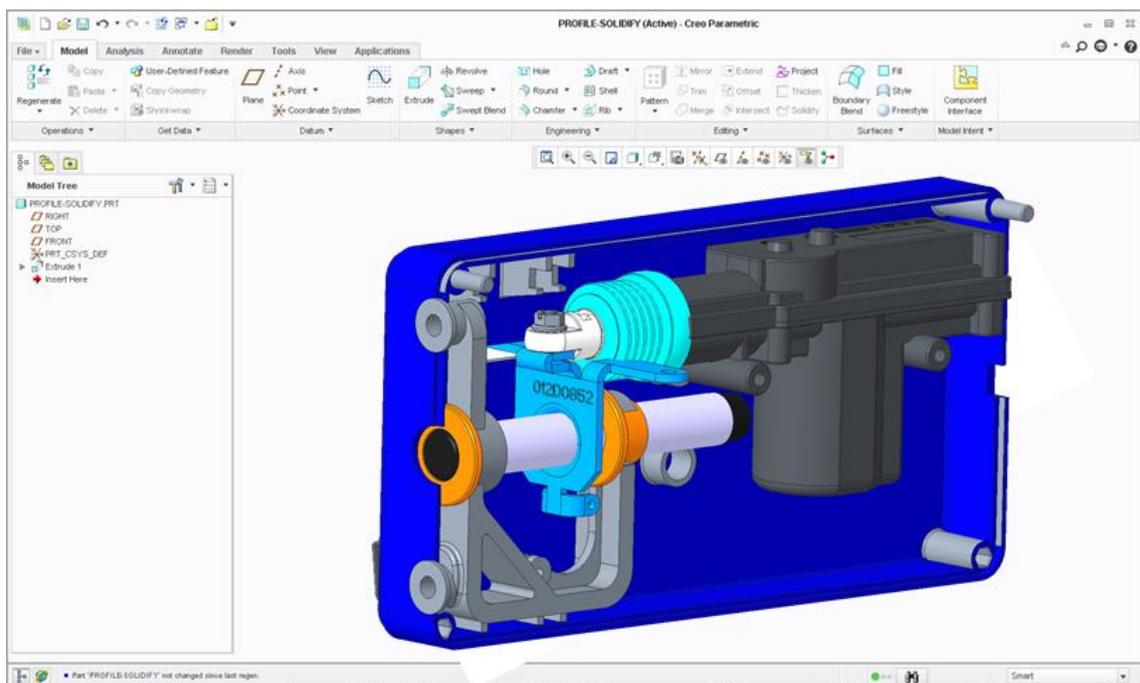


Figura 3.2 CREO Parametric 5.0

## FEA

Por sus siglas en inglés (Finite Element Analysis), es una simulación de cualquier fenómeno físico, el cual utiliza un método numérico llamado “Método de Elemento Finito”. Esta herramienta es utilizada comúnmente en la ingeniería para reducir de esta manera el número de prototipos físicos y experimentos, además de brindar herramientas extra para la optimización en los componentes durante las fases de diseño, logrando que el desarrollo de los mismos sea más rápido y con mayores alcances.

Esta herramienta fue utilizada gracias al software Ansys 19.0, el cual fue de utilidad en dos aspectos; el primero, fue en el análisis de flujo de inyección para los Housings. Esto con la finalidad de averiguar cuál debe ser el punto de inyección en las piezas, así como saber de antemano cuáles serán las partes más vulnerables debido a la presencia de imperfección en la pieza como puntos de unión, encapsulamientos de aire, etc. Por otra parte, esta herramienta fue fundamental durante el diseño del bracket, ya que en un proceso altamente iterativo, donde se varió tanto la geometría como el material, donde se analizó el comportamiento del sistema cuando a este se le aplica una carga de 500 LB. y una serie de pruebas en las cuales se dio por descartada la idea de re-diseñar el link.

Por estas razones, esta herramienta se convirtió en uno de los mayores filtros para todas las propuestas generadas, además de facilitar la manera de encontrar el diseño del bracket más óptimo.

A continuación se muestran un par de imágenes de los resultados obtenidos en el análisis del Bracket, donde se aprecia que el esfuerzo máximo generado en la pieza es menor que el de fluencia, corroborando así que ese diseño es funcional.



Figura 3.3 Análisis FEA

## Análisis de tolerancias

Conocido también comúnmente como “Stack up analysis”, este es un estudio que determina la máxima variación posible para una dimensión en particular de cualquier elemento. Todo esto debido a que se asume que es altamente improbable que todas las dimensiones sean exactas, por varias razones entre las cuales, las más importantes son el material de fabricación y el proceso de manufactura.

Dicha herramienta toma una gran importancia durante el diseño, especialmente cuando la pieza a diseñar se ensamblará con otra simplemente cuando esta debe cubrir ciertas funciones, por ello se vuelve fundamental el hecho de determinar el tipo de ajuste que va a tener esta, por lo cual se vuelve fundamental la determinación de dichos parámetros para evitar así futuros problemas de funcionamiento o desde el proceso de ensamble.

Como se mencionó con anterioridad, el principal problema del Doorlock® actual es un mal funcionamiento y problemas durante el proceso de ensamble producto de la acumulación de tolerancias y esto está relacionado particularmente al proceso de manufactura. Sin embargo, pese a que esto se conoce, es demasiado difícil controlar estas variaciones durante el proceso de manufactura por lo cual actualmente se continúa elaborando de la misma manera.

Se realizó un análisis de tolerancias en los dos principales elementos diseñados, los housings y el bracket. A continuación se hace un pequeño listado de las partes particulares donde se realizó dicho análisis debido a la función deseada de los mismos.

- Housings. El análisis se realizó principalmente en los bosses y pines necesarios para el ensamble y sujeción de los housings entre si, esto para garantizar el sellado permanente del mecanismo, que los pines y bosses no se rompan durante el proceso de cerrado y para mantener sujetado de la mejor manera el actuador eléctrico.
- Bracket. Aquí se realizó un análisis de tolerancias únicamente en los barrenos que contienen a los bujes, esto debido a que el método de unión entre estos dos componentes es permanente y se llevará a cabo mediante unas prensas hidráulicas, con la finalidad de que estas dos piezas se mantengan unidas únicamente por la fricción existente entre ellas. Para hacer esto posible, debe existir una interferencia entre estos dos diámetros.

En la Figura 3.4 se presenta un pequeño ejemplo de los tipos de ajuste existentes, siendo uno de interferencia el utilizado para la unión permanente entre los bujes y el Bracket.

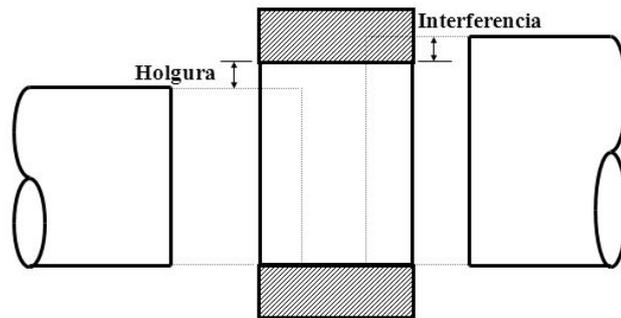
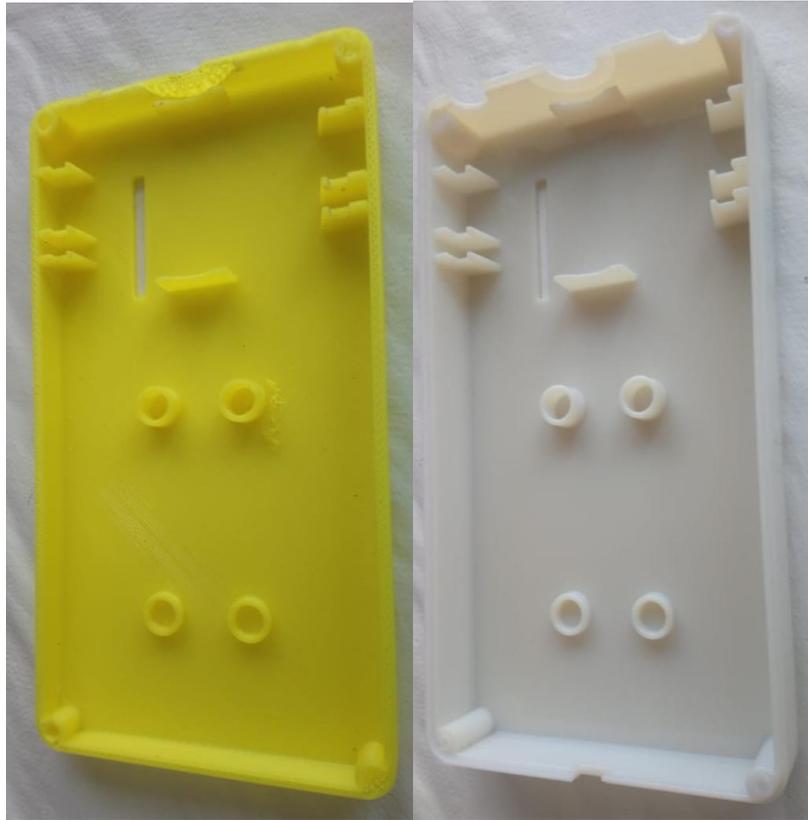


Figura 3.4 Tipos de ajuste existentes

### Prototipado rápido

Esta herramienta utilizada de gran manera por la industria en la actualidad es un proceso mediante el cual se crean objetos con características similares al diseño propuesto. Tal como lo describen en las técnicas de prototipado rápido, “Estos modelos físicos pueden ser únicamente estéticos y útiles para el estudio del mercado potencial al que van dirigidos, o pueden cumplir con algunas o buena parte de los requerimientos mecánicos que tendría la pieza definitiva, ofreciendo en este caso la posibilidad de realizar pruebas funcionales y de homologación antes de que existan ni siquiera los moldes preliminares.”, ahorrando de esta manera una gran cantidad de recursos económicos ya que esta técnica además de ser efectiva y veloz es económica. [14]

El prototipado rápido tomó gran importancia a lo largo del proyecto, principalmente para la realización de pruebas de ensamblaje del mecanismo en general, así como pruebas para verificar la viabilidad de producir dicho sistema en serie. Cabe destacar que el principal método utilizado fue el de impresión 3D, utilizando particularmente dos de ellos (Estereolitografía y deposición de hilo). El material utilizado en la deposición fue PLA y un material con propiedades similares al ABS en el caso de la estereolitografía.



**Figura 3.5 Housings de manufactura aditiva**

Los únicos componentes del nuevo Doorlock® que fueron fabricados mediante este proceso se presentan a continuación, además de una pequeña explicación de la utilidad y/o pruebas generadas en estas.

- Housings.

Los primeros modelos generados fueron manufacturados mediante el proceso de deposición de hilo; sin embargo, se presentaron ciertas deformaciones e imperfecciones además de no contar con un buen acabado, siendo así no aptos para ser presentados con el prototipo funcional. Cabe resaltar que la finalidad de dicho prototipo es únicamente demostrativa para visualizar la funcionalidad del producto final en conjunto, así como para confirmar la viabilidad del proceso de manufactura.

Posteriormente se realizaron un par más mediante el proceso de estereolitografía, obteniendo de éstas mejores resultados en todos los aspectos. Sin embargo se presentó un ligero problema en cuanto a la unión de estos, ya que los pines se rompieron producto de la poca precisión dimensional de la impresión y la interferencia generada con los bosses.

- Brackets.

La mayoría de ellos fueron elaborados mediante un proceso de estereolitografía, los cuales tenían la finalidad de probar la viabilidad del

proceso de ensamble con el Link actual, la facilidad de ensamble del resorte y principalmente verificar que con ese nuevo arreglo el mecanismo funcionara de igual manera y con el mismo actuador eléctrico. Además de ser necesarios para presentar el sistema completo y el funcionamiento del mismo.

El único inconveniente presentado en los mismos fue una gran interferencia entre los barrenos y el diámetro externo de los bujes; sin embargo, dicha problemática fue resuelta lijando únicamente dichos barrenos, con el afán de remover la mayor cantidad de material posible y obtener de esta manera la menor interferencia posible para lograr así el correcto ensamble del sistema.

