

# Centro de Enseñanza Técnica y Superior

Con reconocimiento de validez oficial de estudios del Gobierno del Estado de Baja California según Acuerdo de fecha 10 de octubre de 1983



## **Implementación de Acero Inoxidable como materia prima en la producción de rosetas para cerraduras residenciales**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la ingeniería

Presenta:

**Pablo Enrique Amighetti Barradas**

Director:

Dra. Dalia Holanda Chavez Garcia  
Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS Universidad)

Ensenada, Baja California, México

2020

# **Implementación de Acero Inoxidable como materia prima en la producción de rosetas para cerraduras residenciales**

Tesis/Proyecto de aplicación que para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería

Tesis defendida por

**Pablo Enrique Amighetti Barradas**

y aprobada por el siguiente Comité

---

**Dr. Dalia Holanda Chávez García**

Director de tesis

---

**Mtra. Amanda Georgina Nieto  
Sánchez**

Coordinadora del Posgrado

---

**Mtra. Maria del Socorro Lomelí  
Sánchez**

---

**Dr. Gerardo Hirata Salazar**

*Pablo Enrique Amighetti Barradas © 2020*

*Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis.*

Resumen de la tesis que presenta **Pablo Enrique Amighetti Barradas** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería e innovación con especialidad en sistemas y procesos industriales.

### **Implementación de acero inoxidable como materia prima en la producción de rosetas para cerraduras residenciales.**

Resumen aprobado por:

---

Dra. Dalia Holanda Chávez García

**Directora de tesis**

La calidad de un producto es directamente proporcional al nivel de mercado en el cual se administra o enfoca una empresa. Con el fin de mantener la calidad de los productos de Allegion a un nivel competitivo mundialmente, se necesita constante innovación, reducir costos de manufactura y aumentar productividad sin afectar al cliente final.

En esta investigación se analizaron cuatro aceros inoxidables que podrían ser posibles remplazos al latón C26800 en las rosetas residenciales de distintas cerraduras. Estos fueron puestos a prueba en base a los estándares de BHMA (Builders Hardware Manufacturers Association, por sus siglas en inglés). Estos cuatro materiales alternativos se encuentran en el inventario físico de Allegion Olathe, sin uso en estos últimos cinco años.

Para el análisis de los materiales alternativos se consultó el software de CES Edupack y después se realizaron pruebas mecánicas y ambientales, tales como: torque para retraer el pasador sin cargar, torque para retraer el pasador precargado con puerta deformada torque para enganchar la puerta desbloqueada, prueba de ciclo del chasis, prueba por golpe contra puerta, prueba de salinidad para materiales y acabado y prueba de temperatura variante. Se obtuvo como resultado que los cuatro materiales alternativos serían reemplazos idóneos del latón C26800. Estos cumplen con las pruebas de BHMA y mantienen un precio y propiedades mecánicas mejores o similares a las del latón. Lo que implica una reducción de inventario de mínimo \$21,240.00 USD y un ahorro de hasta \$150,000.00 USD anualmente.

**Palabras clave:** Latón, Acero Inoxidable, Materiales, Pruebas mecánicas, Pruebas ambientales

Abstract of the thesis presented by **Pablo Enrique Amighetti Barradas** as a partial requirement to obtain the degree of Master's in Engineering and Innovation, specialized in Industrial systems and processes.

### **Stainless steel implementation as the raw material for residential lock rosettes**

Abstract approved by:

---

Dra. Dalia Holanda Chávez García

Thesis Director

The quality of a product is directly proportionate to the market level in which a company is managed of focused for. In order to maintain the quality of Allegion's products at a competitive level worldwide, constant innovation and reducing manufacturing costs while increasing productivity without affecting the end customer is needed.

In this research, four stainless steels were tested as possible replacements for the current C26800 brass that is used in residential locks. These tests are based on the BHMA (Builders Hardware Manufacturing Association) standards. These four stainless steels are currently in the Allegion Olathe inventory, unused in the last five years.

For the analysis of the alternative materials, the CES Edupack software was consulted and mechanical and environmental tests were performed, such as: torque to retract unloaded bolt, torque to retract preloaded bolt, warped door, torque to latch unlocked door, chassis cycle test, slam door test, salinity test for materials/finishes and the variant temperature test. The results showed that any the four alternative materials would be a suitable replacement for the C26800 brass. These comply with the BHMA tests and maintain a better or similar pricing and mechanical properties compared to that of the current brass. Which will implicate an inventory reduction of at least \$21,240.00 USD and savings of up to \$150,000.00 USD annually.

**Keywords:** Brass Stainless Steel, Materials, Mechanical tests, Environmental tests

## **Dedicatoria**

Mi tesis se la dedico a mis padres, por siempre darme el ejemplo de que la educación y el mejoramiento continuo vía aprendizaje es tan necesario en lo profesional como en lo personal. Sus logros han sido de gran impulso para mis metas.

A mi esposa, por su amor y apoyo incondicional en lo que fue el reto académico mas grande al cual me he sometido.

A mis dos hijas, por la motivación que no saben que me brindaron cuando cursé esta maestría.

## **Agradecimientos**

A CONACYT por su beca #487244, la cual me apoyo casi hasta el final de esta Maestría.

A la empresa Fender Musical Instruments, con ellos empecé esta trayectoria y su apoyo en forma de beca fue de gran ayuda.

A la empresa Allegion, por proporcionarme conocimiento, información y apoyo en acabar este proyecto.

A mi familia, por su apoyo, amor y consejos. Por su tiempo y por entender la ausencia esporádica o temporalmente cuando le dedicaba tiempo a este proyecto.

A mi coordinadora M.C. Amanda Nieto, por su paciencia y disposición al enseñarme a escribir un documento científico.

A mi asesora de maestría Dra. Dalia Holanda Chavez García por su paciencia y apoyo. Por ser la guía que necesitaba y por alentarme durante más de dos años.

# INDICE

## CAPÍTULO 1

<b>1.1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Antecedentes</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Justificación</b> .....	<b>14</b>
<b>1.5</b>	<b>Preguntas de investigación</b> .....	<b>15</b>
<b>1.6</b>	<b>Hipótesis</b> .....	<b>15</b>
<b>1.7</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.7.1	Objetivo general.....	15
1.7.2	Objetivos específicos.....	16
<b>1.8</b>	<b>Propuesta de trabajo</b> .....	<b>16</b>

## CAPÍTULO 2

<b>2.1</b>	<b>Marco Teórico</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>El mercado de Allegion</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Tipos de cerraduras mecánicas</b> .....	<b>18</b>
2.3.1	Cerrojos.....	18
2.3.2	Cerradura de perilla .....	18
2.3.3	Cerradura de palanca.....	18
<b>2.4</b>	<b>Composición de cerraduras de perilla y palanca</b> .....	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Rosetas</b> .....	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Estampado de rosetas</b> .....	<b>22</b>
<b>2.7</b>	<b>Procesos de diseño</b> .....	<b>22</b>
<b>2.8</b>	<b>Tipos de diseño</b> .....	<b>24</b>
<b>2.9</b>	<b>Selección de materiales</b> .....	<b>24</b>
<b>2.10</b>	<b>Tipos de materiales</b> .....	<b>25</b>
2.10.1	Latón .....	25
2.10.2	Acero Inoxidable .....	26

<b>2.11</b>	<b>Propiedades de los Materiales</b>	<b>28</b>
2.11.1	Propiedades físicas	28
2.11.2	Propiedades mecánicas	28
2.11.3	Módulo de Young	28
2.11.4	Resistencia a la fatiga	28
2.11.5	Resistencia a la tensión	29
2.11.6	Módulo de ruptura	29
2.11.7	Dureza	29
2.11.8	Tipos de fallas	29
2.11.9	Falla por fatiga	29
2.11.10	Falla por corrosión	30

## CAPÍTULO 3

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>31</b>
-----------------------------	-----------

<b>3.1</b>	<b>Adquisición de datos</b>	<b>31</b>
3.1.1	CES Edupak	31
3.1.2	Cotización por parte del proveedor establecido	31
3.1.3	Información de Oracle	32
<b>3.2</b>	<b>Metodología de trabajo para el equipo de NPI</b>	<b>32</b>
3.2.1	Actividades del integrante de NPI	32
3.2.2	Actividades del integrante de NPI Materiales	33
3.2.3	Actividades del integrante de Manufactura	34
3.2.4	Actividades del integrante de Calidad	34
3.2.5	Actividades del integrante de Ingeniería	35
3.2.6	Actividades del integrante de Calidad de proveedores	36
<b>3.3</b>	<b>Plan de pruebas programadas en base a los estándares BHMA</b>	<b>36</b>
<b>3.4</b>	<b>Pruebas de durabilidad</b>	<b>37</b>
3.4.1	Torque para retraer el pasador sin cargar	37
3.4.2	Torque para retraer el pasador precargado (puerta deformada)	37
3.4.3	Torque para enganchar la puerta desbloqueada	38
3.4.4	Prueba de ciclo del chasis	38
3.4.5	Prueba por golpe	39
<b>3.5</b>	<b>Pruebas ambientales</b>	<b>40</b>
3.5.1	Prueba de Salinidad para Materiales y Acabados	40
3.5.2	Prueba de temperatura variante	40
<b>3.6</b>	<b>Cronograma</b>	<b>42</b>

## CAPÍTULO 4

<b>RESULTADOS</b>	<b>43</b>
-------------------	-----------

4.1 Selección de material ..... 43

4.2 Análisis financiero ..... 54

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES .....56

BIBLIOGRAFÍA.....57

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cerradura con palancas (Schlage 2020) .....	19
Figura 2. Cerradura con perilla (Schlage 2020) .....	20
Figura 3. Ejemplo de roseta 1 (Schlage, 2020) .....	21
Figura 4. Ejemplo de roseta 2 (Schlage, 2020) .....	21
Figura 5. Diagrama de flujo de diseño (Ashby, 2005) .....	23
Figura 6. Materiales viables como sustitutos del latón (Ces Edupak Software) .....	43
Figura 7. Relación entre el Módulo de Ruptura y la Densidad para los distintos materiales. ....	44
Figura 8. Relación entre el Módulo de Ruptura y el precio para los distintos materiales. ....	45
Figura 9. Relación entre el Módulo de Young y el precio de los distintos materiales. ....	46
Figura 10. Relación entre la resistencia a la tensión y la densidad para los distintos materiales. ....	47
Figura 11. Relación entre la resistencia a la tensión y el precio para los distintos materiales. ....	48
Figura 12. Relación entre la resistencia a la fatiga y la densidad de los distintos materiales. ....	49
Figura 13. Relación entre la resistencia a la fatiga y el precio de los distintos materiales. ....	50

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cotización de roseta de acero inoxidable. ....	32
Tabla 2. Actividades, entregables y roles del integrante de NPI. ....	33
Tabla 3. Actividades, entregables y roles del integrante de NPI Materiales .....	33
Tabla 4. Actividades, entregables y roles del integrante de Manufactura. ....	34
Tabla 5. Actividades, entregables y roles del integrante de Calidad .....	35
Tabla 6. Actividades, entregables y roles del integrante de Ingeniería .....	35
Tabla 7. Actividades, entregables y roles del integrante de Calidad de proveedores .....	36
Tabla 8. Cantidad de unidades programadas para pruebas .....	36
Tabla 9. Requerimientos máximos de torque para retraer el pasador sin cargar. ....	37
Tabla 10. Requerimiento máximo de torque para retraer el pasador precargado. ....	38
Tabla 11. Requerimiento de cumplimiento en números de ciclo y carga por grado de cerradura. ....	38
Tabla 12. Requerimientos de fuerza máxima requerida en pruebas de durabilidad después de cumplir con 50% de ciclos. ....	39
Tabla 13. Falla de la prueba de Torque para retraer el pasador sin carga de las muestras de S30200. ....	51
Tabla 14. Falla de la prueba de Torque para retraer el pasador sin carga (puerta deformada) de las muestras de S30200.....	51
Tabla 15. Resultado de pruebas de salinidad para materiales y acabados en S030200. ....	52
Tabla 16. Falla de la prueba de temperatura variante de las muestras de acero inoxidable S30400 y S030403. ....	53
Tabla 17. Resultados de prueba de golpe contra puerta.....	53
Tabla 18. Resultados comparativos de distintas pruebas para varias materias primas .....	54
Tabla 19. Fecha de ingreso de aceros inoxidables en Olathe. ....	54

# Capítulo 1

## 1.1 Introducción

La presente tesis tiene como objetivo documentar una alternativa en material para rosetas de cerraduras mecánicas en la parte del negocio residencial. El caso de estudio corresponde a un proceso de manufactura por la planta de Allegion, en las ciudades de Ensenada, Tecate y Olathe.

Una roseta es la placa a la cual está fijada la palanca o manija de una puerta. Esta puede ser de diferentes formas, y su función es decorativa y de protección para los componentes interiores de la cerradura.

Actualmente la empresa Allegion de Ensenada cuenta con un proceso fuera de planta para manufacturar rosetas con acabados en satinados y platinados para distintas marcas de Allegion. Las rosetas en cuestión son de latón y están presentando un pandeo visible, fuera de especificación, después de ser estampadas y procesadas en acabado platinado o satinado.

Para corregir este defecto, se ha desarrollado un retrabajo temporal en la planta de Allegion Tecate el cual lo está absorbiendo financieramente la planta sin verse reflejado en un incremento de precio de las cerraduras ya que las órdenes por estas cerraduras fueron puestas antes de que el producto fuera aprobado.

La implementación del cambio de materia prima propuesto aumenta la calidad del producto ofrecido al cliente. Dependiendo del rendimiento que tengan las rosetas de acero inoxidable se podría mitigar el incremento de precio contra las multas que se han recibido por entregar material defectuoso u órdenes recibidas fuera de tiempo por la situación actual de las rosetas.

Para determinar la materia prima optima que pudiera reemplazar al latón en desempeño, se consultó el dibujo de la roseta. Dentro de los materiales aprobados se encuentran el acero inoxidable, bronce y latón entre otros. Se tomó en consideración el inventario en Olathe para calcular el costo de las rosetas.

## 1.2 Antecedentes

Allegion es una empresa líder en cuestión de seguridad, ya sea del mercado residencial o comercial. Con más de 30 marcas vendidas alrededor de 130 países del mundo, se especializa en la seguridad de cerraduras comerciales y residenciales. La gran mayoría de estas son cerraduras mecánicas. Tomando en cuenta la materia prima base, acabados como platinados o satinados y los diferentes tipos de modelos (de paso, interior y armario, de entrada, entre otros) se realizan cientos de posibles combinaciones de cerraduras para los clientes de Allegion (Allegion, About Us, 2019).

Las cerraduras se pueden agrupar por tipo de uso en residencial y comercial, ya que habrá diferentes circunstancias a las cuales estarán sometidas. Esto se toma en cuenta cuando se diseña el concepto de la cerradura y sus subensambles, que en conjunto deben cumplir con ciertas funciones dependiendo si son para uso residencial o comercial.

Es necesario especificar que la función de la cerradura dictará los materiales aceptables y forma de los componentes y cerradura. El proceso de diseño está restringido por el material (maleabilidad, maquinabilidad, soldabilidad, tratabilidad por calor, etc.) y a su vez determina la forma, el tamaño, la precisión y, por ende, el costo. Las interacciones son bidireccionales: la especificación de la forma restringe la elección del material y el proceso; pero igualmente las especificaciones del proceso limitan los materiales que se pueden usar y las formas que pueden tener. (Ashby, 2005).

El latón es una aleación de cobre-zinc con diferentes combinaciones de propiedades que incluyen: resistencia, maquinabilidad, ductilidad, resistencia al desgaste, dureza, color, conductividad y resistencia a la corrosión. Los latones se pueden moldear por extrusión, laminado, estirado y estampado. Son ideales para una amplia gama de aplicaciones por sus características y precios accesibles (Callut & Webster, 2005).

El acero inoxidable ha sido considerado tradicionalmente como una solución extravagante para la ingeniería. Su uso en algunos sectores sigue siendo bastante limitado debido a su alto costo, falta de orientación en el diseño estructural y falta de comprensión de los beneficios que puede proporcionar.

La resistencia hacia el fuego del acero inoxidable se ha investigado experimentalmente y se ha mostrado que funciona mejor que su equivalente en acero de carbono (Baddoo & Gardner, 2000). Esta resistencia hacia las temperaturas elevadas puede reducir o eliminar la necesidad de aplicar recubrimientos protectores contra incendios (Ala-Outinen & Oksanen, 1997). Esto es relevante ya que los estándares del BHMA establecen cierto grado de resistencia a la temperatura del ambiente.

La resistencia a la corrosión es otra característica importante del acero inoxidable, esto debido a su contenido de cromo, níquel y molibdeno (Gardner, 2005).

Allegion se mantiene actualmente entre los primeros tres proveedores de cerraduras a nivel mundial. Para seguir siendo una compañía de clase mundial a menudo incurre en proyectos donde se modifican funciones, procesos, formas y materiales. El nivel de competencia que maneja se debe en parte a este tipo de acciones.

### 1.3 Planteamiento del problema

Actualmente algunas de las rosetas de latón C26800 están presentando pandeo después de ser estampadas y procesadas. Otras llegan al cliente final en condiciones aceptables, pero después de uso continuo por un corto periodo de tiempo muestran la deformación mecánica previamente mencionada. Este problema está teniendo repercusiones económicas para la empresa ya que se está atendiendo mediante un retrabajo temporal en otra planta, cuyo costo está siendo absorbido totalmente por la empresa.

Con el fin de seguir siendo una opción competitiva, la empresa se encuentra constantemente iniciando proyectos para reducir costos en cualquier área posible. Generalmente, es más rápido realizar cambios en la materia prima de una cerradura que implementar cambios en el diseño de esta. Por otro lado, los cambios de materiales deben contemplar los estándares de la industria, y su precio y disponibilidad no siempre son constantes.

El constante desempeño desfavorable de una pieza de la cerradura en cuestión crea la necesidad de encontrar una solución o posible mejora. La opción que se ha elegido para este caso es el cambio de materia prima para la pieza que presenta defecto, para lo cual se analizaron diferentes materias primas que cumplen con los requisitos de BHMA.

### 1.4 Justificación

Presentar un alternativo en materia prima más resistente que el latón C26800 como un acero inoxidable S30200, S30400, S30403 o S30500 podría mejorar el desempeño cualitativo de la roseta de las cerraduras, ya que este, al contar con el defecto pandeado tiende a fallar las pruebas de golpe contra puerta.

La demanda anual de la cerradura que ocupa esta roseta es aproximadamente 120,000 unidades, con un rendimiento promedio de 70% en los últimos 4 meses se han pagado multas a algunos clientes por entregas fuera del tiempo acordado o entrega de órdenes incompletas por un monto cercano a \$ 150,000.00 USD. Al implementar el cambio de materia prima se espera mejorar el rendimiento del producto para cumplir con los estándares de calidad que ha establecido la empresa a nivel mundial, evitar por completo pagar multas por la falta del material en condiciones inaceptables y hacer innecesario el proceso de retrabajo en Allegion Tecate.

## 1.5 Preguntas de investigación

¿Existe un material que ofrezca un mejor desempeño en cuanto a resistencia, durabilidad y precio que el Latón?

¿La razón de costo beneficio de cambiar la materia prima de la roseta es favorable para la empresa?

¿El material que se propone cumple con los requisitos especificados por la BHMA?

¿Cómo se comparan los materiales alternativos propuestos contra el material usado actualmente?

## 1.6 Hipótesis

El reemplazo de la materia del latón C26800 por un acero inoxidable mejorará las propiedades mecánicas y disminuirá el costo.

## 1.7 Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

- Comprobar que el acero inoxidable como materia prima de la roseta en cuestión presentará propiedades similares o mejores para las pruebas de BHMA en comparación con el latón.

### 1.7.2 Objetivos específicos

- Comprobar que el acero inoxidable S30200, S30400, S30403 o S30500 presentará menor cantidad de defectos de pandeo en comparación con el latón C26800 en la prueba de golpe contra puerta.
- Realizar prueba de ciclos para cumplir o sobrepasar la cantidad de ciclos establecido por el estándar de BHMA.
- Comprobar vía un análisis financiero que el cambio de materia prima reducirá inventario y disminuirá costo.

### 1.8 Propuesta de trabajo

Se propone iniciar con una investigación bibliográfica de las alternativas propuestas de material. Esta información se complementará con un análisis de costos, pruebas dimensionales y pruebas para cumplir con los estándares de BHMA en durabilidad, salinidad, seguridad y de ciclos. En el análisis de costo beneficio se tomarán en cuenta la ganancia/pérdida para la empresa y la roseta con mejor desempeño en las pruebas.

## Capítulo 2

### 2.1 Marco Teórico

Numerosos factores contribuyen a la necesidad de innovación en el diseño de cerraduras de alta seguridad. El mercado de una cerradura con tecnología comercialmente exitosa siempre ha sido muy competitivo y por eso el mercado de cerraduras es enorme, consiste en sectores como el residencial, comercial, gubernamental e industrial. La gran variedad de usuarios finales conduce a un amplio espectro de requisitos para el cliente en términos de función, precio, tamaño, conveniencia, acabado, durabilidad y seguridad. La necesidad de un desarrollo continuo de cerraduras de alta seguridad también es impulsado desde adentro de la misma industria. Muchos fabricantes patentan o registran sus diseños de cerraduras y llaves, y esto proporciona una ventana de tiempo para la producción y comercialización del producto. Una vez transcurrido este plazo, los competidores pueden ingresar y copiar el diseño. Otro factor motivador es exponer las debilidades en los diseños existentes. Esto podría ser debido a las pruebas en curso por parte de los fabricantes, cerrajeros, laboratorios independientes o incluso de personas ajenas a la profesión. Con el tiempo han seguido evolucionando los requisitos por lo cual es más común ver una demanda por sistemas más accesibles que ofrezcan mejores niveles de seguridad (Pulford, 2007).

### 2.2 El mercado de Allegion

Alllegion divide su negocio en Comercial y Residencial. El sector de cerraduras comerciales cumple con la parte del negocio que destina cerraduras, llaves y otros accesorios para el uso de entradas y salidas en escuelas, instituciones de gobierno, hospitales, tiendas y estadios. El sector de cerraduras residenciales se limita a las entradas y salidas de viviendas.

Continuando con la descripción de cerraduras, tanto en el área comercial como residencial, se dividen en cerraduras electrónicas y cerraduras mecánicas. Las cerraduras electrónicas usan imanes, solenoides o motores para accionar el bloqueo mediante el suministro o la eliminación de energía. Operar el bloqueo puede ser tan simple como usar un interruptor. El mecanismo que lleva a cabo la acción del bloqueo electrónico se realiza con la aplicación o eliminación de poder (Rahman, Ali & Kiron, 2018).

En general las cerraduras mecánicas se abren con llave, desbloqueando el botón de bloqueo o girando el pestillo giratorio. Para las cerraduras que se abran con llave, los pasadores se levantan con la introducción

de la llave a la altura diseñada para que la cerradura pueda abrirse o cerrarse. Los pasadores se cargan vía resortes por lo cual al retirar la llave regresan a su posición original.

## 2.3 Tipos de cerraduras mecánicas

Las siguientes cerraduras son solo algunas de las cuales se procesan en Allegion Ensenada.

### 2.3.1 Cerrojos

Los Cerrojos (Deadbolts en inglés) generalmente se instalan en puertas externas. Los principales cerrojos de seguridad son tres: de giro manual simple, doble y bloqueable. Los cerrojos de un solo cilindro son los más comunes. Utilizan una llave en el exterior y un pestillo giratorio (Thumbturn en inglés) en el interior para abrir o cerrar la cerradura. Un cerrojo de doble cilindro utiliza un cilindro de llave en el interior y el exterior de la puerta. El cerrojo bloqueable cuenta con un giro manual en el interior que funciona como un cerrojo normal de un solo cilindro, excepto que el giro manual se puede bloquear con una llave para que no pueda bloquear o desbloquear la puerta.

### 2.3.2 Cerradura de perilla

Las cerraduras de las perillas se instalan con frecuencia en puertas residenciales que dan acceso al exterior de la casa, en conjunto con un cerrojo. En el interior de la residencia se pueden utilizar para puertas de baños o cuartos. Cuentan con un cilindro en el pomo que lleva la función del bloqueo de la cerradura. La entrada de llave hacia el exterior y en el interior un pequeño pestillo giratorio.

### 2.3.3 Cerradura de palanca

Hay cerraduras de palanca que se utilizan con frecuencia para puertas interiores en entornos comerciales. Similares a las cerraduras de perillas se abren con llave, desbloqueando el botón de bloqueo o girando el pestillo giratorio.

Aparte de las cerraduras mecánicas mencionadas, que son las más comunes, existen cerraduras de leva, de embutir, de pared, con cilindros intercambiables, con mango de T, entre otras más.

## 2.4 Composición de cerraduras de perilla y palanca

Los componentes que son indispensables para las cerraduras de perilla y palanca son los siguientes:

- Palanca interna
- Palanca externa
- Perilla interna
- Perilla externa
- Roseta interna (estándar o decorativa)
- Roseta externa (estándar o decorativa)
- Chasis interno
- Chasis externo
- Placa de refuerzo
- Tornillos exteriores para sostener la Roseta
- Tornillos de montaje para la cerradura
- Pasador
- Placa
- Pin



Figura 1. Cerradura con palancas (Schlage 2020)



Figura 2. Cerradura con perilla (Schlage 2020)

## 2.5 Rosetas

La roseta es una placa redonda, cuadrangular o con algún diseño artístico que forma un receptáculo de perilla y está adaptada para sujetar la superficie de una puerta. Cumple con la función de cubrir el pasador y el chasis interno y externo. Proporciona cierto nivel de protección a los componentes interiores de la cerradura.