Por último, se realizó un prototipo más hecho a base de Aluminio y manufacturado mediante una cortadora de CNC, con la finalidad de brindar la mayor cantidad de realismo al prototipo final. Esto en el sentido de que al momento de accionar el sistema se produjera el característico sonido de cierre. Sin embargo, dicho prototipo, pese a ser completamente funcional, no es posible realizarle pruebas mecánicas ya que el material es completamente diferente y evidentemente no será capaz de soportar dichas condiciones. En la siguiente imagen se muestran los dos prototipos manufacturados hechos a base de ABS y Aluminio respectivamente.



Figura 3.6 Bracket de ABS y Bracket de Aluminio

### 3.3. Rediseño conceptual.

Al igual que en cualquier otro proyecto dentro de CGI, para que este sea llevado a cabo y traído a la realidad debe existir un beneficio económico para la compañía. En este caso, el proyecto es considerado de “Productividad” por lo

cual debe cumplir dos principales condiciones, la primera es que el nuevo diseño debe resolver completamente todos los inconvenientes del diseño actual y la segunda es que el tiempo de recuperación de la inversión generada para el proyecto debe ser menor a un año y medio. Este último punto conlleva a tomar muy en cuenta el costo de inversión y no solamente el ahorro aparente que representa la diferencia de costo entre el Doorlock® actual y el nuevo diseño.

Fue posible llevar a cabo todo este proyecto gracias al trabajo conjunto de muchas otras áreas ajenas al Design Center. Como se mencionó con anterioridad, los ingenieros de manufactura se encontraron presentes a lo largo del proceso, brindando apoyo e información respecto al proceso de fabricación del sistema, así como las posibles limitantes posibles que llegarían a surgir al momento de realizar este proceso en serie. Por otro lado, también existió una gran injerencia por parte del equipo de mercadotecnia, siendo ellos quienes dictaban en ocasiones la última palabra respecto al aspecto físico del sistema y las condiciones extras que este debe de cumplir, como lo es el sonido generado cuando el perno es extendido. Por último, también existió apoyo por parte del equipo de suministros quienes se encargaron de solicitar las cotizaciones de todos los toolings o nueva maquinaria necesaria para el nuevo diseño. Además de la fundamental participación del equipo de toolroom quienes se encargaron de realizar los brackets de aluminio. En síntesis, el éxito de este proyecto es gracias a un gran trabajo en conjunto y a la gran capacidad de comunicación existente entre todas las áreas de CGI, mostrando así los lemas de la empresa. Cabe destacar que a lo largo de este escrito no se profundiza en ninguna de las actividades de las otras áreas, únicamente del área de sustaining.

Respecto al área del diseño mecánico y todo el desarrollo que se muestra a lo largo de este escrito, los principales responsables fueron Isaac Chávez y un servidor Mauricio Suárez, quienes estuvieron bajo las órdenes de Luis Esteban de la Torre, quien brindó apoyo en cuanto a experiencia y orientación a lo largo del proyecto. A su vez, todos ellos se reportaron a Bob Reizwitch, siendo el encargado de toda el área de sustaining mecánica, brindando apoyo y confianza para presentar el proyecto frente a los directivos de CGI.

Este proyecto comenzó tomando como base un diseño propuesto por un grupo de Interns anteriores, el cual se explicará con mayor detalle a continuación. Sin embargo, después de realizar un análisis y ver la poca viabilidad del mismo se comenzaron a realizar una serie de propuestas y cambios en dicho diseño; los cambios realizados con mayor impacto fueron en el link, bracket y los housings. Esto debido a que mecánicamente el diseño propuesto con anterioridad no cumplía con los requerimientos establecidos con anterioridad. A lo largo de este último capítulo se presenta tanto la base por la cual partió este nuevo diseño, así como los cambios y propuestas generadas en cada uno de los componentes antes mencionados; por último, se muestra el diseño final del

Doorlock® así como un pequeño análisis económico que muestra la viabilidad del proyecto y un par de imágenes del prototipo funcional fabricado.

### Diseño base

Como se mencionó con anterioridad, el diseño base fue creado por un grupo de Interns unos meses atrás. Este nuevo diseño consta un nuevo “C Bracket”, con la gran diferencia que este está hecho mediante un proceso de Die Casting con la finalidad de evitar de esta forma cualquier imperfecto o interferencia relacionada con la alineación de los barrenos o fallos durante el proceso de ensamble, resolviendo de esta manera los inconvenientes tanto de funcionalidad como en el proceso de manufactura. Además de esto, cuenta con un nuevo link, el cual cuenta con la particularidad de tener las wings justo a la mitad del perno, esto con la intención de lograr aún un mayor ahorro y lograr la factibilidad del proyecto ya que también se propuso cambiar por completo los housings por piezas hechas de un polímero llamado NORYL mediante un proceso de inyección. Otra particularidad del nuevo diseño fue la unión entre el Link, el perno y el actuador, incorporando un par de “roll pins” para generar la conexión entre dichos componentes.

Dichos cambios generaron una nueva restricción, crear housings completamente simétricos con la finalidad de utilizar una única pieza para albergar todo el sistema, esto con el fin de reducir los costos de inversión, teniendo así una única cavidad en los moldes de inyección.

En la Figura 3.7 se muestra un CAD del diseño base utilizado, en dicha imagen se pueden apreciar los elementos clave del diseño, mencionados con anterioridad.

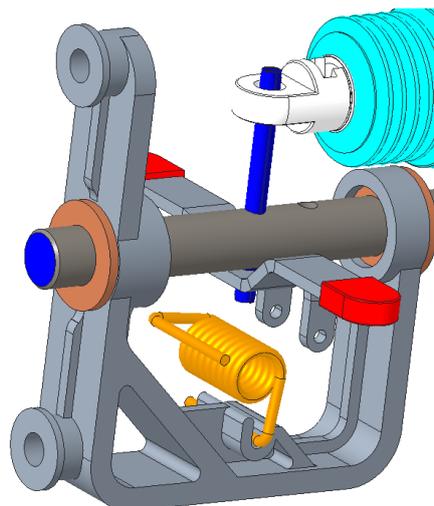


Figura 3.7 Diseño base

Pese a que este diseño resolvió el problema fundamental del Doorlock® y además proponía un gran ahorro con el cambio de modelo en los housings,

contaba con una serie de desventajas que imposibilitaron la utilización de este. Dichas desventajas se enlistan a continuación.

- El material propuesto para manufacturar el bracket no brinda las propiedades mecánicas necesarias para que este soporte las pruebas de rendimiento; además, con ese material no es posible manufacturar el Bracket mediante un proceso de Die Casting.
- El nuevo diámetro del perno no es suficiente para soportar las pruebas de rendimiento y este sufre un esfuerzo mayor al de fluencia.
- Es necesario agregar un par de barrenos en el perno para lograr la unión con el Link y el actuador eléctrico, lo cual implica una mayor cantidad de proceso de manufactura y por ende mayor costo de producción.
- Utilización de 2 Roll pins, lo cual implica una mayor cantidad de piezas y a su vez mayor tiempo necesario en producción, impactando de igual forma en el aspecto económico.

En seguida se presenta una imagen donde se muestra el Housing diseñado por los Interns anteriores y se enumeran los componentes más importantes de dicho diseño; posteriormente, se brinda una pequeña explicación de cada uno de estos, así como sus virtudes y desventajas.

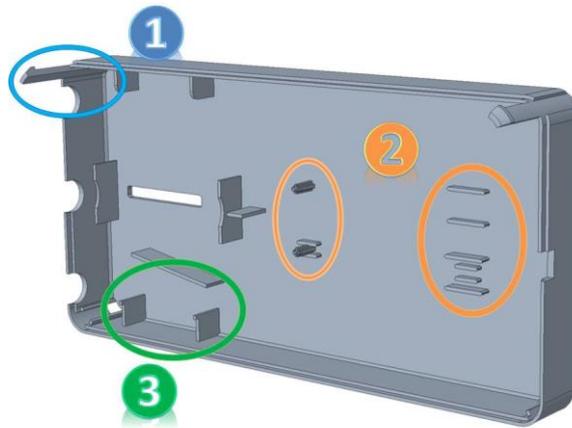


Figura 3.8 Housing propuesto por Interns anteriores

**1.-SNAPS.** Así llamados, son unas extrusiones en las esquinas del Housing encargadas de generar la unión y completa sujeción del sistema completo. Entre las principales ventajas de estas es que la fuerza necesaria para unir los dos housings es mínima y al mismo tiempo máxima seguridad en el cerrado de las mismas. Por otro lado, cuenta con la principal desventaja de ser muy frágiles, lo cual generaría una gran cantidad de piezas mandadas al SCRAP producto de la ruptura de estas, además el ensamblaje de las mismas debe realizarse con un mayor cuidado y tiempo.

**2.-Pines y Ribs de sujeción.** Piezas diseñadas con la finalidad de unir y retener el actuador eléctrico con el Housin y el resto del sistema, el

funcionamiento de retención es producto una muy pequeña interferencia entre estos elementos y el actuador, con la finalidad de sujetarse gracias a la fricción generada. Pese a ser una gran idea ya que con ella se eliminarían 4 tornillos, este sistema presenta varias desventajas, entre las que se encuentra la fragilidad y muy posible ruptura de los pines durante el proceso de ensamble debido a que durante el proceso de ensamble del actuador eléctrico suele existir una gran manipulación y movimiento del mismo por parte del operador requiriendo de esta manera un mayor soporte en estos componentes, así como la falta de sujeción y seguridad en el ensamble en la parte posterior del Housing con la utilización de pequeñas ribs.

**3.-Ribs de contención.** Creadas con la finalidad de darle un mayor soporte al Bracket, además de mantener el resorte en su lugar, ya que con el bracket propuesto, este puede desplazarse de forma lateral y con ello llegar a desensamblarse. Aunque estas incorporaciones resultan ser demasiado útiles en el diseño del Housing, por la geometría tan sencilla y las dimensiones de la misma, no resultan totalmente útiles para darle la suficiente sujeción al bracket,

Producto de todas estas desventajas se comenzó un nuevo proceso de diseño, a continuación se muestra la primera propuesta generada, así como las nuevas propuestas del Bracket y el Housing.

### **Primer Propuesta**

Con la antigua propuesta de diseño surgieron nuevas áreas de oportunidad, razón por la que se decidió en comenzar por rediseñar el Link. Esto fundamentalmente a que en ese diseño existían las desventajas mencionadas con anterioridad. Sin embargo, gracias a esta propuesta se generaron los siguientes nuevos requerimientos:

- 1) Las alas del Link, deberían encontrarse justo a la mitad del perno para permitir de esta manera la simetría de los Housings.
- 2) Eliminar los Roll Pins y modificar el tipo de unión del Link con el perno.
- 3) Cambiar el método de unión entre el Link y el actuador eléctrico. De ser posible, eliminar el tornillo que se utiliza actualmente.
- 4) Las dimensiones del nuevo Link deben ser tales que no haga falta ninguna modificación en los Housings, producto de alguna interferencia.
- 5) Generar un sonido de impacto cuando se extendiera el perno del mecanismo.

Para lograr mantener dichos requerimientos se comenzó un proceso altamente iterativo, donde se dibujaron alrededor de once Links diferentes, pero se les fue descartando uno por uno debido a los defectos que en estos se encontraba. Cada uno de ellos contaba con pequeños cambios en cuanto al método de unión con el perno, la colocación de las wings y el método de unión con el actuador eléctrico.