Figura 3. Ejemplo de roseta 1 (Schlage, 2020)



Figura 4. Ejemplo de roseta 2 (Schlage, 2020)

## 2.6 Estampado de rosetas

El estampado es un proceso de fabricación que deforma la hoja de metal utilizando una herramienta conocida como dado (die, en inglés). La fuerza de deformación es suministrada por la potencia de los equipos de estampado, como la prensa o máquinas para obtener componentes de un producto con cierta forma, tamaño y rendimiento. El estampado es uno de los principales procesos de fabricación que se usa ampliamente para crear componentes estructurales mayoritarios para automóviles modernos y otras industrias debido a sus méritos, como las altas tasas de producción, los bajos costos de fabricación y la utilización máxima de material que a su vez reduce el costo de la chatarra de material (Bobade & Badgujar, 2017). Por su uso anual en numerosas cerraduras, las rosetas son estampadas normalmente en plantas hermanas de Allegion Ensenada con materias primas como latón, zinc y otras aleaciones.

## 2.7 Procesos de diseño

Es el diseño mecánico el que se ocupa de los principios físicos, el buen funcionamiento y la producción de sistemas mecánicos. No significa que es menos importante el diseño industrial, que es el patrón, el color, la textura y lo que atrae al consumidor. El punto de partida es una necesidad de mercado o una idea nueva; el punto final es el producto con las especificaciones que satisfacen la necesidad o encarna la idea.

Es esencial definir la necesidad con precisión, es decir formular una declaración de necesidad, a menudo en la forma de: “se requiere un dispositivo para realizar la tarea X”, expresando como un conjunto de requerimientos de diseño. Entre la declaración de la necesidad y la especificación del producto se encuentra el conjunto de etapas que se muestran en la Figura 5. (Ashby, 2005).

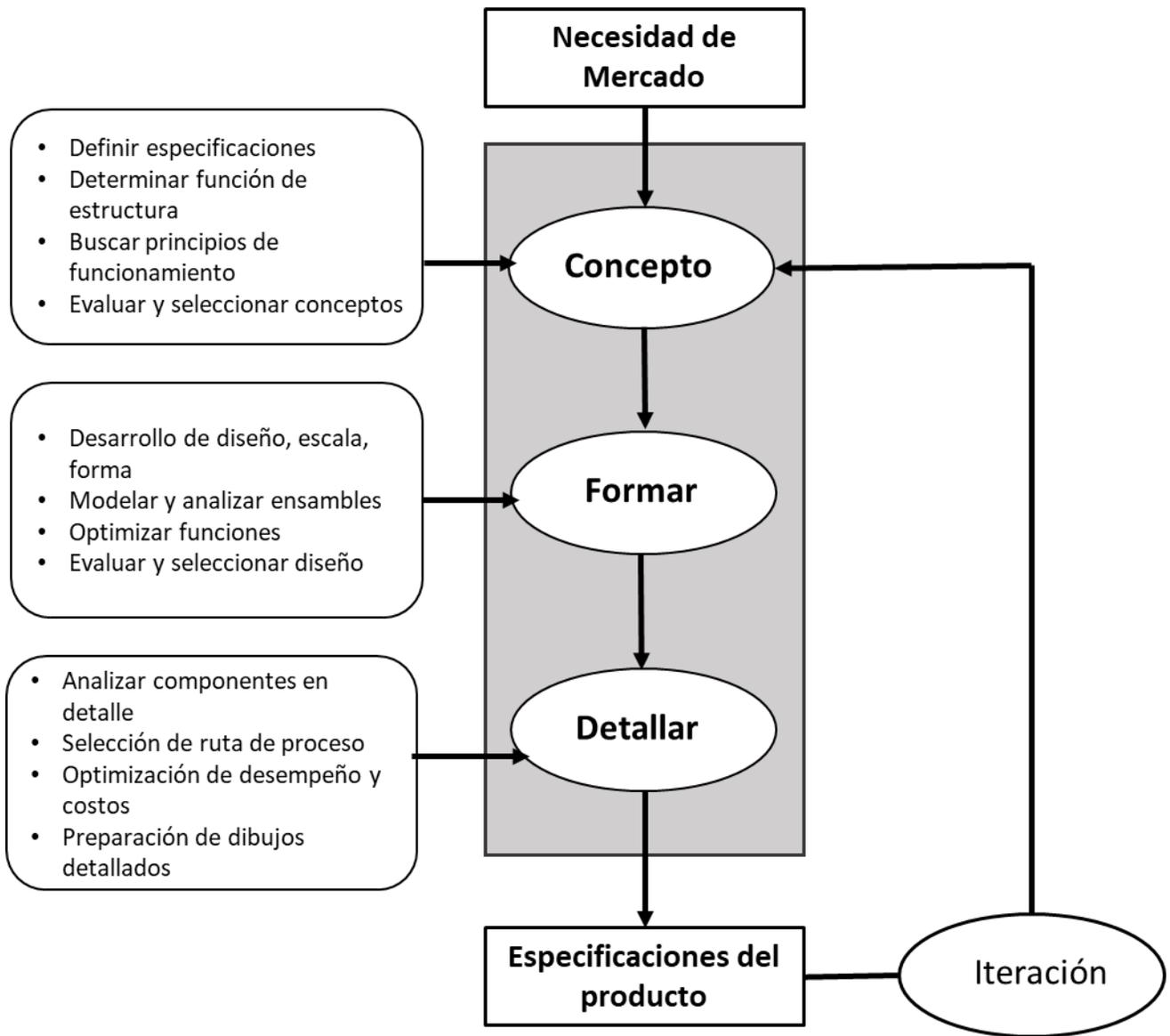


Figura 5. Diagrama de flujo de diseño (Ashby, 2005)

## 2.8 Tipos de diseño

El diseño original implica una nueva idea o principio de funcionamiento. Los nuevos materiales pueden ofrecer nuevas combinaciones únicas de propiedades que permiten un diseño original. Algunas veces el nuevo material sugiere el nuevo producto o viceversa. El diseño adaptado o diseño de desarrollo toma un concepto existente y busca un avance incremental en el desempeño a través de un refinamiento del principio de trabajo. El diseño variante implica un cambio de escala, dimensión, detalles sin cambio a la función o el método para lograrlo (Ashby, 2005).

## 2.9 Selección de materiales

Un material tiene atributos como densidad, resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, costo, entre otros. Un diseño exige cierto perfil de éstos: baja densidad, alta resistencia, costo modesto y resistencia al agua de mar. Es importante comenzar con el menú completo de materiales en mente; no hacerlo puede significar una oportunidad perdida. Se debe identificar el perfil del atributo deseado y luego compararlo con los de materiales de ingeniería reales para encontrar la mejor combinación. El primer paso para abordarlo es la revisión de los requerimientos del diseño para identificar las restricciones que imponen a la elección de material. La gran variedad de opciones se reduce descartando los materiales que no pueden cumplir con las limitaciones. Se logra una mayor reducción de estos al clasificar de mejor a peor con base en su capacidad para maximizar el rendimiento.

Hay cuatro pasos principales para la selección de materiales: revisión, selección, clasificación e información de apoyo. Cualquier componente de ingeniería tiene una o más funciones: soportar una carga, contener una presión, transmitir calor, y así sucesivamente. Esto debe lograrse sujetándose a restricciones: que ciertas dimensiones son fijas, que el componente debe poder cargar con el peso o la fuerza para la cual fue diseñando, que sea conductor o aislante, que funcione en cierto rango de temperatura y en cierto ambiente. En el paso de la selección, se eliminan todos los componentes cuyos atributos estén fuera de los límites establecidos por las restricciones. La clasificación es el paso en el cual se califican los componentes de acuerdo con los atributos que mejor cumplen con la función que necesita cumplir el componente (Ashby, 2005).

## 2.10 Tipos de materiales

Los materiales sólidos se dividen en 3 categorías básicas: metales, cerámicos y polímeros; también hay compuestos, que son combinaciones de dos o más materiales (Callister & Rethwisch 2008). Ashby (2005) indica que es conveniente clasificar los materiales en seis familias: metales, polímeros, elastómeros, cerámicos, vítreos e híbridos. Los miembros de cada familia comparten ciertas características en común, similares procesos y a menudo similares aplicaciones.

Los metales tienen módulos relativamente altos. La mayoría, cuando son puros, son suaves y fáciles de deformar. Se pueden fortalecer mediante aleaciones, tratamientos de calor y máquinas.

Las cerámicas también tienen altos módulos, pero a diferencia de los metales, son frágiles. Su resistencia en tensión significa la resistencia a la fractura quebradiza. Los vidrios son sólidos, no cristalinos. La falta de estructura cristalina suprime la plasticidad, entonces como las cerámicas, los vidrios son duros, frágiles y vulnerables a cualquier presión o estrés. Los polímeros tienen módulos que son bajos, aproximadamente 50 veces menos que los de los metales, pero pueden ser fuertes, casi tanto como algunos metales. La temperatura a la cual son sometidos hará que cambien su estado, a 20°C pueden ser flexibles y resistentes, a los 4 ° C pueden ser frágiles y a los 100 ° C maleables. Híbridos son combinaciones de dos o más materiales en una configuración y escala predeterminada. Combinan las propiedades atractivas de las otras familias de materiales y evitan algunos de los inconvenientes que presentan otros materiales.

### 2.10.1 Latón

El latón es una aleación entre el cobre y el zinc en proporciones que normalmente varían dependiendo de los requisitos mecánicos o eléctricos que tenga el producto final. El cobre, latón y bronce se usan ampliamente en una variedad de productos que permiten mejorar nuestra vida cotidiana. Estos tienen excelentes conductividad eléctrica y térmica, exhiben buena resistencia y formabilidad, tienen una resistencia sobresaliente a la corrosión, la fatiga y no son magnéticos. Son fáciles de soldar mediante métodos de gas, arco y resistencia. Se pueden pulir hasta cualquier textura y brillo deseado. Se usan ampliamente para radiadores automotrices, intercambiadores de calor, sistemas de calefacción del hogar, colectores solares y otras aplicaciones que requieren una conducción rápida del calor. Se usan en tuberías, válvulas y accesorios en sistemas que transportan agua potable, agua de proceso u otros fluidos acuosos y gases industriales debido a su capacidad para resistir la corrosión. Son ideales cuando es importante

minimizar los niveles bacterianos en las superficies táctiles, ya que tienen una capacidad inherente para matar bacterias. (Maffia, 2013)

## 2.10.2 Acero Inoxidable

El hierro y la aleación de hierro más común, el acero, son, desde el punto de vista de la corrosión materiales relativamente pobres ya que se oxidan en el aire, se corroen con los ácidos y se incrustan en la atmosfera del horno. A pesar de esto, hay un grupo de aleaciones a base de hierro, las aleaciones de hierro-cromo-níquel conocidas como aceros inoxidable, que no se oxidan en el agua de mar, son resistentes a los ácidos concentrados y no se escaldan a temperaturas de hasta 1100 grados centígrados.

Los grados inoxidable más utilizados son los aceros auténticos tipo 18/9, es decir AISI 304 y 304L, que forman más del 50 % de la producción mundial de acero inoxidable. Los elementos de aleación tienen un efecto específico sobre las propiedades del acero. Es el efecto combinado de todos los elementos de aleación y en cierta medida las impurezas, que determinan el perfil de propiedad de un determinado grado de acero. Para entender por qué diferentes grados tienen diferentes composiciones, a continuación, se muestra una breve descripción de los elementos de aleación y sus efectos sobre la estructura y sus propiedades (Leffler, 2013).

### Cromo (Cr)

Este es el elemento de aleación más importante en los aceros inoxidable ya que es el que da su resistencia a la corrosión básica. Entre más cromo más resistencia a la oxidación a altas temperaturas. El cromo promueve una estructura ferrítica.

### Níquel (Ni)

El níquel generalmente aumenta la ductilidad y tenacidad, también reduce la velocidad de corrosión y por lo tanto es ventajoso en entornos ácidos. Los aceros endurecidos de níquel también se utilizan para formar los compuestos intermetálicos que se utilizan para aumentar la resistencia.

### Molibdeno (Mo)

Aumenta sustancialmente la resistencia a la corrosión general y localizada, aumenta la resistencia mecánica y promueve una estructura ferrítica. En aceros martensíticos aumentara la dureza a temperaturas más altas debido a sus efectos sobre la precipitación de carburo.

### Cobre (Cu)

El cobre mejora la resistencia a la corrosión en ciertos ácidos y promueve una estructura austenítica.

### Manganeso (Mn)

Se usa generalmente en aceros inoxidables para mejorar la ductilidad en entornos calientes. Su efecto sobre la ferrita/austenita varía dependiendo de la temperatura: a baja temperatura, el manganeso es un estabilizador de austenita, en altas temperaturas estabiliza la ferrita. El manganeso aumenta la solubilidad del nitrógeno y se utiliza para obtener altos contenidos de nitrógeno en aceros austeníticos.

### Silicio (Si)

El silicio aumenta la resistencia a la oxidación, tanto en altas temperaturas como en soluciones que oxidan a bajas temperaturas. Promueve la estructura ferrítica.

### Carbono (C)

El carbono es un fuerte formador de austenita y promueve fuertemente una estructura austenítica. Aumenta la resistencia mecánica. Reduce la resistencia a la corrosión intergranular. En aceros inoxidables ferríticos el carbono reducirá fuertemente la tenacidad y la resistencia a la corrosión. En los aceros martensíticos y martensíticos-austeníticos el carbono aumenta la dureza y la resistencia. Cuando se incrementa la dureza y la resistencia en los aceros martensíticos se acompañará por una disminución de la tenacidad de estos aceros.

### Nitrógeno (N)

El nitrógeno fomenta una estructura austenítica. Aumenta la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión localizada, especialmente en combinación con molibdeno. En los aceros inoxidables ferríticos el nitrógeno reducirá a gran medida la tenacidad y la corrosión.

### Titanio (Ti)

El titanio es un formador de ferrita y carburo fuerte, lo que reduce el contenido efectivo de carbono y promueve una estructura ferrítica de dos maneras. En aceros austeníticos se agrega para aumentar la resistencia hacia la corrosión intergranular y también aumenta las propiedades mecánicas en altas temperaturas.

## 2.11 Propiedades de los Materiales

Los materiales se clasifican en varios grupos principales: metales, cerámicos, polímeros, semiconductores y compuestos. El comportamiento de los materiales en cada uno de estos grupos es definido por su estructura, la estructura electrónica del átomo determina la naturaleza de los enlaces atómicos, la cual ayuda a fijar las propiedades mecánicas y físicas de un material.

Deben tomarse diversas decisiones al seleccionar los materiales a incorporar en un diseño, incluyendo si los materiales pueden ser transformados de manera consistente en un producto, con las tolerancias dimensionales correctas, si pueden mantener la forma correcta durante su uso y si el material es compatible con otras partes de un ensamble y se puede unir fácilmente con ellas (Askeland, 2003).

### 2.11.1 Propiedades físicas

Describen características como color, elasticidad, conductividad eléctrica o térmica, magnetismo y comportamiento óptico, que por lo general no se alteran por fuerzas que actúan sobre el material (Askeland, 2003).

### 2.11.2 Propiedades mecánicas

Propiedades de un material, como la resistencia, que describen la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión y compresión, fuerzas de cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas.

### 2.11.3 Módulo de Young

El módulo de Young ( $E$  o  $Y$ ) es una medida de la rigidez o resistencia de un sólido a la deformación elástica bajo carga. Relaciona la tensión (fuerza por unidad de área) a la deformación (deformación proporcional) a lo largo de un eje o línea. El principio básico es que un material sufre una deformación elástica cuando se comprime o se extiende, volviendo a su forma original cuando se retira la carga. Mas deformación se produce en un material flexible en comparación con la de un material rígido. (ASTM,2011)

### 2.11.4 Resistencia a la fatiga

Mide la resistencia de un material a la fatiga, cuando se aplica de manera cíclica un esfuerzo por debajo del esfuerzo de cedencia. (Askeland, 2003)

### 2.11.5 Resistencia a la tensión

Mide la respuesta de un material a una fuerza uniaxial aplicada lentamente. De ahí se obtiene el esfuerzo de cedencia, la resistencia a la tensión, el módulo de elasticidad y la ductilidad del material. (Askeland,2003)

### 2.11.6 Módulo de ruptura

El módulo de ruptura de un material es la cantidad máxima de tensión que puede soportar antes de fallar, como la rotura o la deformación permanente. Este módulo, especifica el punto cuando un material pasa de la deformación elástica a la plástica. Se expresa como el mínimo esfuerzo de tracción (fuerza por unidad de área) necesario para dividir el material. (Schmid, 2002)

### 2.11.7 Dureza

La prueba de dureza mide la resistencia de la superficie de un material a la penetración por un objeto duro, en el ensayo de dureza de Rockwell se utiliza una esfera de acero para materiales blandos y un cono de diamante para materiales más duros. La profundidad de la penetración es medida y se convierte a índice de dureza de Rockwell (HR). (Askeland,2003)

### 2.11.8 Tipos de fallas

Las fallas en los materiales metálicos o poliméricos, que se pueden exhibir mediante deformaciones plásticas relativamente grandes, así como el efecto de la distribución de las imperfecciones y del tamaño de estas, no se presentan igual en las cerámicas y vidrios. (Askeland,2003)

### 2.11.9 Falla por fatiga

La falla es una disminución de la resistencia debido a un esfuerzo repetitivo el cual puede estar por encima o debajo de la resistencia a la fluencia. Es común en objetos que están sujetos de manera constante a esfuerzos repetitivos en la forma de tensión, compresión, flexión, vibración, expansión térmica y contracción u otros esfuerzos. (Askeland,2003)

### 2.11.10 Falla por corrosión

La corrosión es una falla en un elemento resultado de un proceso químico en el cual el material reacciona con elementos de su entorno, reacción que altera sus propiedades, reduciendo su dureza, resistencia mecánica y en casos generando grietas. (Askeland,2003)

## Capítulo 3

### Materiales y métodos

#### 3.1 Adquisición de datos

Los datos recolectados para el presente trabajo tuvieron cinco fuentes.

- El diseño de la roseta proviene del software Windchill. En el mismo se especifican las dimensiones, materiales aprobados y especificaciones con las cuales debe cumplir el componente.
- Se utilizó el software CES Edupak para la selección de la materia prima ideal, en base a sus características.
- La cotización y negociación se consultó con el proveedor para la nueva roseta en diferentes materias primas, lo cual aportará valor para el análisis financiero.
- Los análisis de reportes de entradas y salidas se generaron en Oracle con el fin de visualizar cuánto tiempo se lleva cargando inventario sin consumo de las materias primas seleccionadas y por ende poder aportar información para el análisis financiero del caso.
- Los reportes de resultados de las pruebas en base al BHMA que se llevaron a cabo en varias instalaciones de Allegion.

##### 3.1.1 CES Edupak

Como apoyo para la selección de materiales, se utilizó el software CES Edupak, una herramienta diseñada para la educación en Ingeniería, diseño, ciencias y desarrollo sustentable que se especializa en la selección sistemática de materiales. Particularmente se consultó un acero inoxidable que cumpla con las características del diseño.

##### 3.1.2 Cotización por parte del proveedor establecido

La cotización que se menciona en la introducción se logró con base en el acuerdo que Allegion estará enviando materia prima cada 3 meses aproximadamente al proveedor. Vía confirmación electrónica del proveedor, cada rollo de acero inoxidable resulta en un total de 50,000 rosetas aproximadamente. Dado que la materia prima se encuentra en Olathe, Kansas, se necesita enviar a la ciudad de Los Ángeles vía camión y después vía flete marítimo a Shanghái, China.

Tabla 1. Cotización de roseta de acero inoxidable.

Material	EAU	Leadtime	Price per Unit	MOQ	Standard Pack
Current BR	120,000	90	\$ 0.1895	1,000	100
New SS	120,000	90	\$ 0.2585	1,000	100

### 3.1.3 Información de Oracle

Oracle es el ERP (Enterprise Resource Planning, por sus siglas en inglés) utilizado. En esta base de datos se puede gestionar finanzas, cadena de suministro, transporte y otros aspectos de las industrias para su mejor administración. En este se visualizaron datos como:

- Fechas de entrada al inventario neto de materias primas
- Registro de precios a los cuales se compraron materiales
- MRP (Material Requirements Planning, por sus siglas en inglés), la cual es esencial para la planificación de los materiales, control de inventario y producción.

## 3.2 Metodología de trabajo para el equipo de NPI

Se siguió el trabajo estándar de las diferentes áreas involucradas que está establecido actualmente para los cambios de materia prima. Las áreas involucradas fueron: Implementación de nuevos productos (New product implementation, NPI por sus siglas en inglés), NPI Materiales, Manufactura, Calidad, Ingeniería y Calidad de proveedores. Es la norma que cada proyecto tenga cinco fases, sin embargo, a veces se presentan casos particulares en los cuales el proyecto puede tener tres o cuatro fases. Debido a diferencias entre los proyectos no siempre se cumplen todas las tareas indicadas por el proceso de desarrollo de proyecto (Project Development Process, PDP por sus siglas en inglés). A continuación, se presentan las actividades que cada integrante del equipo puede o debe desarrollar:

### 3.2.1 Actividades del integrante de NPI.

El integrante de NPI debe de cumplir con las siguientes actividades principales y en la Tabla 2 se muestran todas sus posibles responsabilidades:

- Liderar el proyecto
- Administrar juntas del equipo tanto interno como externo (corporativo)

- Llevar control del PDP del proyecto
- Asignar tareas para cumplir con el proyecto en tiempo y forma.

Tabla 2. Actividades, entregables y roles del integrante de NPI.

PDP ACTIVIDADES CRITICAS	PDP ENTREGABLES	Trabajo STD	Rol
Recursos / necesidades de personal para la próxima fase	Pendiente - Plantilla de Rastreador de recursos	TBD	Contribuyente
	Proyecto Lecciones aprendidas	E-FNP-004	Lider
Gastos, capital, recursos, estimaciones & lecciones aprendidas	Rastreador de gastos	E-FNP-013	Lider
Plan de recursos - Personal indirecto	Pendiente - Plantilla de Rastreador de recursos	TBD	Contribuyente
Traspaso a Producción y cierre de sesión	Pendiente - Plantilla de presentación de tras	TBD	Contribuyente
	Lista de verificación de preparación de piloto	E-FNP-003	Lider
Gemba Walk y revisión de MDI	Rastreador de metricos para proyectos	E-FNP-014	Lider
Horario (s)	Pendiente - Programar plantilla de diagrama	TBD	Lider
Revisión de liderazgo de OPS	Pendiente	TBD	Lider
OTR / diagnóstico para OPS	Pendiente	TBD	Contribuyente
Corridas Pilotos - Ejecución y Documentación	Lista de verificación de preparación de piloto	E-FNP-003	Contribuyente
	Plan de ejecución piloto / Informe	E-FNP-006	Contribuyente

### 3.2.2 Actividades del integrante de NPI Materiales.

El integrante de NPI Materiales debe de cumplir con las siguientes actividades principales y en la Tabla 3 se muestran todas sus posibles responsabilidades:

- Responsable de comprar las primeras unidades
- Actualización del maestro de materiales en Excel y Oracle
- Disponibilidad al 100% de materiales para las corridas pilotos
- Creación de cadena de suministro en Oracle

Tabla 3. Actividades, entregables y roles del integrante de NPI Materiales

PDP ACTIVIDADES CRITICAS	PDP ENTREGABLES	Trabajo STD	Rol
Gestión de inventario	Phase In/Phase Out, OSMI Report	E-ITR-005-C	Lider
Item Master	Item Master	TBD	Contribuyente
Plan de almacenamiento	PFEP	E-FNP-002	Lider
Plan y tracking para disponibilidad para construir	Parts Tracker	TBD	Lider
	Lista de verificación de preparación de piloto	E-FGC-122	Lider
Actividad: Revisar archivos de pronóstico	Visibilidad en MRP	N/A	Lider
Plantilla de compromiso de la cadena de suministro Proveedores nuevos y existentes	Pronosotico presentado y confirmado por el	E-FCA-041-B	Lider
Proceso de segregación de inventario	DOA	E-FFI-001-E	Lider
Colocar todas las órdenes de compra generales y estándar para proveedores externos	Blanket PO's en ERP	N/A	Lider
Pronósticos, stock de seguridad, niveles mínimos / máximos	Organizacion de partes - ORACLE	N/A	Lider
Lista de elementos procesados externos	Planning Detail (Reporte de Oracle)	N/A	Lider
Plan para cada parte	PFEP	E-FNP-002	Lider
Órdenes de producción	Planning Detail (Reporte de Oracle)	N/A	Lider
Transición de compras NPI a compras de Planta	Checklist de Transferencia	TBD	Lider

### 3.2.3 Actividades del integrante de Manufactura.

El integrante de Manufactura debe de cumplir con las siguientes actividades principales y en la Tabla 4 se muestran todas sus posibles responsabilidades:

- Responsable de medir capacidad
- Equipar celdas
- Crear el proceso de ensamble
- Cumplimientos de seguridad e higiene
- Ejecución de corridas piloto
- Control de procesos.

Tabla 4. Actividades, entregables y roles del integrante de Manufactura.