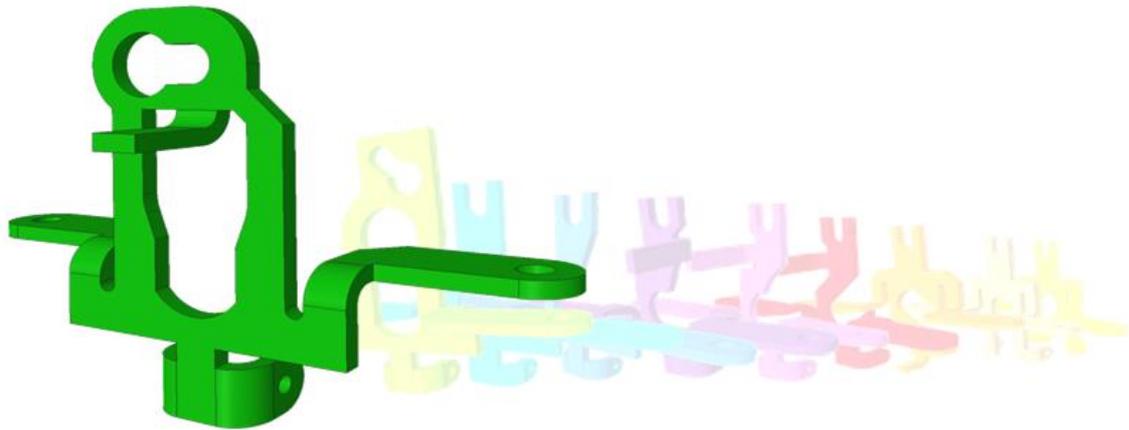


Figura 3.9 Links propuestos

Llegando así a la opción más viable, la cual cumplía con cada uno de los parámetros. Esta propuesta es mostrada a continuación y se brinda una pequeña explicación de los componentes de la misma. Cabe destacar que la manufactura de cada una de las propuestas es mediante el mismo método y material que se utiliza para el Link actual; esto es, hecho a base de lámina de acero galvanizado calibre 18 (espesor de 0.0787") cortada mediante un proceso de troquelado y posteriormente se generan una serie de dobleces hasta obtener la pieza final.

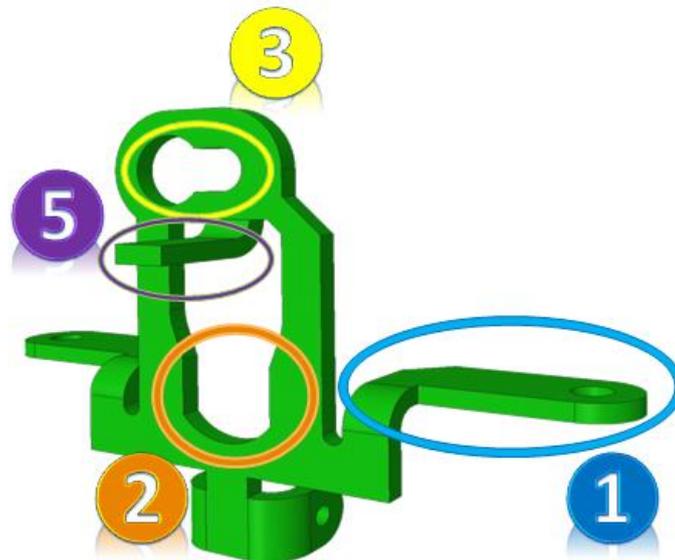
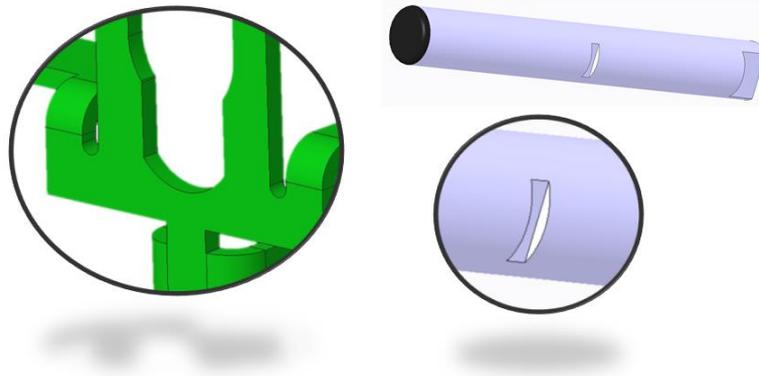


Figura 2.10 Link final

1.- Las wings son generadas mediante un solo doblez, quedando así justamente a la mitad donde será ensamblado posteriormente el perno. Permitiendo de esta manera la creación de Housings simétricos.

2.-El nuevo perno diseñado cuenta con un par de ranuras rectas en los laterales, para ser ensamblado así con el nuevo Link, cambiado de esta

manera método de unión entre estos sistemas. Además, el perno cuenta con otro pequeño corte en la parte posterior con la finalidad de guiar al mismo durante el proceso de ensamble. En la siguiente imagen se muestran con más detalles dichas particularidades de esta propuesta.



**Figura 3.11 Método de ensamble link-perno**

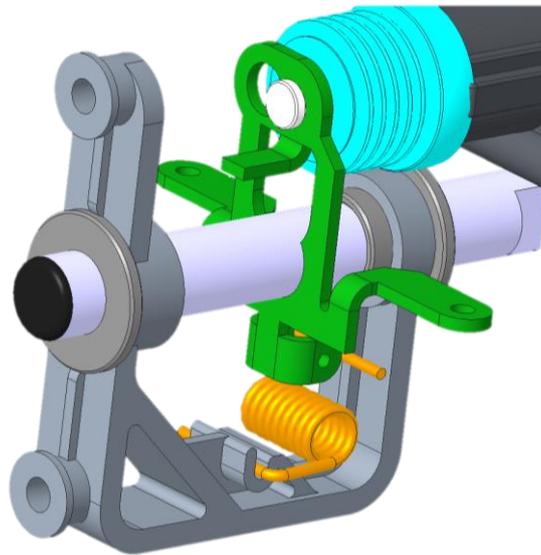
El ensamble de estos dos componentes se llevaría a cabo mediante una prensa hidráulica, supliendo en este caso el proceso actual de ponchado en el Link. El diseño de estas piezas es considerando una muy pequeña interferencia entre los componentes para generar la unión entre estas mediante fricción y una pequeña deformación controlada del Link. La principal finalidad de modificar el método de unión es que se habían llegado a presentar fallas durante el actual proceso de ponchado, generando de esta manera un par de productos disfuncionales; sin embargo, el inconveniente fue particular y no se conoció en realidad el motivo de dicho problema. Por esta razón se buscó una alternativa a dicho método de unión.

3.-En la parte superior del Link, se agregó un pequeño orificio por el cual es posible ensamblar el actuador eléctrico de una manera fácil, rápida y principalmente sin la utilización de un tornillo. Para hacer esto posible, únicamente se le pidió al proveedor de los actuadores eléctricos enviar sus productos sin la pieza de adaptación para el tornillo. Más adelante se muestra el resultado de dicho ensamble.

4.-Aunque en la imagen no es visible, el nuevo Link cuenta con la restricción de espacio y tiene las dimensiones y geometría exacta para evitar cualquier interferencia u obstrucción durante el funcionamiento del mecanismo.

5.-El aspecto más importante y la más grande aportación de esta propuesta es esa pequeña extrusión en la parte frontal del Link, la cual tiene la finalidad de generar el impacto al momento de extender el perno. Este punto es verdaderamente importante en el diseño ya que tal sonido brinda una sensación de seguridad en el cliente.

Posterior al diseño del nuevo Link, se realizó un ensamble de manera virtual mediante los dibujos en CAD, demostrando de esta manera que no existe interferencia alguna con ningún componente durante el funcionamiento del sistema. En la Figura 3.12 se muestra el ensamble del nuevo Link, el primer Bracket propuesto por los Interns anteriores y el actuador eléctrico.



**Figura 3.12 Ensamble nuevo Link**

Pese a que el diseño propuesto es perfectamente funcional en un aspecto puramente práctico y de diseño, fue gracias a un par de reuniones con los ingenieros de manufactura y a unos FEA. A continuación se explican los principales defectos encontrados.

El primer impedimento de esta propuesta comenzó con el método de manufactura propuesto, ya que al igual que en los Links actuales todo comienza con un proceso de troquelado en una lámina de acero inoxidable, la cual sería sometida posteriormente a una serie de dobleces hasta alcanzar la geometría esperada. El principal impedimento con este proceso es que debido a los instrumentos y la forma en la que se lleva a cabo el proceso de corte de la lámina, no es posible cortar perfectamente esta y siempre existirá una pequeña tolerancia a considerar en el diseño. Dicho aspecto tomó una gran importancia en el diseño cuando se comenzó a analizar el método de ensamble. En la Figura 3.13, se muestra el corte necesario en la lámina de metal para la manufactura del Link, así como la dimensión "A", la cual es fundamental para el proceso de ensamble propuesto. Además se muestra el resultado de un FEA (Figura 3.14), demostrando la viabilidad mecánica del proceso de ensamble.

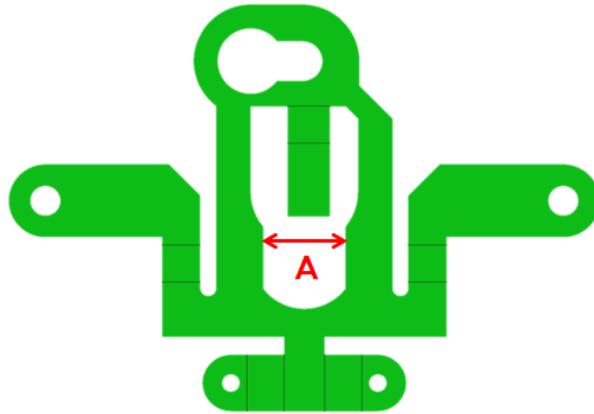


Figura 3.13 Link desdoblado

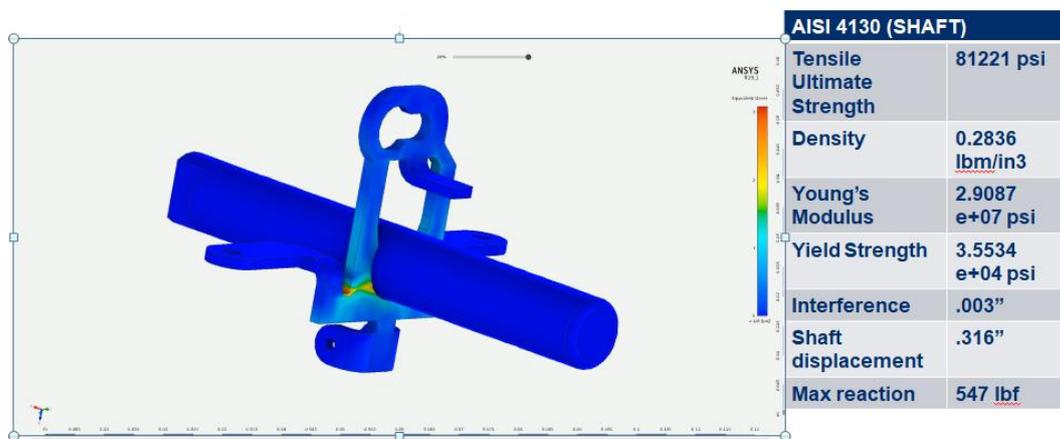


Figura 3.14 FEA del proceso de ensamble

Dicha medida, al igual que los cortes necesarios en el perno antes mostrados, son fundamentales para llevar a cabo el proceso de ensamble entre estos dos componentes ya que la unión entre ellos sería únicamente por fricción y producto de una deformación elástica en el Link. Sin embargo, después de realizar un análisis de tolerancias, considerando las variaciones posibles tanto en el perno como en el Link se concluyó que dicho margen debe ser de alrededor 3 milésimas de pulgada en cada uno de los componentes. A pesar de que dicha precisión es posible, indirectamente el costo de producción en las piezas aumentaría de forma substancial.

Por último se realizó un FEA, para analizar el comportamiento mecánico del Link en las condiciones mencionadas en el segundo capítulo de esta tesina. Es decir, se simuló una carga de 10 Libras sobre las, aplicada únicamente en el barreno que estas tienen para sujetarse con las manijas, teniendo como resultado que el esfuerzo máximo obtenido es mayor al de fluencia de la lámina de acero, lo que representa una deformación elástica y podría generar una serie de inconvenientes durante el funcionamiento del Doorlock®.

Por estas dos principales razones se consideró como inviable la opción de re-diseñar el Link ya que esto representaría un costo un poco mayor en comparación con el que se encuentra actualmente, además de que este nuevo Link no cumpliría con los requerimientos mecánicos necesarios que se establecieron previamente. Por este motivo, se optó por utilizar el perno y el Link utilizados actualmente, ya que estos cumplen completamente con los requerimientos mecánicos así como con el proceso de manufactura, basando así todo el re-diseño en estos dos componentes fundamentales. Es decir, se re-diseñaron los Housings y el Bracket considerando las dimensiones y geometría del Link actual.

En seguida, se presenta una descripción del diseño, características y particulares de los Housings y el nuevo Bracket.

### Housings

A pesar de tomar la decisión de continuar utilizando el Link actual y basar todo el nuevo diseño en él, aún se encontraba la gran interrogante de la rentabilidad del proyecto, razón por la cual el primer elemento a resolver fue continuar con la simetría de los Housings para utilizar de esta manera un solo molde de inyección y reducir al mismo tiempo los costos de inversión en el proyecto. Por esta razón, se diseñaron los Housings completamente simétricos, pero para permitir la utilización del actual Link (el cual no cuenta con las wings justo en el centro del perno evitando así la simetría del sistema), se optó por diseñar dichos Housings completamente simétricos, pero para poder traer estos a la realidad se hará uso de un inserto en el molde con la finalidad de modificar únicamente la posición del agujero que permite el movimiento de las wings. En la Figura 3.15 se muestra dicha propuesta.

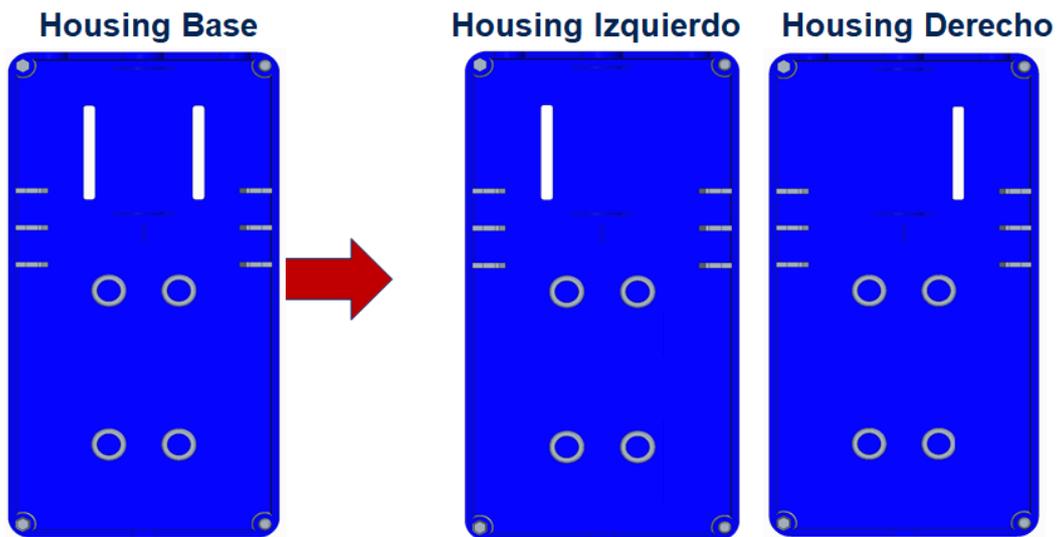


Figura 3.15 Propuesta Housings simétricos

Como se muestra en la imagen anterior los Housings son exactamente iguales, pero cuentan únicamente con la ranura colocada en una diferente posición. Además de minimizar con esta propuesta la inversión inicial en el proyecto, también implica un mayor ahorro a largo plazo ya que de existir cualquier inconveniente o defecto presente en alguna de las cavidades del molde es posible manufacturar cualquiera de las dos piezas únicamente realizando un cambio en la posición del inserto antes mencionado.

Por otro lado, se realizaron cambios en los tres componentes más importantes del Housing, los cuales fueron mencionados con anterioridad. Comenzando con el método de ensamble entre los Housings.

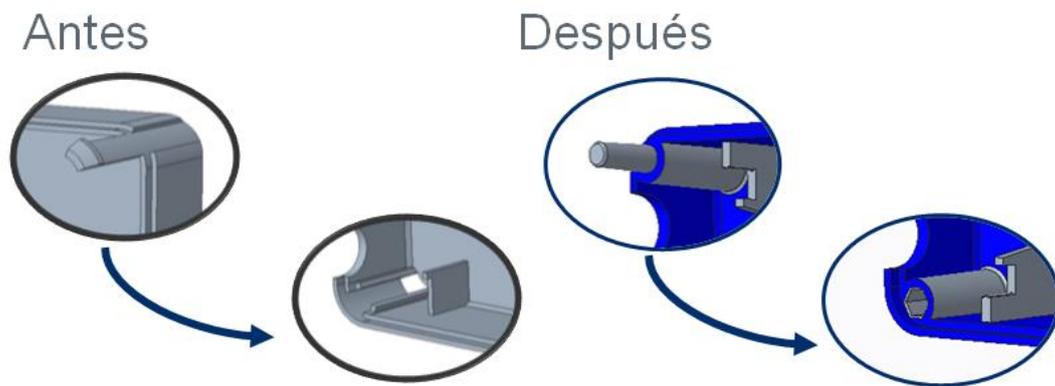


Figura 3.16 Unión entre Housings

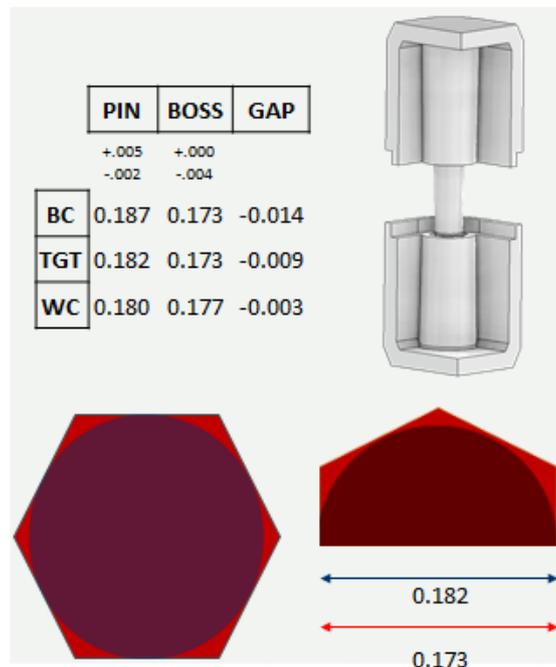
Cambiando la utilización de SNAPS como método de sujeción entre los Housings a lo utilización de PINES y sus respectivos BOSSES. Esto debido a los inconvenientes presentados con anterioridad respecto al proceso de ensamble y a los posibles daños recibidos durante el proceso de traslado de las piezas.

Para poder llevar esto a cabo se realizó un análisis de tolerancias con la finalidad de conocer la interferencia necesaria entre los Pines y los Bosses que haga posible el proceso de ensamble entre estos componentes, ya que existen dos restricciones fundamentales en la unión de estos componentes:

- El ensamblaje debe de llevarse a cabo sin la ruptura del Pin o del Boss, sin importar la fuerza que sea necesaria aplicar para llevar a cabo dicha unión. De ser necesario, se hará uso de una prensa hidráulica para completar dicho proceso de ensamble.
- Se debe lograr un cerrado permanente entre los dos componentes tal que sea prácticamente imposible la separación de estos sin generarse daños en la estructura de los Housings o del Doorlock®.

La primer restricción es debido a que por lo general en procesos de unión entre componentes mediante este sistema se utiliza una prensa hidráulica para completar el proceso de ensamble; todo esto después de que el operador

realice un pre-ensamble de estos dos componente. Por otro lado, la segunda restricción está en función de proteger a la compañía en cuanto a posibles devoluciones, ya que para aceptar la devolución de algún componente, este debe estar completamente cerrado y no presentar indicios de alguna posible “modificación” o “alteración por parte del usuario; es decir, que al generar un cerrado permanente en el sistema se lograría visualizar cualquier intento de apertura o modificación del mismo. De esta manera, se utilizan los Pines como método de seguridad ya que de lograr abrir el sistema estos se romperán y quedarán atascados dentro de los Bosses, logrando así identificar dicha falta en las pólizas de garantía por parte del usuario.



**Figura 3.17 Análisis de tolerancias en método de unión**

En la imagen anterior se muestra el análisis de tolerancias realizado para el diseño de los Pines y los Bosses; para llevar a cabo esto, se consultó a los proveedores de los moldes de inyección, quien aseguraron brindar una tolerancia de +.000” -.004” en los Bosses y de +.005” -.002” en los Pines, con lo cual se obtuvo que la mayor interferencia posible entre los componentes es de .014” y la menor de .003”. Asegurando de esta manera que en cualquiera de los casos la unión entre estos componentes será segura ya que existirá una pequeña deformación elástica entre los componentes y junto con la fricción serán la responsables de mantener unidos los dos componentes de forma permanente. Cabe destacar que actualmente se encuentran trabajando en ello ya que faltan aún varias etapas más para validar esto, hasta el momento se estaba analizando la posibilidad de reducir mucho más el margen de las tolerancias; así como la fabricación de moldes prototipo, con la finalidad de realizar pruebas de ensamble en los Housings, ya que es posible que de existir una tolerancia lo suficientemente grande, los Bosses lleguen a sufrir una

ruptura debido a la gran cantidad de fuerza necesaria para llevar a cabo el proceso de ensamble. Por el contrario, si la interferencia presente es muy pequeña, a pesar de que es posible generar el ensamble sin inconvenientes, sería posible separar los dos Housings sin la necesidad de dañarlos, no cumpliendo de esta manera con uno de los dos principales requerimientos de ensamble de estos componentes.

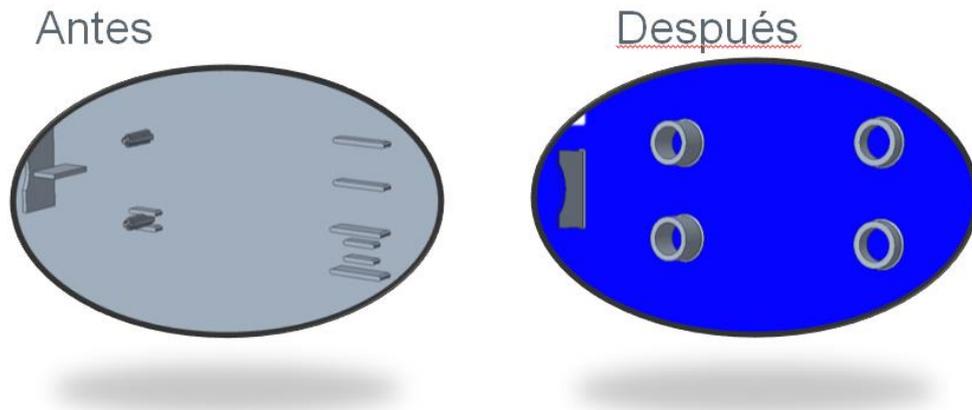
El siguiente componente clave a diseñar fue el método de unión entre el actuador eléctrico y los Housings. A diferencia de los componentes anteriores, no es necesario tener un ensamble permanente entre estos, únicamente se busca mantener el actuador eléctrico en su lugar, por lo cual los únicos requerimientos son:

- Ensamble sencillo y rápido, sin sacrificar la correcta sujeción del actuador.
- Reducir la posibilidad de ruptura del método de sujeción durante el proceso de ensamble.

Como se mencionó con anterioridad, el principal inconveniente del método de unión antes propuesto es la alta probabilidad de fractura en los Pines debido al proceso de producción, además de que estos no brindan una completa seguridad ya que es muy factible que durante su uso o en la pruebas de impacto estos lleguen a quebrarse, perdiendo de esta manera la sujeción del actuador y con esto generar problemas durante el funcionamiento del mecanismo. Por esta misma razón es necesario realizar el proceso de ensamble de una manera más cuidadosa lo cual representa un mayor tiempo de producción y a su vez un mayor costo; todo esto sin olvidar que la probabilidad de mandar piezas al SCRAP producto de la ruptura de los Pines es mayor.

Para dar solución a esto se cambió por completo el método de sujeción, utilizando ahora Bosses. Esto con la finalidad de darle mayor soporte al método de sujeción y a su vez disminuir la posibilidad de falla o ruptura de estos durante el proceso de ensamble; por otro lado, debido a su geometría este nuevo tipo de sujeción permite realizar el proceso de ensamble de forma más rápida y sin la necesidad de prestar mucha atención o cuidado. Cabe destacar que para el diseño de dichos Bosses de sujeción del actuador eléctrico no se realizó ni realizará un análisis de tolerancias tan exhaustivo como en el caso anterior, esto debido a que en este caso no es necesario una sujeción permanente y en este caso si es posible contar hasta con holgura en el ensamble.