PDP ACTIVIDADES CRITICAS	PDP ENTREGABLES	Trabajo STD	Rol
Problemas heredados y lecciones aprendidas	Libro de trabajo de MFG: proceso de un vist	E-FNP-028	Lider
Gastos, Capital, Recursos \$ Estimaciones	Libro de ejercicios MFG: definición del presu	E-FNP-021	Lider
Eliminación de activos	Formato de disposición de activos	E-FFI-004	Lider
Proceso de ensamblaje	Libro de ejercicios MFG: proceso de un vista	E-FNP-017	Lider
Equipamiento, celda de producción y diseño	Libro de ejercicios MFG - Layout Templete	E-FIAM-002	Lider
	Solicitud de equipo y especificaciones	E-FNP-029	Lider
Cumplimiento de Seguridad e higiene	Formulario de solicitud de demanda de IT	TBD	Contibuyente
	Identificación y Evaluación de peligros y ries	RB-FSHA-003	Lider
	Análisis de Riesgo en Maquinaria	RB-FSHA-012	Lider
	Análisis Ergonomico (BEST & BRIEF)	RB-FSHA-011	Lider
	Identificación de aspectos e impactos ambi	RB-FSHA-008	Lider
	Lista de impactos a la salud, seguridad y me	RB-FSHA-010	Lider
Modelo de capacidad - (capacidad instalada)	MFG workbook - Análisis de capacidad	E-FNP-018	Lider
Plan de recursos - Personal de producción por hora	Libro de ejercicios MFG - Definición del proc	E-FNP-015	Lider
Enrutadores y sistemas ERP	Libro de ejercicios MFG - Definición del proc	E-FNP-015	Lider
	Departamento y Recursos Templete	TBD	Lider
PFMEA - Proceso FMEA	MBOM RTG Templete	TBD	Lider
Revisión de lanzamiento de dibujo	MFG workbook - PFMEA	E-FGC-144	Lider
Base de datos de problemas del producto (FRACAS)	Pendiente - Definir pautas o proceso	TBD	Contibuyente
Corridas Piloto - Ejecución y Documentación	Herramienta - Test Track Pro	REL.000.INST	Contibuyente
	Formato Validacion Capacidad CPK y R&R	E-FNP-008	Contibuyente
	Formato de validacion de equipo de Prueba	E-FNP-007	Contibuyente
	Aprobacion de Equipos y Herramientas para	IE-INP-012	Contibuyente
	Templete estándar RACI	TBD	Lider
	Mfg costos de lista de materiales en Rastreador de piezas y ERP	Rastreador de piezas	PMO.030.EXMP
Plan de control / Controles de proceso	Libro de control de calidad - Plan de control	E-FGC-122	Contibuyente
Sistema de extracción de material	Libro de ejercicios MFG: plan para cada part	E-FNP-020-A	Contibuyente
DFMEA - Diseño FMEA	Entregable Corporativo	REL.001.TMPL	Contibuyente
Requisitos de prueba de fábrica (prueba de fábrica)	Pendiente	TBD	Contibuyente
Recolección de datos, informes y sistemas de mejora	Rendimiento de métricas	E-FNP-014	Contibuyente

### 3.2.4 Actividades del integrante de Calidad

El integrante de Calidad debe de cumplir con las siguientes actividades principales y en la Tabla 5 se muestran todas sus posibles responsabilidades:

- Responsable por la gestión de las características significativas del material
- Planes de evaluación
- Recolección de datos

- Pruebas de cobertura.

Tabla 5. Actividades, entregables y roles del integrante de Calidad

PDP ACTIVIDADES CRITICAS	PDP ENTREGABLES	Trabajo STD	Rol
Gestión de características significativas / críticas	Libro de control de calidad - Plan de control	E-FGC-122	Lider
Plan			
Evaluación de rendimiento, calidad y garantía del proveedor	QA Workbook	E-FNP-028	Lider
Recolección de datos, informes y sistemas de mejora.	Libro de trabajo de métrica de salida de fase	E-FNP-014	Lider
Allegion - Planeacion de Calidad	Libro de ejercicios MFG - PFMEA	E-FGC-144	Contibuyente
	Libro de control de calidad - Plan de control	E-FGC-122	Lider
Requisitos de trazabilidad	Libro de control de calidad: diagrama de fluj	TBD	Lider
Prueba de cobertura (proveedor)	Libro de control de calidad - Cobertura de pr	TBD	Lider
Prueba de cobertura (proceso MFG)	Libro de control de calidad - Estrategia de pr	TBD	Lider
DVP & R Plan y Resultados	Pendiente - Plantilla corporativa	TBD	Lider
Evaluar la decisión de hacer / comprar productos / componentes	Pendiente - Plantilla corporativa	TBD	Contibuyente
Revisión de lanzamiento de dibujo	Pendiente - Definir pautas o proceso	TBD	Contibuyente
DFMEA - Diseño FMEA	Entregable Corporativo	REL.001.TMPL	Contibuyente
Requisitos de prueba de fábrica (prueba de fábrica)	Pendiente	TBD	Contibuyente

### 3.2.5 Actividades del integrante de Ingeniería.

El integrante de Ingeniería debe de cumplir con las siguientes actividades principales y en la Tabla 6 se muestran todas sus posibles responsabilidades:

- Es responsable del equipamiento y diseño de la celda de producción
- Equipos para producción
- Prueba de fábrica.

Tabla 6. Actividades, entregables y roles del integrante de Ingeniería

PDP ACTIVIDADES CRITICAS	PDP ENTREGABLES	Trabajo STD	Rol
Equipamiento, celda de producción y diseño	Documento de requisitos de equipo	E-DNP-002	Lider
	Pendiente - Revisión del diseño del equipo	TBD	Lider
Mantenimiento Productivo Total	Manual de mantenimiento	E-FIAE-002	Lider
	Solicitud de Alta de equipos a Mantenimiento	E-FIAE-002	Lider
	Checklist para la entrega de Equipos	E-FNP-005	Lider
Requisitos de prueba de fábrica (prueba de fábrica)	Pendiente - Requerimientos a Diseño	TBD	Lider
	Plan de prueba de equipo	E-FNP-016	Lider

### 3.2.6 Actividades del integrante de Calidad de proveedores.

El integrante de Calidad de proveedores de cumplir con las siguientes actividades principales y en la Tabla 7 se muestran todas sus posibles responsabilidades:

- Gestión de características críticas del material
- Plan para evaluar el rendimiento, calidad y garantía del proveedor
- La planificación y programación de las aprobaciones del proceso de aprobación de partes de producción (production part approval process, PPAP, por sus siglas en ingles).

Tabla 7. Actividades, entregables y roles del integrante de Calidad de proveedores

PDP ACTIVIDADES CRITICAS	PDP ENTREGABLES	Trabajo STD	Rol
Gestión de características significativas / críticas	PPAP Workbook	GDC-QF-003-4	Lider
Plan para evaluación de rendimiento, calidad y garantía del proveedor	E-FCA-053 y métricas de proveedores de Am	E-FCA-053 & Americas supplier metrics	Lider
Recolección de datos, informes y sistemas de mejora	Lista de directrices de calidad del proveedor	TBD	Lider
Planificación, programación y aprobaciones de proveedores PPAP	PPAP Plan	E-FNP-026	Lider
Evaluación en el sitio (OSA)	Pendiente encontrar template - entregable p	SQC-QF-003	Contibuyente
Requisitos de trazabilidad	Lista de pautas de calidad del proveedor, en	E-FNP-027	Lider
Embalaje de componentes del proveedor	PPAP Workbook	GDC-QF-003-4	Lider
Prueba de cobertura (proveedor)	PPAP Workbook	GDC-QF-003-4	Lider
Revisión de lanzamiento de dibujo	Entrega de calidad de revisión de diseño	E-FNP-027	Contibuyente

### 3.3 Plan de pruebas programadas en base a los estándares BHMA

En la realización de las pruebas mecánicas y ambientales se utilizó la cantidad de unidades que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Cantidad de unidades programadas para pruebas

Materia prima	Cantidad	Pruebas
S30200	100	3 pruebas de torque y prueba de ciclo del chasis
S30200	100	Prueba de salinidad para materiales y acabados / Prueba de temperatura variante
S30400	100	3 pruebas de torque y prueba de ciclo del chasis
S30400	100	Prueba de salinidad para materiales y acabados / Prueba de temperatura variante
S30403	0	Comparativo de los resultados de las pruebas del material S30400
S30403	100	Prueba de salinidad para materiales y acabados / Prueba de temperatura variante
S30500	0	Comparativo de los resultados de las pruebas del material S30400
S30500	100	Prueba de salinidad para materiales y acabados / Prueba de temperatura variante

### 3.4 Pruebas de durabilidad

Las pruebas de durabilidad aseguran que el producto cumpla su tiempo de vida pronosticado para cada uno de los grados. Estas pruebas incluyen: torque para retraer el pasador sin cargar (Torque to Retract Unloaded Bolt), torque para retraer el pasador precargado (puerta deformada) (Torque to retract preloaded bolt, warped door), torque para enganchar la puerta desbloqueada. (Torque to latch unlocked door), prueba de ciclo del chasis (Chassis Cycle Test) y prueba por golpe (Slam door test). (BHMA, 2015)

#### 3.4.1 Torque para retraer el pasador sin cargar

Para realizar esta prueba, un medidor de torque es aplicado a la palanca con dirección hacia abajo hasta que el pasador salga de la placa. La medición del torque para retraer el pasador no debe exceder el máximo especificado (BHMA, 2015). En la siguiente tabla se muestran los valores a cumplir para cada uno de los Grados.

Tabla 9. Requerimientos máximos de torque para retraer el pasador sin cargar.

<b>Requerimientos de fuerza para retraer pasador</b>	
Boton de Giro	9 lbf (40N)
Palancas	28 lbf-in (3.1 Nm)
Perillas	9 lbf-in (1 Nm)
llave	9 lbf-in (1 Nm)

#### 3.4.2 Torque para retraer el pasador precargado (puerta deformada)

Desarrollar los pasos de la prueba anterior mientras es aplicada una fuerza de 30 lbf (133 N) perpendicular a la puerta en un punto una pulgada (25,4 mm) desde el borde de la cerradura de la puerta y en la línea central del cerrojo para simular la extracción del clima. El 30 lbf (133 N) debe cargar el pasador de seguridad contra el golpe en la dirección de apertura de la puerta. El torque máximo medidos para retraer el pasador de la placa no debe exceder el máximo especificado (BHMA, 2015). En la siguiente tabla se muestran los requerimientos para cada grado.

Tabla 10. Requerimiento máximo de torque para retraer el pasador precargado.

<b>Requerimientos maximos de Torque</b>	
Boton de Giro	40 lbf (180N)
Palancas	70 lbf-in (8Nm)
Perillas	45 lbf-in (5Nm)
Llave	33 lbf-in (3.7Nm)

### 3.4.3 Torque para enganchar la puerta desbloqueada

Usando una placa y una montura, se aplica un medidor de fuerza perpendicular a la cara de la puerta a un punto de una pulgada (25,4 mm) desde el borde de la cerradura de la puerta y en la línea central del pestillo cuando la puerta está abierta justo dentro de 1/4 de pulgada (6.4 mm) del cerrojo que entra en contacto con el borde del golpe. Debe cerrarse la puerta lentamente presionando el medidor de fuerza contra la puerta hasta que el pasador entre completamente en la abertura de la placa. La prueba se llevará a cabo en condiciones bloqueadas y desbloqueadas (BHMA, 2015). El requerimiento máximo para todos los grados es de 4.5 lbf (20N).

### 3.4.4 Prueba de ciclo del chasis

Usando las mismas muestras que hayan superado con éxito las pruebas anteriores, cargue los valores a la máquina de ciclos como están señalados en la Tabla 11, para el grado que corresponda. Este requisito de prueba simula el tirar de una puerta para abrirla con una palanca mientras se la resiste un cerrador. La carga no debe aplicarse durante la retracción del pasador (BHMA, 2015).

Tabla 11. Requerimiento de cumplimiento en números de ciclo y carga por grado de cerradura.

<b>Requerimientos de ciclo y cargas</b>		
Grado A	Grado B	Grado C
400,000 ciclos	300,00 ciclos	150,000 ciclos
Carga de 5 lbf(22N)	Carga de 3 lbf(13N)	Carga de 3 lbf(14N)

Las cerraduras deben ciclarse con una carga aplicada a la palanca activa a dos pulgadas de la línea central del componente giratorio (spindle, por su significado en inglés), perpendicular y alejada de la puerta. Se

realizarán ciclos en una dirección solo hasta que se hayan cumplido los ciclos totales para la calificación que se está evaluando. La velocidad del ciclo será de un máximo de 30 ciclos por minuto (cpm) (BHMA,2015).

Al 50% de la Prueba de Ciclo es permitido el reposicionamiento y el ajuste, luego deberán repetirse las pruebas que se realizaron antes de la de ciclos, ahora tomando en cuenta los valores de la Tabla 12, se deben completar los requisitos de ciclo restantes.

Tabla 12. Requerimientos de fuerza máxima requerida en pruebas de durabilidad después de cumplir con 50% de ciclos.

Description		Grados	Requerimientos
8.1	Toque máximo de palanca	Todos	34 lbf-in (3.7Nm)
	Torque máximo de perilla	Todos	11 lbf-in (1.2Nm)
	Botón de giro de manija de entrada	Todos	11 lbf (49 N)
	Torque máximo de llave	Todos	11 lbf-in (1.2Nm)
8.2	Toque máximo de perilla en puerta deformada	Todos	54 lbf-in (6Nm)
	Toque máximo de palanca en puerta deformada	Todos	85 lbf-in (9.6 Nm)
	Fuerza máxima de botón de giro en puerta deformada	Todos	48 lbf (216N)
	Torque máximo de llave en puerta deformada	Todos	40 lbf-in(Nm)
8.3	Minima proyección de pasador	Todos	13/64 in (5.1mm)
8.4	Minima proyección auxiliar del pasador de barra	Todos	11/64 in (mm)
8.5	Maxima fuerza para el pasador	Todos	5.4 lbf (24 N)

### 3.4.5 Prueba por golpe

La prueba consta de impactar la cerradura con un ariete a diferentes fuerzas. Los golpes se clasifican en ligeros, medianos, pesados y extrapesados. Para que la cerradura pueda cumplir con el grado 2 del IRTM 1.06 debe de cumplir con 3 golpes de cada clasificación. Para los golpes ligeros se deja caer el ariete desde un ángulo equivalente a 40° perpendicular a la puerta. El golpe mediano deja caer el ariete desde un ángulo de 60° perpendicular a la puerta. El golpe pesado deja caer el ariete desde un ángulo de 105° perpendicular a la puerta. El golpe extrapesado sobre pasa los 120°. Al terminar la prueba todos los componentes deben de seguir en sus posiciones originales y la cerradura debe de ser funcional por el lado interior y exterior.