En la Figura 3.18 se muestra el cambio generado en dicho método de sujeción.

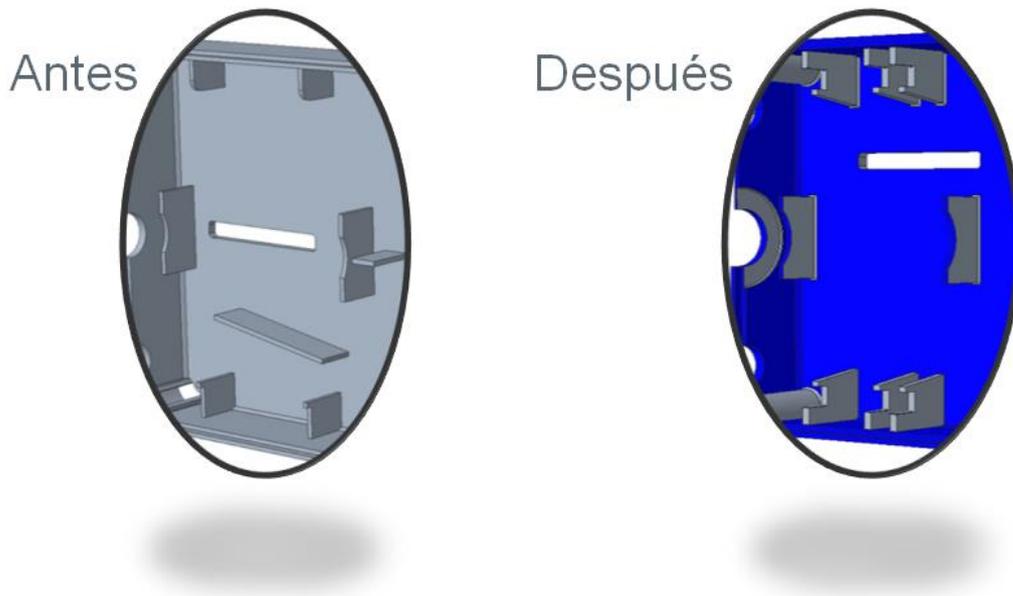


**Figura 3.18 Sujeción del actuador eléctrico**

Los últimos factores considerados durante el diseño de estos componentes fueron la altura de dichos Bosses tal como se muestra en la imagen anterior, esto debido a que las partes del actuador eléctrico que serán insertadas en ellos no tienen la misma longitud, pero sí el mismo diámetro. Cabe destacar que se realizaron cuatro Bosses con la finalidad de conservar la base del diseño, la simetría. Además de esto, gracias a la implementación de este sistema de sujeción ya no serán necesarios cuatro tornillos en el Doorlock®, lo cual representa un ahorro en la cantidad de componentes y una disminución pequeña durante el proceso de ensamble.

El último cambio considerable realizado en los Housings es en las Ribs de contención. Estas, como se mencionó con anterioridad, son necesarias para brindarle un mayor soporte al Bracket dentro del Housing y al mismo mantenerlo en su lugar, evitando de esta manera fallas o la ruptura del Housing producto del movimiento interno relativo del Bracket respecto del Housing. Es necesario aclarar que el diseño del Bracket como de los Housings fueron llevados a cabo de forma simultánea, razón por la cual la posición de estos así como la cantidad de Ribs fueron establecidas mediante la geometría del Bracket. Es por esta misma razón que se decidió eliminar la Rib que se encontraba debajo del agujero que permite el libre desplazamiento del Link, ya que con el nuevo diseño del Bracket, esta no es necesaria debido a que por la geometría del mismo ya no es necesario un componente extra que contenga el resorte en su lugar.

En la Figura 3.19 se muestra la disposición de dichas Ribs de contención, así como la eliminación de la Rib de contención del resorte.



**Figura 3.19 Sujeción del Bracket**

Los parámetros considerados para el diseño de estas fueron:

- El espesor de las Ribs debe ser máximo 0.8 veces el espesor de las paredes del Housing.
- La separación de las Ribs debe ser al menos dos veces el espesor de las paredes del Housing.
- Brindar mayor soporte y sujeción al Bracket.
- Contar con la simetría antes estipulada de los componentes y que esto no presente alguna interferencia en el correcto funcionamiento del mecanismo.

Para lograr cumplir con todos estos parámetros se colocaron en total tres Ribs distribuidas como se muestra con anterioridad, las cuales dan completo soporte al Bracket. Cabe resaltar que dichas Ribs cuentan con una pequeña muesca, la cual sirve para restringir la totalidad del movimiento relativo del Bracket dentro del Housing, además de que esto permite llevar a cabo el ensamble de todos los componentes de una forma más rápida ya que el Bracket no se desplazará dentro del Housing durante el proceso de ensamble.

Es necesario hacer notar que en el nuevo diseño permanecieron algunos componentes fundamentales, como lo es el caso de dos Ribs más encontradas justo en el centro del Housing, las cuales son encargadas de brindar también soporte al Bracket y al sistema en general. Además cuenta de igual forma con tres medios círculos en la parte frontal para permitir así el libre paso del perno, al igual que la colocación del Bracket donde pasarán los tornillos de unión con el riel. Por último, cuenta con un pequeño orificio cuadrado en la parte posterior para permitir el libre paso del cable alimentador del actuador eléctrico; sin embargo, la posición de este actualmente no se encuentra bien definida ya que

según se decida en el área de mercadotecnia, será necesario contar con dicho orificio en la parte superior del Housing para que de esta manera sea igual al Doorlock® que se encuentra actualmente en producción.

## **Bracket**

Al igual que durante el diseño de los Housings, la principal consideración y restricción es la utilización del Link y perno actual. Todo esto por varios factores que serán comentados y explicados a continuación. De la misma manera se utilizó la idea base propuesta por los Interns anteriores y se le generaron una serie de modificaciones para permitir tanto la viabilidad de la propuesta como la funcionalidad de la misma.

El primero de estos fue respecto al material del cual estaría hecho el Bracket, ya que en la propuesta generada anteriormente el Bracket se analizaba mediante un FEA considerando que el material es Aluminio extruido; evidentemente, esto no es posible ya que por el proceso de manufactura propuesto (Die Casting) esto no puede ser así. Por esta razón se generó una investigación respecto a que materiales pueden utilizarse para manufacturar mediante este proceso, los cuales se analizaron buscando la mejor opción para los requerimientos del proyecto. Para realizar una búsqueda más selectiva, se realizó una reunión con los proveedores de CGI de piezas manufacturadas mediante este proceso, quienes informaron acerca de cuáles eran los materiales con los que contaban para trabajar mediante este proceso, así como su experiencia y un par de comentarios respecto a dichos materiales. Posterior a ello se analizaron las últimas opciones de materiales y se tomó la decisión de utilizar Zinc A8. Esta aleación de Aluminio y Zinc contiene significativamente más Aluminio que cualquiera de su grupo (aproximadamente 8.4%), siendo al mismo tiempo la única aleación del tipo ZA que puede ser fundida a presión en cámara caliente, siendo ésta una consideración muy importante a la hora de seleccionar este material. Entre sus principales características se encuentran:

- Tiene excelentes características de recubrimiento y acabado, además de que fue desarrollado originalmente como una aleación de molde permanente (Die Casting).
- A pesar de que no tiene tan buenas características de fundición como las otras aleaciones de Zinc, ofrece significativamente mayor resistencia, dureza y propiedades de fluencia.
- En términos de rendimiento mecánico, El Zinc A8 tiene la resistencia de fluencia más alta que cualquier aleación de zinc y una resistencia mayor que cualquier aleación de Zinc inyectado a presión en cámara caliente.

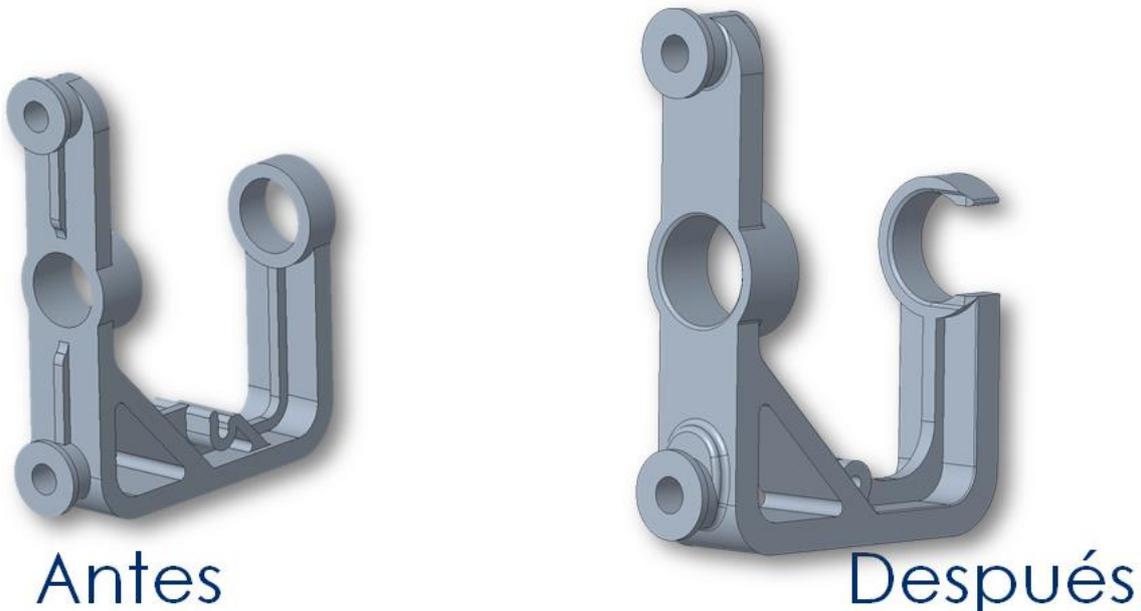
Además de esto, se analizaron las propiedades mecánicas de dicho material, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Aleación	Resistencia a la tensión	Límite de elasticidad (0.2%)	Resistencia al impacto	Resistencia a la Cizalladura	Dureza	Elongación	Proceso
	MPa	MPa	J	MPa	Brinell (HB)	% en 50mm	
<a href="#">ZA 8</a>	374	290	42	275	103	10	<a href="#">Fundición a presión en cámara caliente</a>

**Tabla 3.2 Propiedades del Zinc A8**

Una vez seleccionado el material, se procedió a realizar cambios en la geometría del Bracket; sin embargo, antes de realizar dichos cambios se plantearon las siguientes restricciones:

- El diseño debe tener la menor cantidad de material posible, pero debe ser capaz de soportar una carga de 500[lb].
- La colocación del barreno que sostenga al resorte debe ser tal que la fuerza mínima necesaria para extender el perno sea de 2[lb], pero que al mismo tiempo el actuador sea capaz de realizar el movimiento.
- Debe permitir el libre y sencillo ensamble del Link y perno actual, esto considerando principalmente que el ensamble entre esos dos componentes se elabora previo al ensamble con el Bracket. Por otro lado, es necesario considerar también el ensamble de los bujes.
- El diseño debe ser prácticamente simétrico para poder ser manufacturado mediante el proceso de inyección y debe contar con máximo un Slider en el molde de inyección.

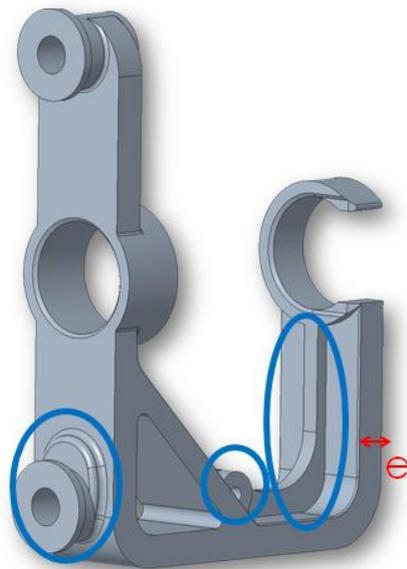


**Figura 3.20 Nuevo Bracket**

Aunque a primera vista ambos diseños parecen ser iguales, el nuevo cuenta con una serie de importantes cambios, los cuales fueron realizados para

cumplir con los requerimientos mencionados con anterioridad; dichos cambios se muestran y se explican a continuación.