## 3.5 Pruebas ambientales

Las pruebas ambientales evalúan la resistencia de los materiales o productos en los diferentes estados del medio ambiente. Estas pruebas incluyen: Prueba de salinidad para materiales y acabado y prueba de temperatura variante.

### 3.5.1 Prueba de Salinidad para Materiales y Acabados

Las muestras son analizadas de acuerdo con la norma ASTM B117 y según los requisitos dictados por el respectivo documento MFC-13 (*Manufacturing Change*, por sus siglas en inglés). Las muestras de material con y sin acabado se exponen continuamente a un 5% de sal de Cloruro de Sodio a excepción del tiempo para recopilar datos. Para que las muestras sean consideradas como aceptables deben cumplir con los siguientes criterios:

- Sin material de base o sustrato, la corrosión excede un punto visible a simple vista por pulgada cuadrada (25.4 mm cuadrados) de superficie significativa y sin ningún punto mayor de 1/16 pulg. (1.6 mm) de diámetro.
- La propagación de la corrosión en superficies significativas que se originan a partir de orificios, bordes, rebajes y bases de ángulos, no debe exceder 1.6 mm.
- Las manchas no deben exceder el 5% del área de superficie significativa del componente bajo prueba y sin ningún punto mayor a 1/4 pulg. (6.4 mm) de diámetro.

### 3.5.2 Prueba de temperatura variante

Las muestras son analizadas de acuerdo con la norma ASTM B117 y según los requisitos dictados por el respectivo documento MFC-13. Las muestras de material con y sin acabado se exponen continuamente a una temperatura de 60 a 90° C por varias duraciones cada vez más elongadas, aparte del tiempo para recopilación de datos se deben dejar a temperatura ambiente por un tiempo designado. Las muestras de material con y sin acabado se exponen continuamente a una temperatura de 20 a -10° C por varias duraciones cada vez más elongadas, aparte del tiempo para recopilación de datos se deben dejar a temperatura ambiente por un tiempo designado. Para que las muestras sean consideradas como aceptables deben cumplir con los siguientes criterios:

- En el caso donde se prueba la materia prima sin acabado, el material debe presentar las mismas dimensiones previamente aprobadas.
- En el caso donde se prueba la materia prima con acabado, el material debe presentar las mismas dimensiones previamente aprobadas y el acabado debe permanecer con el mismo tono y superficie.

### 3.6 Cronograma

ACTIVIDADES / ESTRATEGIAS	RESPONSABLE	Evidencia	FECHA		% Cumpl.
			Inicio	Fin.	
Junta para selección de materias primas	Pablo Amighetti	Bitacora de Junta	27	27	100.0
Aprobar compra de rosetas en SS	Kasey Wachtendorf	Correo electronico con aprobación	29	29	100.0
Colocar orden de compra para muestras en SS	Pablo Amighetti	PDF de Orden de compra	30	30	100.0
Pruebas dimensionales para la roseta en SS	Carlos Ivan Leon	Hoja de resultados	34	34	100.0
Enviar a proveedor de platinado para procesar unidades en sus respectivos acabados	Pablo Amighetti	PDSO de envio a proveedor	34	36	100.0
Pruebas dimensionales para la roseta en SS con acabados	Carlos Ivan Leon	Hoja de resultados	36	36	100.0
Pruebas de BHMA fuera de planta para cerraduras completas	Proveedor externo	Hoja de resultados	37	45	100.0

## Capítulo 4

### Resultados

A continuación, se revisaron los gráficos obtenidos mediante el software CES Edupak y los resultados de pruebas mecánicas y ambientales realizadas en las rosetas seleccionadas. Se muestra el análisis financiero como respaldo para la elección del material alternativo al latón.

#### 4.1 Selección de material

Las propiedades tomadas en consideración fueron las siguientes:

- Densidad
- Módulo de Ruptura
- Módulo de Young
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia a la tensión

Las propiedades más importantes son las previamente enlistadas ya que el objetivo principal es la disminución de la deformación mecánica que se presenta en las rosetas hechas de latón C26800. De 100 materiales propuestos por el software CES Edupak, 14 fueron identificados como sustitutos viables del Latón, estos se muestran en la Figura 6.

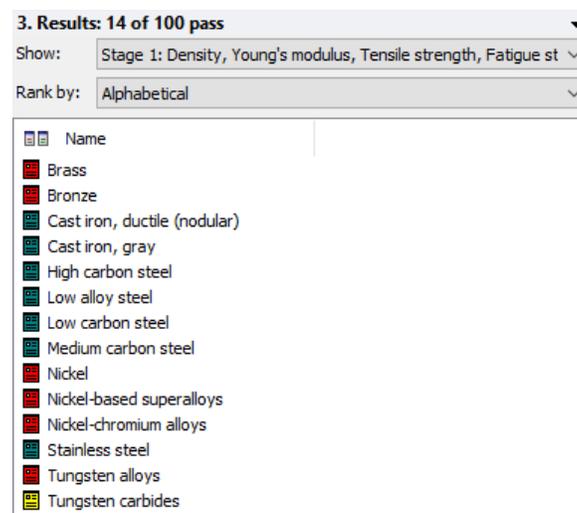


Figura 6. Materiales viables como sustitutos del latón (Ces Edupak Software).

En las siguientes figuras se presentan los gráficos obtenidos con el software CES Edupak que muestran la relación entre las propiedades mencionadas anteriormente.

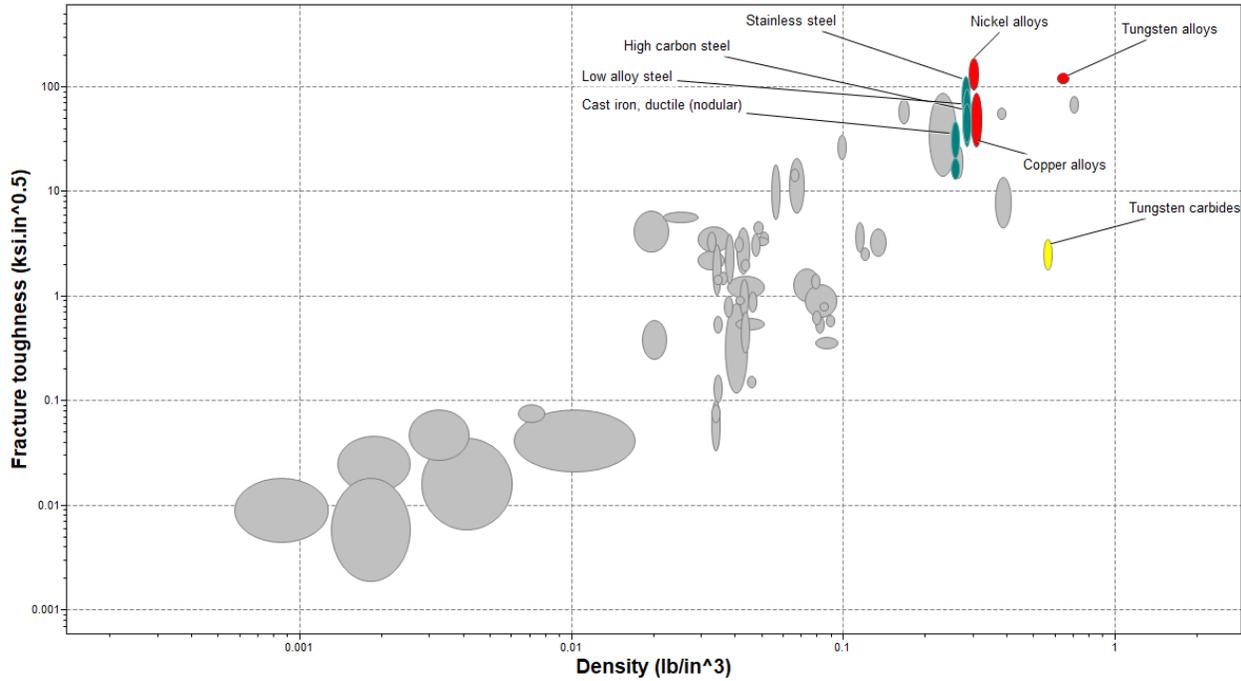


Figura 7. Relación entre el Módulo de Ruptura y la Densidad para los distintos materiales.

La Figura 7 muestra la relación entre la densidad de los materiales recomendados y su Módulo de ruptura. Como se puede visualizar en la Figura 7, el acero inoxidable muestra mayor módulo de fractura a una densidad menor que el del latón. El latón es considerado dentro de las aleaciones de cobre, en la Figura 7, denominados como “*copper alloys*”.

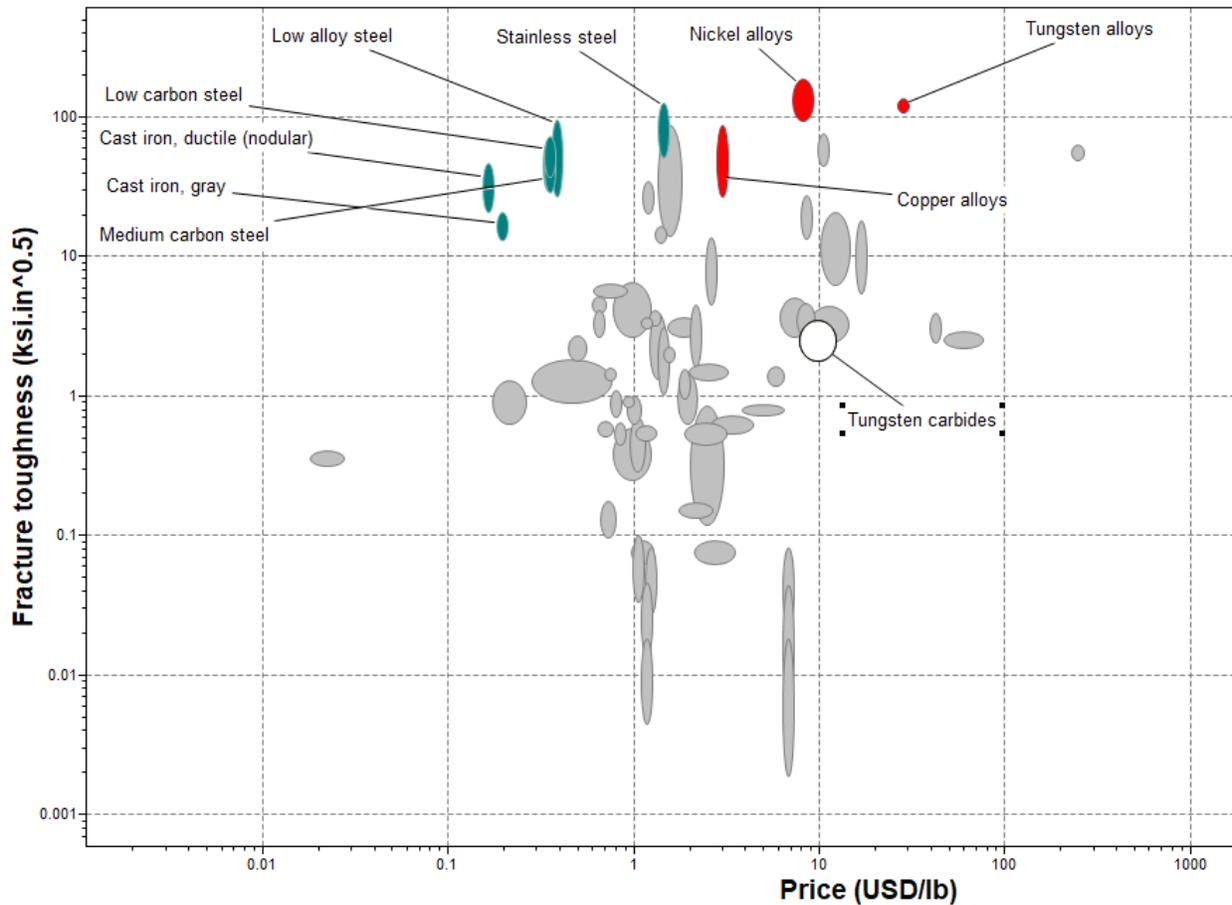


Figura 8. Relación entre el Módulo de Ruptura y el precio para los distintos materiales.