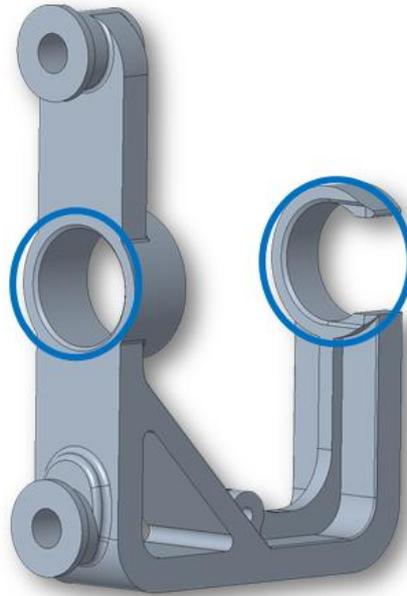
El primero de estos cambios corresponde a una serie de adaptaciones geométricas con la finalidad de soportar las condiciones mecánicas. El primero de estos cambios corresponde a un considerable aumento en el espesor del “e” del Bracket. Además de esto, se removieron las pequeñas costillas de la parte frontal y se agregó una pequeña geometría en la parte inferior con la finalidad de distribuir el esfuerzo de una mejor manera. Por otro lado aumentó el espesor y la geometría de la costilla interior, además de prolongarla hasta la base de donde será ensamblado el buje. Por último, se modificó la geometría del buje que contendrá el resorte; para lo colocación del mismo se realizaron dos consideraciones geométricas para cumplir así con las normas de funcionamiento mencionadas con anterioridad; para esto, se colocó dicho barreno considerando el diseño utilizado actualmente, en el cual el resorte se encuentra sin compresión o esfuerzo alguno cuando el perno se encuentra contraído. A continuación se muestran resaltados dichos cambios.



**Figura 3.21 Cambios geométricos en Bracket**

Una vez con los cambios geométricos generados fue necesario resolver la problemática del ensamble del Link con el perno y posteriormente realizar la unión de los bujes mediante una prensa hidráulica. Para hacer posible dicho ensamble es necesaria la utilización de una prensa hidráulica con un previo pre-ensamble hecho de forma manual por el operador. Por esta misma razón es que se agregó un corte en la parte posterior del Bracket, así como un par de chaflandes en donde serán colocados los bujes con la finalidad de facilitar el proceso de ensamble tanto para el operador como para la prensa hidráulica. Además de esto se consideró que el diseño era posible de ser manufacturado mediante el proceso de Die Casting, razón por la cual se decidió que ambos

bujes fueran colocados en la misma dirección. En la Figura 3.22 se muestran los cambios antes mencionados.



**Figura 3.22 Cortes en el Bracket**

Cabe destacar, que una razón más para definir la dirección en que serían colocados los bujes es para evitar que este llegue a salirse del Bracket con el paso del tiempo, producto de los impactos generados por el Link durante el funcionamiento de este. Además de ello, dicha dirección facilitará el movimiento y la complejidad en la fabricación de la prensa hidráulica.

Para lograr obtener y validar dichos cambios tanto en la geometría como en el material, se realizó un proceso sumamente iterativo en el cual se generaba un FEA y se modificaba la geometría del Bracket. Para llevar a cabo dicho método de análisis se hizo uso de la herramienta ANSYS 19.0, con la cual se buscó encontrar el máximo esfuerzo generado en el Bracket producto de simular la aplicación de una carga de 500 [lb] con la finalidad de que dicho esfuerzo fuera menor que el esfuerzo de fluencia de la aleación de Zinc A8; además se analizó que producto de las deformaciones elásticas generadas en el mecanismo, estas no presentaran o generaran algún imperfecto en el aspecto o funcionamiento del Doorlock®. A continuación se muestran los resultados de dicho FEA.

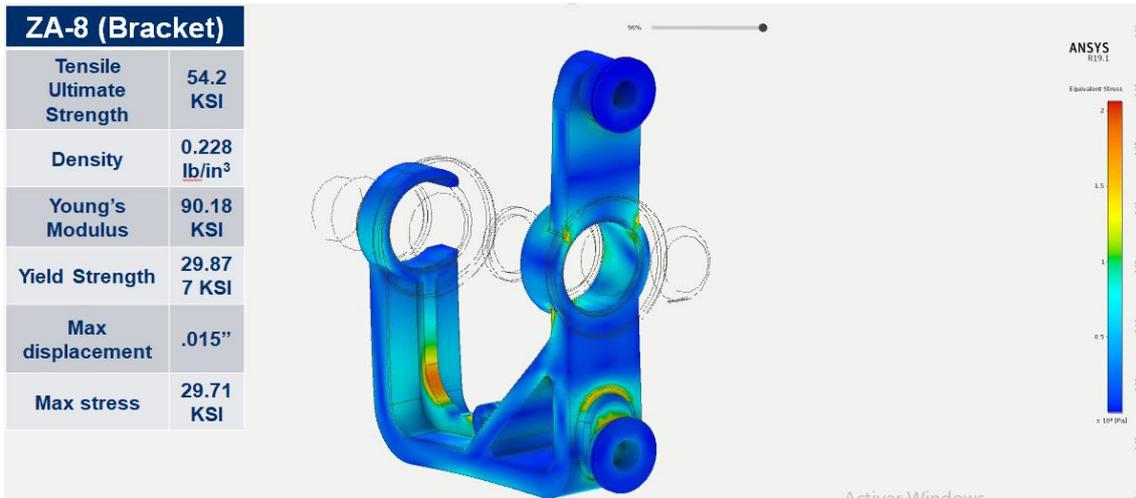
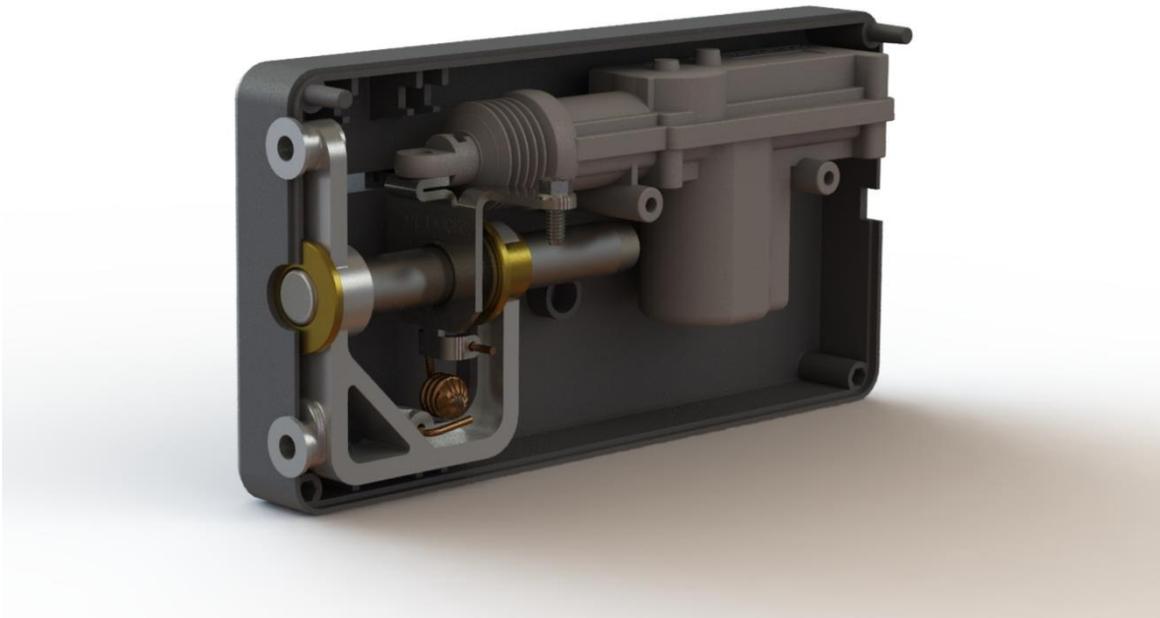


Figura 3.23 FEA del Doorlock® en prueba de rendimiento

Como se puede apreciar, el esfuerzo máximo obtenido es ligeramente menor que el esfuerzo de fluencia del material, lo cual garantiza que no se alcanzará una deformación plástica y el Doorlock® logrará seguir funcionando de forma normal después de dicha prueba. Cabe aclarar que para este diseño no fue considerado un factor de seguridad en cuanto a la carga soportada, debido a que después de realizar una pequeña investigación con el departamento de pruebas, se descubrió que la prueba de las 500[lb] es realizada con todo el equipo de garaje montado; es decir, que dicha carga no se aplica directamente al Doorlock® sino que esta es aplicada directamente en la puerta de garaje. Sin embargo, durante todas las pruebas realizadas de este tipo, la puerta de garaje falla y se rompe cuando la carga llega a las 300 [lb], finalizándose en ese instante la prueba. Esto quiere decir, que la máxima carga a la cual será sometido el Doorlock® es de alrededor de 300[lb], por lo cual se puede validar su funcionamiento mecánico. Además de esto, se analizó el máximo desplazamiento del Bracket y se confirmó que este no representa ningún inconveniente para el Doorlock®.

Con la unión de todos estos cambios y diseños generados, se realizó la creación de un nuevo Doorlock®, el cual continúa generando el sonido de cerrado cuando el perno se extiende, utiliza una menor cantidad de partes, reduce el tiempo de ensamble y no presenta problemas durante el mismo. A continuación se presenta el CAD de dicha propuesta de diseño.



**Figura 3.24 Propuesta de diseño**

Por último se realizó un análisis económico para ver la viabilidad del proyecto, lo cual está definido principalmente por el tiempo de recuperación de la inversión necesaria para el proyecto y la cantidad de ahorros que este se generarán con este.

Para realizar dicho análisis financiero se tomó en consideración el pronóstico de la de demanda del Doorlock® para el 2020, el cual se estima será de 220,000 unidades para ese año. Para comenzar dicho análisis se calcularon primero los ahorros generados con el nuevo diseño, dichos ahorros se encuentran distribuidos en tres segmentos, los cuales son mostrados en las siguientes tablas. Cabe mencionar que todos los valores aquí mostrados se encuentran en Dólares americanos.

### Ahorro en materiales

Actual	\$9.28	<b>\$2M</b>
Rediseño	\$8.66	<b>\$1.9M</b>
Ahorro p/pieza	\$0.62	<b>\$136K</b>

**Tabla 3.3 Ahorro en materiales**

El primer ahorro es obtenido producto de la diferencia en el costo de los materiales y componentes a usar en el Doorlock®, esto es gracias a que el nuevo diseño elimina siete tornillos, 2 PEM nuts y los tres Housings de metal;

añadiendo únicamente el nuevo Bracket y los Housings de plástico. Es por esta razón que se obtiene un ahorro de \$0.62 lo que equivale a \$136,000 por año.

### Ahorro en producción

Ahorros	\$0.10	<b>\$22K</b>
---------	--------	--------------

### Ahorro en inspección

Ahorros	\$0.03	<b>\$6.4K</b>
---------	--------	---------------

Tabla 3.4 Ahorro en proceso de producción

Por último, se genera un ahorro de \$22,000 anuales durante el proceso de producción debido a la solución de los problemas en dicho proceso, además de que con las nuevas adaptaciones generadas en el Housing para lograr un ensamble más eficaz reduce el tiempo de producción y este a su vez el costo de la misma. Por otro lado, como se mencionó con anterioridad, el Doorlock® actual cuenta con operador extra en la línea, quien realiza un proceso de inspección para validar la funcionalidad del sistema; sin embargo, con este diseño ya no será necesario dicho proceso extra durante el proceso de ensamble, representando un ahorro anual de \$6,400. Teniendo de esta manera un total de alrededor de \$165,000 anuales.

Por otro lado, la inversión necesaria no es muy grande debido a que solo es necesario comprar los moldes para fabricar los Housings y los Brackets, dichos costos de inversión se muestran en la siguiente tabla.