La Figura 8 muestra la relación entre el precio de los materiales recomendados y su Módulo de ruptura. Como se puede ver en esta figura, el acero inoxidable muestra mayor módulo de fractura a un precio menor que el del latón

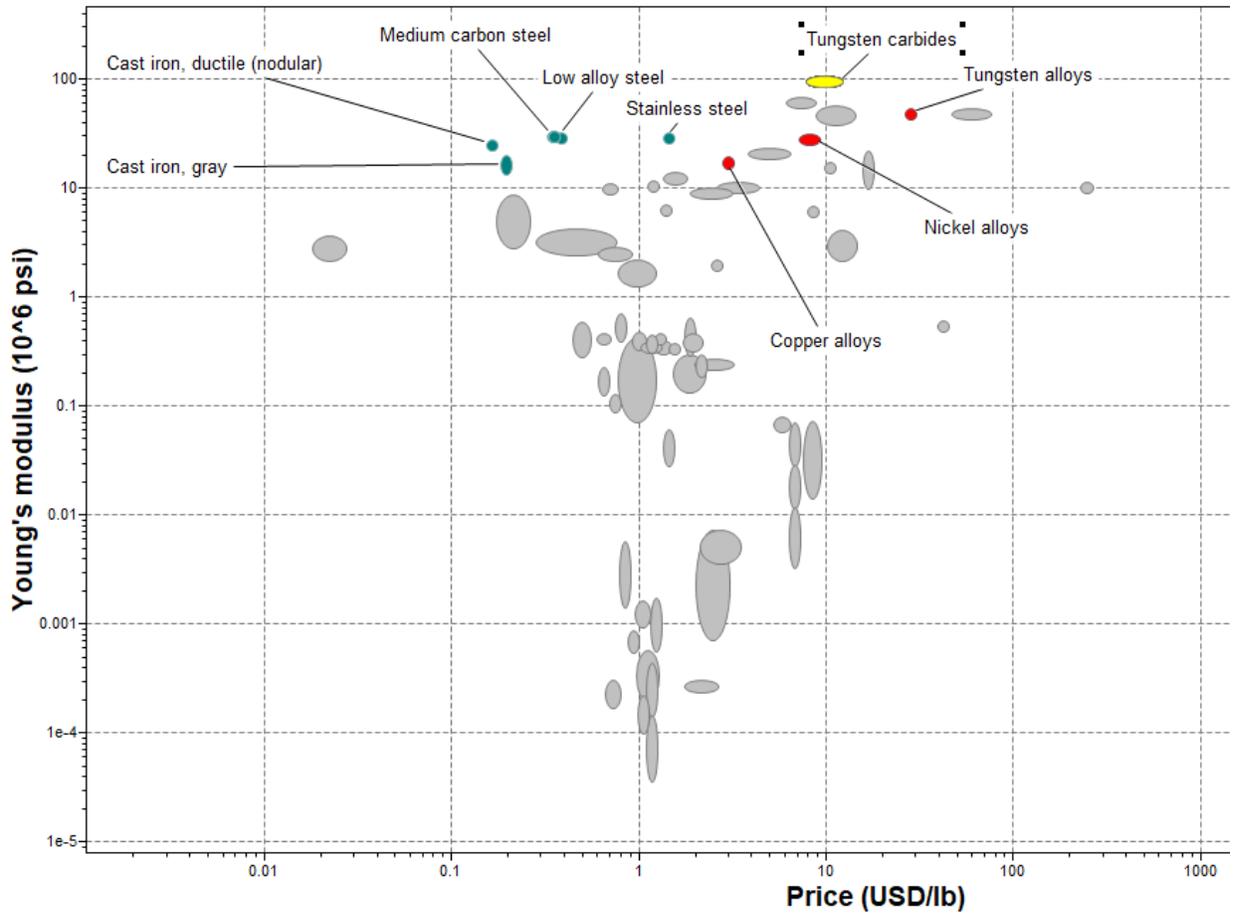


Figura 9. Relación entre el Módulo de Young y el precio de los distintos materiales.

La Figura 9 muestra la relación entre el precio de los materiales recomendados y su módulo de Young. Como se puede visualizar en esta figura, el acero inoxidable muestra un módulo de Young más elevado y a un precio menor que el del latón.

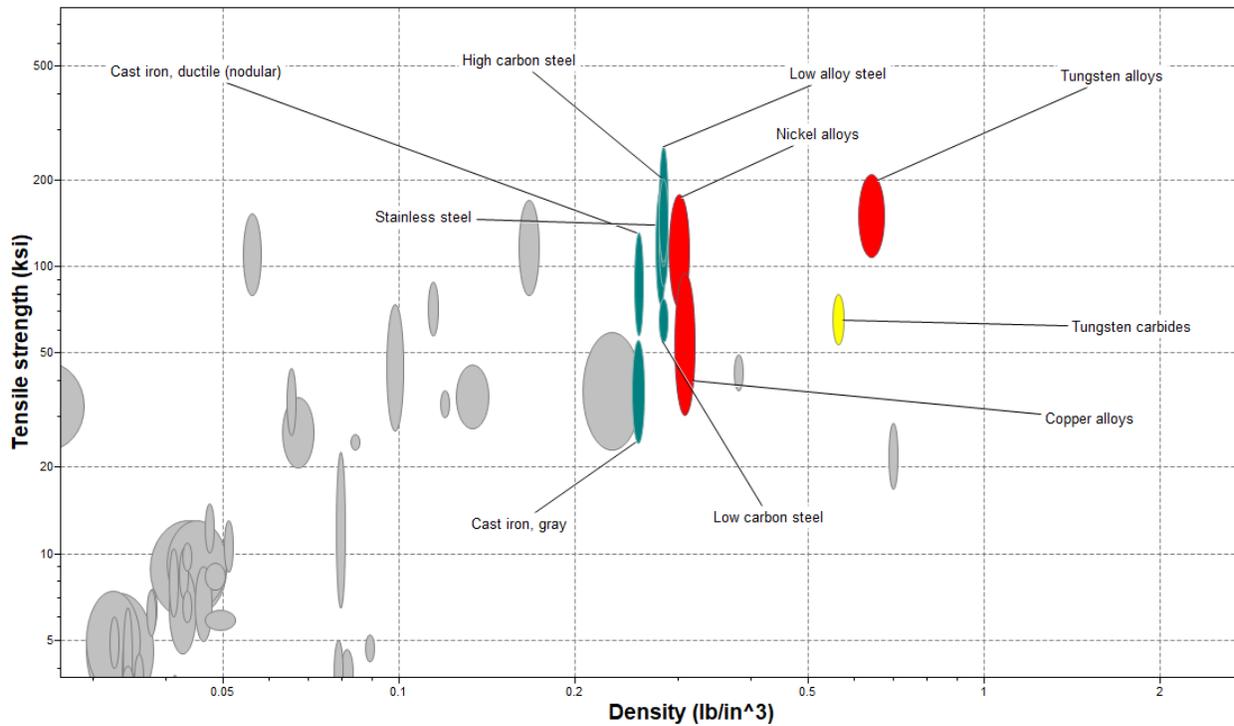


Figura 10. Relación entre la resistencia a la tensión y la densidad para los distintos materiales.

La Figura 10 muestra la relación entre la densidad de los materiales recomendados y su resistencia a la tensión. Como se puede visualizar en la figura 10 el acero inoxidable muestra mayor resistencia de tensión con una densidad menor al del latón.

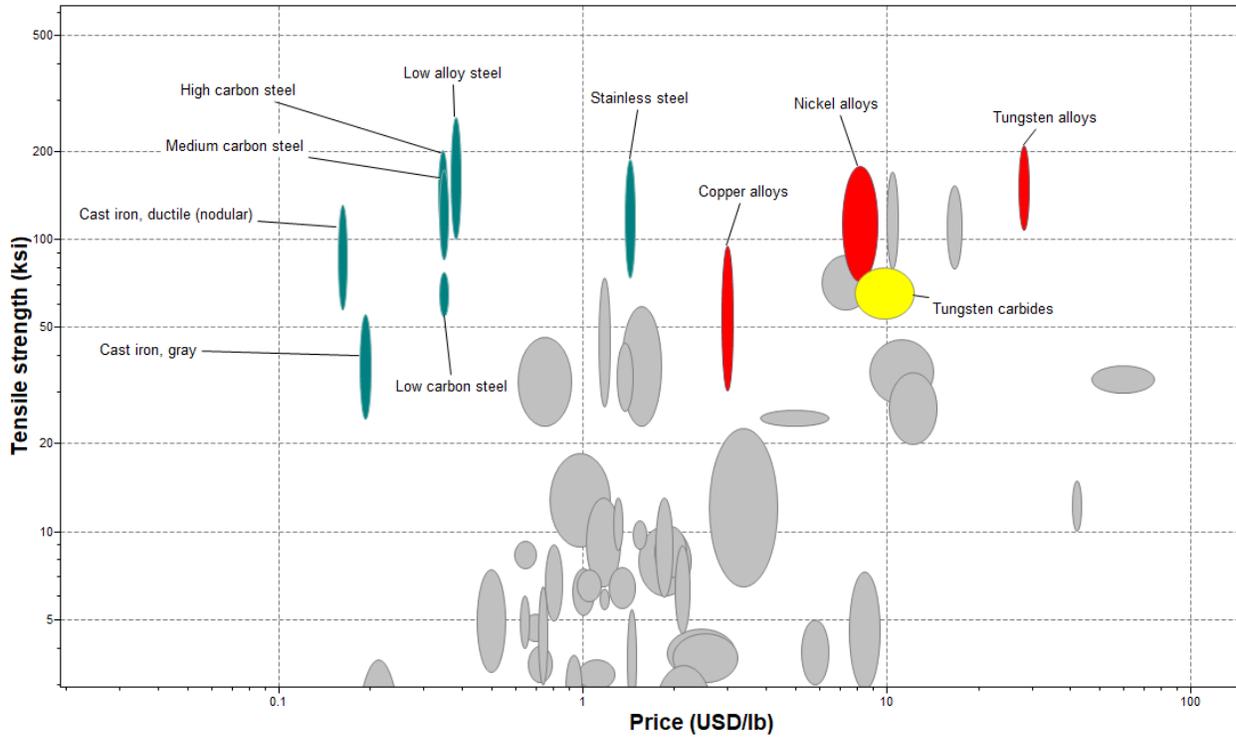


Figura 11. Relación entre la resistencia a la tensión y el precio para los distintos materiales.

La Figura 11 muestra la relación entre el precio de los materiales recomendados y su resistencia a la tensión. Como se puede visualizar, el acero inoxidable muestra mayor resistencia de tensión con un precio menor al del latón.

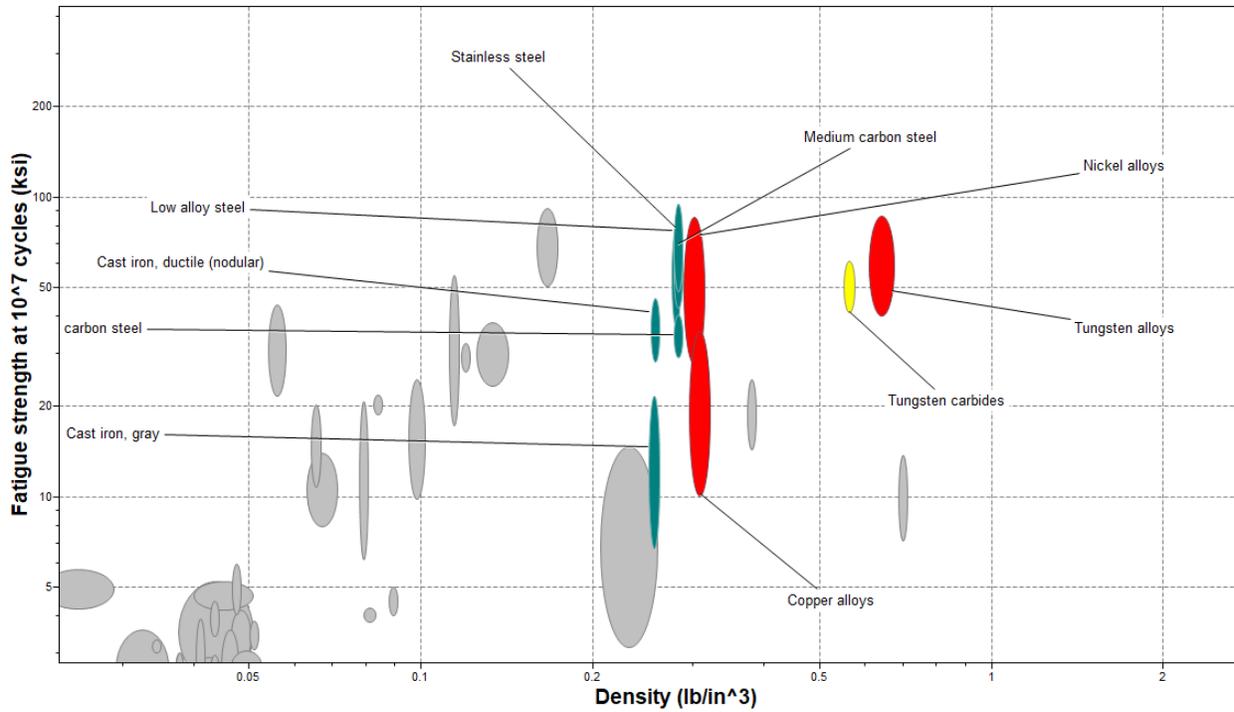


Figura 12. Relación entre la resistencia a la fatiga y la densidad de los distintos materiales.

La Figura 12 muestra la relación entre la densidad y su resistencia a la fatiga. Como se puede observar, el acero inoxidable muestra mayor resistencia de tensión con una densidad menor al del latón.