Housings	\$100 K
Bracket	\$31.9 K
<b>Total</b>	<b>\$131.9 K</b>

Tabla 3.5 Inversión necesaria

Tomando en cuenta los ahorros posibles con el diseño y la inversión necesaria, se concluye que el tiempo de recuperación de la inversión es de poco más de 10 meses, lo cual muestra la gran viabilidad económica y funcional del nuevo diseño.

En la parte de Anexos, al final de este escrito, se muestran las cotizaciones realizadas, así como pequeño desglose de los elementos eliminados con el nuevo diseño, así como el ahorro generado en materiales.

### **Prototipado y pruebas de funcionamiento**

Para finalizar este proceso de diseño y presentar el mismo frente a los directivos de CGI, se fabricó un pequeño prototipo completamente funcional con los elementos mencionados con anterioridad. Los Housings fueron manufacturados mediante impresión 3D y el Bracket fue manufactura en Aluminio mediante la utilización de una cortadora en CNC; cabe destacar, que para el ensamble de los bujes con el Bracket no fue necesaria la utilización de una prensa hidráulica debido a que para ese prototipo los barrenos del Bracket fueron maquinados sin la interferencia de diseño para lograr así el fácil ensamble de estos. En seguida se muestra dicho prototipo finalizado.



**Figura 3.25 Prototipo funcional**

A pesar de que el prototipo es completamente funcional, no es posible realizar pruebas mecánicas o de impacto con este debido a que tanto los Housings como el Bracket no están manufacturados realmente con el material de diseño propuesto. Las pruebas reales serán llevadas a cabo en un futuro por los ingenieros del equipo de Design Center ya con prototipos creados con materiales fiables.

## Conclusiones

En conclusión, se puede decir que se han cumplido cada uno de los objetivos planteados al principio de este escrito.

Teniendo como resultado del trabajo realizado a lo largo de cinco meses en este proyecto por parte de un gran equipo dentro de CGI, se logró el rediseño del sistema de seguridad para puertas de garaje “Doorlock®”. La nueva propuesta de diseño logró resolver todos los problemas encontrados con anterioridad dentro de la línea de producción; así como los posibles problemas de funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil. Esto se logró gracias a la utilización de un nuevo Bracket manufacturado mediante un proceso de fundición, lo cual evita la generación de interferencias del perno con los Housings durante el funcionamiento del mecanismo o durante el proceso de ensamble. Esta solución es producto a que dicha interferencia ya no será generada debido a una acumulación de tolerancias ocasionada por el proceso de manufactura.

Se logró reducir al máximo la inversión necesaria en cuanto a la cantidad de toolings nuevos; ya que con el nuevo diseño, pese a no ser completamente simétrico debido a la necesaria adaptación del Link actual, se crearon Housings prácticamente simétricos, lo cual permite manufacturar los mismos con solamente un molde de inyección resolviendo el inconveniente de la asimetría del agujero utilizando un pequeño inserto dentro del molde. Por otro lado, el resto de la inversión necesaria es únicamente en el molde para manufacturar el Bracket mediante un proceso de Die Casting. Teniendo con estas adaptaciones una reducción significativa en el tiempo y cantidad de personal necesario durante el proceso de manufactura, representando de esta manera un ahorro más para el proyecto. Siendo así que se logró obtener una recuperación de la inversión en un lapso poco mayor a 10 meses, cumpliendo así con uno de los más importantes objetivos y dándole con esto viabilidad al proyecto.

Gracias a que el proceso de manufactura del Bracket será mediante fundición, se ha logrado evitar el problema de alineamiento entre el perno y las carcasas producto de una acumulación de tolerancias generadas durante el anterior proceso de manufactura; así mismo, dada la particular geometría del Bracket, se conserva con este nuevo diseño el sonido de impacto “metal-metal” al momento de extender el perno, cumpliendo de esta manera uno de los principales lineamientos impuestos por mercadotecnia ya que con este sonido se le brinda una sensación de seguridad al cliente.

Como se mencionó anteriormente, se lograron diseñar Housings simétricos, con la única diferencia de contar con un agujero en diferente posición para permitir de esta manera la utilización del Link que se encuentra actualmente en

producción. Dicha simetría se logró al crear un sistema de sujeción eficiente y seguro entre todos los componentes de forma particular para cada uno de ellos, generando así que después del proceso de ensamble el Doorlock® en conjunto se comporte como un solo cuerpo, evitando por completo el movimiento relativo de cualquiera de sus componentes dentro del mismo. Cabe resaltar que dicho diseño está creado considerando la utilización del perno y actuador eléctrico utilizados actualmente y es debido a estos dos componentes que se adaptaron las dimensiones finales del nuevo Doorlock®.

Finalmente, cabe destacar que a pesar del gran avance generado a lo largo de los cinco meses aún falta una gran cantidad de etapas en este proyecto; sin embargo, serán los ingenieros del área de Design Center quienes se encargarán de llevarlas a cabo, en colaboración de un futuro grupo de Interns. Enseguida se enlistan las etapas faltantes del proyecto.

- Elaboración de prototipos ya con los materiales de diseño.
- Elaboración de pruebas de impacto así como de rendimiento mecánico.
- Reelaboración de planos de cada una de las piezas, así como subir a la plataforma de CGI los CAD finales de cada una de las piezas.
- Aprobación de mercadotecnia respecto al posible estampado o pintado de la marca en los Housings.
- Realización de una corrida controlada.
- Generación de la patente del diseño.
- Obtención de la aprobación por parte de los directivos de Chamberlain Group Inc. para la producción en masa del sistema.

## **Comentarios y experiencias personales**

El haber sido parte de un proyecto como este, fue una oportunidad maravillosa que me hizo crecer en varios aspectos más allá de lo profesional. Siendo así un gran complemento a mi formación como ingeniero ya que a pesar de haber pertenecido a un proyecto como el diseño de cápsulas para documentos históricos, en Chamberlain pude visualizar de una mejor manera y más amplia el ámbito laboral. Entre los aspectos más importantes que aprendí y me aportaron más en el ámbito laboral a lo largo de este proyecto se encuentran:

- El trabajo en equipo y la relación laboral entre todos los integrantes es fundamental para obtener los mejores resultados. Esto debido a que mi relación con el equipo de Design Center fue excelente, además de que se me brindó la confianza de tomar decisiones importantes respecto al proyecto y a que siempre existió un increíble ambiente de confianza y comunicación entre todos los integrantes, hablando de forma clara y expresando en todo momento cualquier inconveniente presente.

Logrando así que trabajar en el proyecto no se sintiera como un trabajo tal cual.

- El diseño de un producto es un proceso altamente iterativo. Sin importar el número de propuestas, siempre será posible encontrar un mejor diseño o algún área de oportunidad para el mismo; además, para lograr un mejor proceso de diseño es de gran ayuda contar con un buen equipo de trabajo y compartir ideas, buscando así la retroalimentación de aquellos que tienen más experiencia.
- El manejo del idioma inglés es más que una herramienta en el mundo laboral, es una necesidad. No solamente por el hecho de estar en una empresa estadounidense hablar inglés fue una necesidad ya que en las reuniones o juntas que tuve fueron en este lenguaje, a pesar de que en varias de ellas estábamos presentes ingenieros cuyas lenguas maternas eran distintas del inglés.
- Es de gran ayuda contar con los elementos y el presupuesto suficiente para realizar algunas pruebas durante el proceso de diseño, entre los cuales se encuentra la generación de prototipos creados por impresión 3D, maquinado mediante máquinas de CNC, contar con los softwares adecuados, entre otros. El haber contado con dichas herramientas me permitió trabajar de una manera más eficaz y obtener resultados más rápidos y de mejor calidad, además de permitirnos ver algunas áreas de oportunidad durante el proceso de diseño.
- Por último, es necesario contar con carácter y determinación, principalmente si las actividades a realizar es en coordinación con un gran grupo de personas. Esto fue un gran aprendizaje que tuve principalmente cuando existió la necesidad de dar soporte a la línea de producción o contactar con los operadores de la planta, ya que en ocasiones algunos no cuentan con una gran disposición para trabajar.

Por otro lado, tuve la oportunidad de aprender a utilizar nuevas herramientas como Ansys para generar análisis por elemento finito, CREO Parametric para modelar pieza o generar ensamblajes con un software diferente a los que conocía además de que aprendí a referenciar los dibujos, cosa que no hacía de manera adecuada con anterioridad a la hora de diseñar, aprendí un poco respecto a las normas para la realización de planos así como la realización de un análisis de tolerancias y las grandes aportaciones que esta herramienta brinda principalmente cuando se presenta algún inconveniente durante el proceso de manufactura de algún producto debido al diseño del mismo.

Para concluir, mi experiencia en Nogales, Sonora, me brindó una gran cantidad de conocimiento y experiencias también en el ámbito personal ya que tuve la oportunidad de conocer una cultura muy diferente a la nuestra; a pesar de que fue dentro del país, las costumbres, la comida y la gente es muy diferente. Sin embargo, esto en lugar de representar un problema se convirtió en una gran

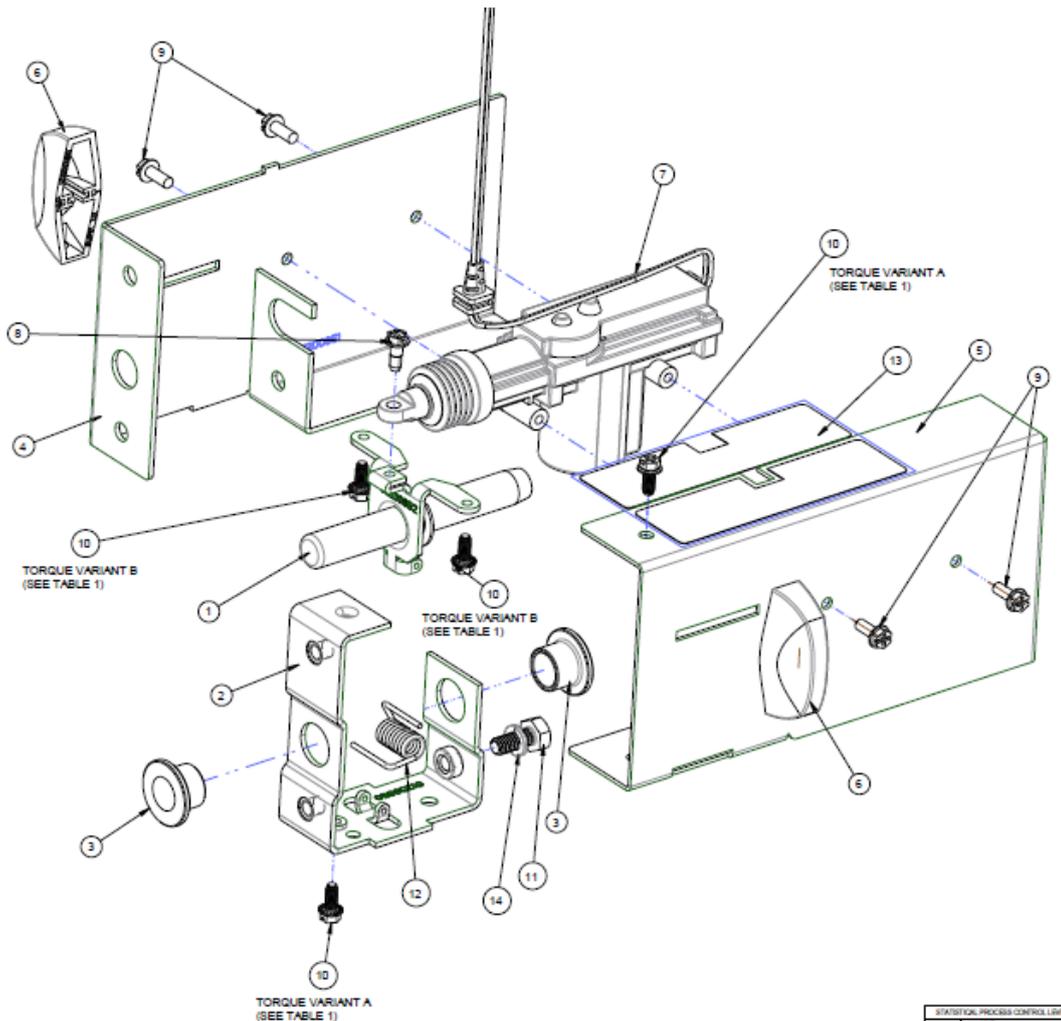
experiencia a que pude ampliar mi percepción de las cosas y la situación actual del país.

## Anexos

### Anexo 1.

Desglose de las piezas eliminadas gracias al nuevo diseño y el ahorro que estas representan en comparación con el costo del nuevo diseño.

Current Doorlock						
ST	PN	DESC	QTY	\$	P/Lot	FUNCTION
2	001C6213	BRKT-ASSY,MFG,INNER	1	0.59337	593.370	
3	011A0034	SLEEVE BEARING, 1/2"X1"X1/2"	2	0.03933	39.330	
4	012D0851	BRKT,MTG.	1	0.94393	943.930	
5	012D0874	BRKT,MTG,CVR	1	1.00985	1009.850	
6	091D0021	HANDLE,LOCK	2	0.08763	87.630	
8	171A0469	SCR,8-32X14,TYP-TT,HH,SLT,ST,BZ	1	0.06594	65.940	
9	171A0544	SCR,8-18X08,TYP-AB,HWH,CD,ST,BZ	4	0.02556	6.390	(Actuator-CVR)
10	171A0545	SCR,8-32X06,TYP-TT,HH,CD,ST,BZ	4	0.02716	6.790	(2 hndl,2 CVR-BRKT)
11	171A0468-1	BLT,1/4-20X10,STD,HH,NA,G5,ZN	1	0.01653	16.530	Joint BRKT-CVR
14	216A0206	216A0206 WSH,LOCK,0.465",HEL SP REG,ST,Z	1	0.00872	8.720	



## Anexo 2.

Cotización de los moldes de inyección para los Housings con únicamente dos cavidades por molde.

**From:** Henrikson, Mike <[Mike.Henrikson@chamberlain.com](mailto:Mike.Henrikson@chamberlain.com)>

**Sent:** Thursday, May 16, 2019 6:50 AM

**To:** Chavez Serafin, Isaac Alejandro <[Isaac.Chavez@chamberlain.com](mailto:Isaac.Chavez@chamberlain.com)>; Jorge Duenas <[Jorge.Duenas@chamberlain.com](mailto:Jorge.Duenas@chamberlain.com)>; Stebner, Jeffrey <[Jeffrey.Stebner@Chamberlain.com](mailto:Jeffrey.Stebner@Chamberlain.com)>; Reiszitz, Robert <[RReiszitz@chamberlain.com](mailto:RReiszitz@chamberlain.com)>; De La Torre, Luis <[Luis.DeLaTorre@chamberlain.com](mailto:Luis.DeLaTorre@chamberlain.com)>; Suarez Noriega, Mauricio Eduardo <[Mauricio.Suarez@chamberlain.com](mailto:Mauricio.Suarez@chamberlain.com)>

**Subject:** RE: Door look Project status

Hello Isaac,

We have a verbal budgetary quote for a 2-cavity tool.

A 2-cavity tool with a hot tip direct gate would be in the \$70,000 to 75,000 range, with a full FAIR and mold book etc it would be in the \$80,000 to \$85,000 range for a 2-cavity tool. If we would need a valve gate the costs will be a little higher. But the numbers mentioned above are good for this phase of the project.

These are the same numbers we provided earlier. If you have any questions please contact me.

Mike H-

### Anexo 3.

## Cotización de los moldes para manufacturar mediante Die Casting el Bracket.

Form 85.03.01 Rev. H Updated 8/23/18

**Chicago White Metal Casting, Inc.**  EXCELLENCE IS EXPECTED  
 Certified Aluminum, Magnesium & Zinc Die Castings ISO 9001:2015 Quality  
 Form Revised 12/21/18 ISO 14001:2015 Environmental

649 IL Route 83 • Bensenville, IL 60106 USA • Phone: (630) 595-4424

**Budgetary Estimate # Chamberlain.19.06.04.Bracekt Page 1**

To: Isaac Chavez Date: June 4, 2019  
 Chamberlain Sales rep: House  
 Chicago White Metal  
 630-595-4424

Phone:  
 Email: isaac.chavez@chamberlain.com

We have reviewed your requirements (per ISO 9001:2015 SOP 8.0) and developed this die cast solution based on the information provided (drawings, models, specifications, etc.) and our own analysis and experience.

Part number: Rev level:  
 Part name: **Bracket** Rev date:  
 Product description: **Door Opener** Alloy: **ZA8**  
 Reference quote: Est wgt (lb): **0.22**

Cast and trim tooling cost: **\$31,960** Description: **Single cavity die cast die**  
 Gage & Fixture cost: **TBD** Description: **TBD**  
 Other tooling or NRE: **\$5,750** Description: **Tapping fixture**

Project Leadtime Events	weeks	comments
Detailed Print Review	1.0	To clarify datum scheme, tolerances and notes (can be done parallel with other tasks)
MagmaSoft® analysis:	1.0	Can be an iterative process between CWM and customer, and can be done ahead of a tooling PO.
Die cast tool design:	1.0	To CWM standards
Die cast tool build:	9.0	
Off-shore cast samples:	0.0	For aluminum castings, CWM reserves the right to substitute ADC12 alloy for A380.
Cast FAI & Sample submission:	1.5	Can be an iterative process (with customer input required) to determine when to ship tool.
Correct & resample:	0.0	If required.
Prepare & ship tool (ocean):	0.0	Standard off-shore construction includes truck/ocean freight
Prepare & ship tool (air):	0.0	Optional at extra cost.
CWM tool preparation:	0.0	CWM equipment specific requirements or components incorporated
CWM re-sampling:	0.0	If required.
CWM as-cast FAI:	1.5	If required.
Finished part FAI:	0.0	Varies depending upon number of secondary operations
PPAP documentation:	0.0	Optional
<b>Total:</b>	<b>15.0</b>	

Note: The above leadtime estimates are typical & are subject to change depending upon shop load at the time of your order.  
 Note: Project leadtime is reduced if off-shore cast samples can be used for approval. Otherwise tooling freight time must be added.  
 Note: Leadtime starts with receipt of a PO & ready-to-tool CAD model. Please allow time to optimize the part design.

Based on annual qty: **220,000**

Piece price		Breakdown by process or material	
Lot Size / Order Qty	Total Price	Cast, Degate, Blast	Tapping
50,000	\$1.27	\$0.99	\$0.28



THIS PROPOSAL IS MADE SUBJECT TO THE CONDITIONS OF SALE, WARRANTY, AND DISCLAIMER OF WARRANTIES ON PAGE 5 of 5

## Glosario de figuras

Figura 1.1 Diagrama Ingeniería simultánea.....6

Figura 2.1 Chamberlain en el mundo.....	13
Figura 2.2 Organigrama CGI .....	14
Figura 2.3 Colocación de tornillos del riel .....	18
Figura 2.4 Funcionamiento del Doorlock® .....	19
Figura 2.5 Colocación del Doorlock® .....	20
Figura 2.6 Housing izquierdo actual.....	21
Figura 2.7 Housing derecho actual .....	21
Figura 2.8 C Bracket actual .....	22
Figura 2.9 Actuador eléctrico .....	22
Figura 2.10 Link.....	23
Figura 2.11 Perno.....	23
Figura 2.12 Resorte .....	24
Figura 2.13 Bujes.....	24
Figura 2.14 Tornillos de unión del sistema.....	25
Figura 2.15 Tornillos de unión con el riel .....	25
Figura 2.16 PEM nuts .....	26
Figura 2.17 Proceso actual de manufactura.....	27
Figura 3.1 Metodología de diseño utilizada .....	33
Figura 3.2 CREO Parametric 5.0.....	41
Figura 3.3 Análisis FEA.....	42
Figura 3.4 Tipos de ajuste existentes .....	44
Figura 3.5 Housings de manufactura aditiva .....	45
Figura 3.6 Bracket de ABS y Bracket de Aluminio.....	46
Figura 3.7 Diseño base .....	48
Figura 3.8 Housing propuesto por Interns anteriores.....	49
Figura 3.9 Links propuestos.....	51
Figura 2.10 Link final .....	51
Figura 3.11 Método de ensamble link-perno .....	52
Figura 3.12 Ensamble nuevo Link .....	53
Figura 3.13 Link desdoblado.....	54
Figura 3.14 FEA del proceso de ensamble.....	54
Figura 3.15 Propuesta Housings simétricos .....	55
Figura 3.16 Unión entre Housings .....	56
Figura 3.17 Análisis de tolerancias en método de unión .....	57
Figura 3.18 Sujeción del actuador eléctrico .....	59
Figura 3.19 Sujeción del Bracket.....	60
Figura 3.20 Nuevo Bracket .....	62
Figura 3.21 Cambios geométricos en Bracket .....	63
Figura 3.22 Cortes en el Bracket.....	64
Figura 3.23 FEA del Doorlock® en prueba de rendimiento .....	65
Figura 3.24 Propuesta de diseño .....	66
Figura 3.25 Prototipo funcional .....	68

## Índice de tablas

Tabla 2.1 Proceso actual de manufactura .....	28
Tabla 3.1 Análisis y explicación del problema .....	37
Tabla 3.2 Propiedades del Zinc A8.....	62
Tabla 3.3 Ahorro en materiales .....	66
Tabla 3.4 Ahorro en proceso de producción .....	67
Tabla 3.5 Inversión necesaria .....	67

## Referencias

- [1] Andrade, R. S. de.: “Preliminary evaluation of the needs in the design process”. International Conference on Engineering Design, ICED91, Zurich, 1991.  
Barba, E.: “La Excelencia en el proceso de desarrollo de nuevos productos”. Ed. EADA Gestión, Barcelona, 1993.
- [2] Ulrich Karl T. y Eppinger Steven D. Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario. México DF. McGraw-Hill Interamericana. p.3, 2004.
- [3] Barba, Enric. La excelencia en el proceso de desarrollo de nuevos productos. México: McGraw-Hill, p.282, 1993.
- [4] Chaur Bernal, Jairo (2004). Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: Un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa (Tesis doctoral). Universidad politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- [5] Padilla Monroy, Josefa. Diagnóstico sectorial. Dirección ejecutiva de análisis e innovación. Unidad de inteligencia de negocios. 2015.
- [6] Aquiles Gay, Lidia Samar. El diseño industrial en la historia (segunda edición). Argentina, EDICIONES teC, 2007.
- [7] ESdesign- Escuela Superior de Diseño de Barcelona (2018). ¿Cuántos tipos de diseño existen actualmente?. Consultado en Julio de 2019, recuperado de <https://www.esdesignbarcelona.com/int/expertos-diseno/cuantos-tipos-de-diseno-existen-actualmente#>
- [8] Bocardo, Renzo. Creatividad en la ingeniería de diseño. Equinoccio. CAP 4, 2006.  
Eder, W. E., & Hosnedl, S. Design engineering: a manual for enhanced creativity. CRC Press, 2007.
- [9] Duque Jaramillo, Juan Sebastián (2012). Proceso de diseño en Ingeniería. Consultado en Julio de 2019, recuperado de <https://es.slideshare.net/jsduque/proceso-de-diseo-en-ingeniera>
- [10] FROM THE PAGES OF HISTORY, The Chamberlain Group, Inc. (2003). Consultado en Julio de 2019, recuperado de <https://www.dasma.com/PDF/Publications/PagesOfHistory/Chambrl-Spr2003.pdf>

- [11] Chamberlain Group México(2018). Consultado en Julio de 2019, recuperado de <https://www.facebook.com/pg/ChamberlainGroupNogales/about/>
- [12] Betancourt Z., Maryori (2011). Ingeniería de métodos. Consultado en Julio de 2019, recuperado de <http://ing-maryori.blogspot.com/2011/05/krick-los-pasos-que-segun-este-autor.html>
- [13] Torres Muñoz, Alicia (1994). El diseño de investigación: Etapa fundamental de un trabajo de grado de ingeniería.
- [14] Sácnchez Jiménez, F. Javier; Fernández de la puente, Arturo; Llorente Geniz, Julian (2004). Técnicas de prototipado rápido. España. Universidad de Sevilla.
- [15] Asti Vera, Armando. Metodología de la Investigación. Buenos Aires: Kapeluz. 1973.