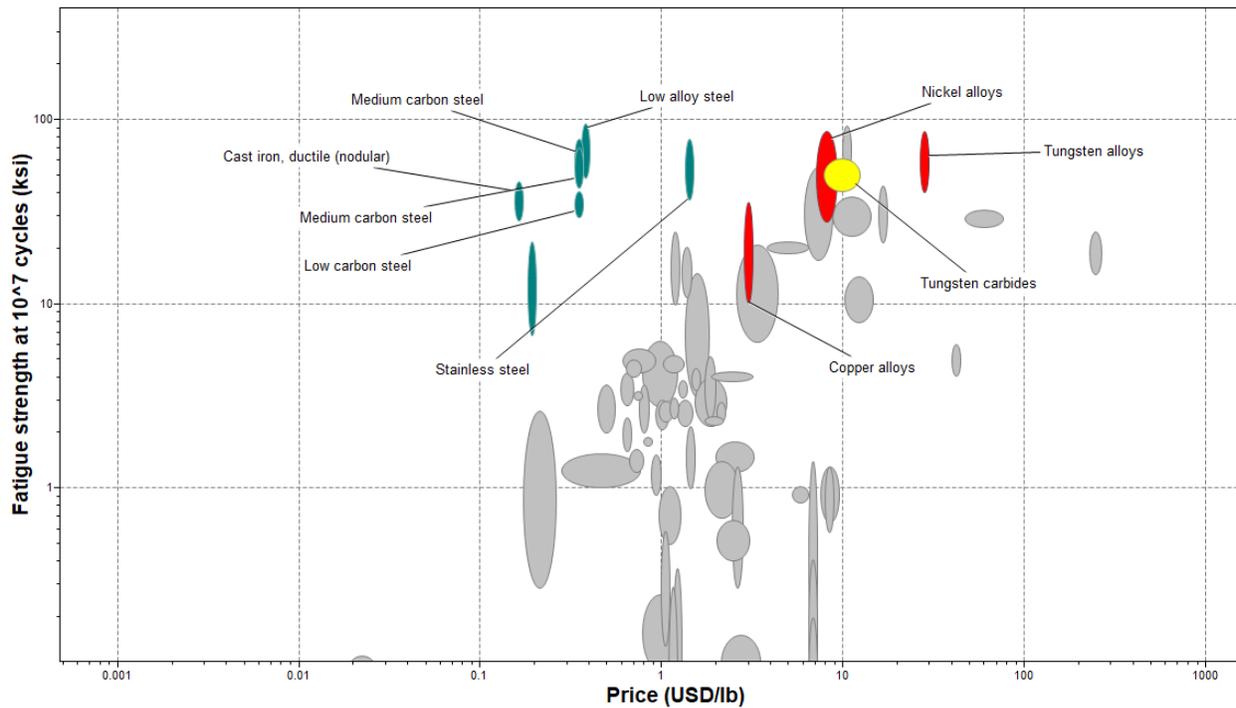


Figura 13. Relación entre la resistencia a la fatiga y el precio de los distintos materiales.

La

Figura 13 muestra la relación entre la densidad y su resistencia a la fatiga. Como se puede observar, el acero inoxidable muestra mayor resistencia a la fatiga con un precio menor al del latón.

Con base en la información proporcionada por la base de datos de CES Edupak, el acero inoxidable se mantiene dentro de los 5 mejores materiales para substituir el latón porque presenta propiedades como el módulo de Young, módulo de ruptura, resistencia a la tensión, resistencia a la fatiga similares o por arriba que las del latón a un menor precio.

Para la prueba de torque para retraer el pasador sin carga se utilizaron 100 unidades de la roseta con S30200 como materia prima. Los resultados son los siguientes:

Tabla 13. Falla de la prueba de Torque para retraer el pasador sin carga de las muestras de S30200.

Muestra	Material	Tipo	Fuerza Max. aceptada	Resultado	Conclusión
88	S30200	Perilla	9 lbf-in (1 Nm)	9.3	Rechazado

De las 100 muestras puestas a prueba, 1 muestra fue rechazada. Es necesario mencionar que durante ninguna de las 100 pruebas se presentó el defecto de la deformación mecánica que se presenta en la roseta de latón. La muestra que fallo no afecta la aprobación de la materia prima sustituta ya que está aún dentro de los límites aceptados.

En la prueba de torque para retraer el pasador sin carga se utilizaron 100 unidades de la roseta con S30400 como materia prima. Las 100 unidades pasaron la prueba dentro de los límites establecidos y ninguna muestra presento el defecto de la deformación mecánica que se presenta en la roseta de latón.

Para la prueba de torque para retraer el pasador sin carga (puerta deformada) se utilizaron 100 unidades de la roseta con S302000 como materia prima. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14. Falla de la prueba de Torque para retraer el pasador sin carga (puerta deformada) de las muestras de S30200.

Muestra	Material	Tipo	Fuerza Max. Aceptada	Resultado	Conclusión
38	S30200	Palanca	70 lbf-in (8 Nm)	71.7	Rechazado
42	S30200	Palanca	70 lbf-in (8 Nm)	70.1	Rechazado
59	S30200	Palanca	70 lbf-in (8 Nm)	70.1	Rechazado
61	S30200	Palanca	70 lbf-in (8 Nm)	72.8	Rechazado

De las 100 unidades puestas a prueba, 4 unidades fueron rechazadas. Es necesario mencionar que durante ninguna de las 100 pruebas se presentó el defecto de la deformación mecánica que se presenta en la roseta de latón. Las cuatro muestras que fallaron no afectan en la aprobación de la materia prima sustituta ya que esta aun dentro de los límites aceptados.

En la prueba de torque para retraer el pasador sin carga (puerta deforme) se utilizaron 100 unidades de la roseta con S30400 como materia prima. Las 100 unidades pasaron la prueba dentro de los límites

establecidos y ninguna muestra presento el defecto de la deformación mecánica que se presenta en la roseta de latón.

Los resultados de las pruebas de torque para enganchar la puerta desbloqueada fueron confirmados con un 100% de aprobación en tanto el acero inoxidable S30200 y S30400. Ninguna muestra presento el defecto de la deformación mecánica que se presenta en la roseta de latón.

En la prueba de ciclos de chasis cuya cantidad de ciclos mínima para cumplir como cerradura de grado A es 400,000 ciclos. La muestra con el acero inoxidable S030200 numero 22 fue la que obtuvo la menor cantidad de ciclos, 702,234 ciclos en total, sobrepasando la mínima cantidad requerida para el grado A.

La muestra con el acero inoxidable S030400 numero 8 fue la que obtuvo la menor cantidad de ciclos, 701,683 ciclos en total, sobrepasando la mínima cantidad requerida para el grado A.

Dada la mínima diferencia entre las propiedades del acero S030400 y los aceros S030403 y S030500, se decidió aceptar las pruebas de torque para retraer el pasador sin cargar, torque para retraer el pasador precargado (puerta deformada), torque para enganchar la puerta desbloqueada y ciclo de chasis como aprobadas.

La prueba de salinidad para materiales y acabados mostró el siguiente resultado:

Tabla 15. Resultado de pruebas de salinidad para materiales y acabados en S030200.

Guía de Prueba	Detalle de prueba	Meta	Material	Conclusión	Comentario
ANSI/BHMA A156.18-2016, Párrafo 3.2 Prueba de salinidad	Espray de sal	16 horas	S030200	Aprobado	Muestras fueron removidas a las 19 horas de estar expuestas al espray de sal
			S030400		
			S030403		
			S030500		

Ninguna de las muestras de los 4 aceros inoxidables presentó manchas o corrosión por arriba de lo permitido.

Para las pruebas de temperatura variante en las cuales se usaron los aceros inoxidables S30200 y S30500 no se presentó ningún tipo de deformación o malfuncionamiento de la cerradura, sea interna o externa.

En las pruebas de temperatura variante en las cuales se usaron los aceros inoxidables S30400 y S30403 se presentó una deformación en un componente interno que se denomina huso (*Spindle*, en inglés) cabe

mencionar que ningún otro defectos mecánico o estético se presentó durante las pruebas de esos materiales. Las cuatro muestras que fallaron no afectan en la aprobación de la materia prima sustituta ya que esta aun dentro de los limites aceptados. Los resultados son los siguientes:

Tabla 16. Falla de la prueba de temperatura variante de las muestras de acero inoxidable S30400 y S030403.

Material	Muestra	Lado de cerradura	Temperatura	Tiempo de exposición	Conclusion	Comentarios
S030400	3	Interior	60 a 90° C	45 min - 3 horas	Rechazado	Spindle sufrió deformación a las 2 horas
S030400	3	Exterior	20 a -10° C	45 min - 3 horas	Rechazado	Spindle sufrió deformación a las 2 horas
S030403	14	Interior	60 a 90° C	45 min - 3 horas	Rechazado	Spindle sufrió deformación a las 2 horas 10 min
S030403	14	Exterior	20 a -10° C	45 min - 3 horas	Rechazado	Spindle sufrió deformación a las 2 horas 10 min

En la prueba de golpe contra puerta se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17. Resultados de prueba de golpe contra puerta.

Muestra	Prueba	#	Golpe ligero	Golpe mediano	Golpe pesado	Golpe extra pesado	Resultado
S30200	IRTM 1.06 Golpe contra puerta para cumplir con el grado 2	1	3	3	3	3	Aprobado
S30200		2	3	3	3	3	Aprobado
S30200		3	3	3	3	3	Aprobado
S30400		4	3	3	3	3	Aprobado
S30400		5	3	3	3	3	Aprobado
S30400		6	3	3	3	3	Aprobado
S30403		7	3	3	3	3	Aprobado
S30403		8	3	3	3	3	Aprobado
S30403		9	3	3	3	3	Aprobado
S30500		10	3	3	3	3	Aprobado
S30500		11	3	3	3	3	Aprobado
S30500		12	3	3	3	3	Aprobado

La prueba de golpe contra puerta fue la que mayor peso tenía en la determinación de aprobar los aceros inoxidable como posibles reemplazos de latón.

Tabla 18. Resultados comparativos de distintas pruebas para varias materias primas

Material	Ciclos de chasis	Golpe contra Puerta	Torque para retraer el pasador precargado (puerta deformada)	Salinidad	Temperatura variante
C26800	91%	65%	87%	100%	88%
S30200	100%	100%	96%	100%	100%
S30400	100%	100%	100%	100%	98%
S30500	N/A	100%	N/A	100%	100%
S30403	N/A	100%	N/A	100%	98%

La Tabla 18 muestra los resultados de los diferentes aceros inoxidable y el latón C26800 que actualmente se usa. En base a los resultados superiores que muestran los aceros inoxidable se concluye que es viable sustituir el latón por un acero inoxidable en la roseta.

## 4.2 Análisis financiero

En el año 2015 se ingresó al inventario de una planta de Allegion en Olathe, Kansas, 65 rollos de diferentes tipos de acero inoxidable a diferentes precios como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 19. Fecha de ingreso de aceros inoxidable en Olathe.

Material	Fecha de recibo	Cantidad	Costo por rollo en USD	TOTAL
S030200	6-Mar-15	36	590	\$ 21,240
S030400	6-Mar-15	10	600	\$ 6,000
S030403	6-Mar-15	7	540	\$ 3,780
S030500	6-Mar-15	12	560	\$ 6,720
				\$ 37,740

El inventario de hace cinco años no ha disminuido y los únicos movimientos en Oracle que se pueden visualizar son cambios de locaciones dentro del almacén o entre distintos almacenes.

Actualmente en Allegion se cuenta con un inventario de 2.5 millones de dólares que no tiene uso (categorizado como sobre inventario), este inventario de más se puede dividir entre varias de sus plantas,

entre ellas Olathe. El sobre inventario se ha ido acumulando desde años atrás debido a compras mal realizadas, errores en decisiones de negocio y fallas en algunos diseños de cerraduras.

Lo que se propuso al proveedor de la roseta sin acabado es venderle el material o materiales que sean aprobados vía las pruebas internas que cumplen con los estándares de BHMA. Al realizar esta oportunidad de negocio, el proveedor se estaría comprometiendo a encargarse financieramente del envío a sus instalaciones en Shanghai, China y a entregar a Allegion Ensenada rosetas hechas de acero inoxidable a un precio más barato que el que normalmente nos ofrecían debido a que se le vendería la materia prima a un precio reducido.

Allegion se compromete a vender, solo los rollos que se encuentren en perfectas condiciones y a firmar un acuerdo de negocios más elaborado donde se compromete a comprar las rosetas de acero inoxidable que el proveedor produzca por los siguientes 10 años con un margen de variación de 20,000 rosetas por año.

El vender los rollos de acero inoxidable representaría eliminar un costo anual de aproximadamente \$44,485.40 USD por almacenamiento, manejo de material y pérdida de oportunidad (Carrying cost). Los \$ 37,740.00 USD de material representan tan solo 1.51% del inventario categorizado como sobre inventario. Al implementar los aceros inoxidables, se eliminarían:

- \$ 37,740.00 USD de inventario sin movimiento
- El costo anual de \$44,485.40 USD por *carrying cost*
- La falla de deformación mecánica presentada por las rosetas de latón, con lo cual la planta se estaría ahorrando \$150,000.00 USD de multas por órdenes entregadas tarde o incompletas.

## Capítulo 5

### Conclusiones

- Existe 4 materiales idóneos que ofrecen mejor desempeño en cuanto a resistencia, durabilidad y precio que el latón.
- Respecto a la razón de costo beneficio de cambiar la materia prima de la roseta, se puede ahorrar hasta un total de \$187,740.00 USD si se implementara el cambio por los 4 aceros inoxidable mencionados.
- Los cuatro aceros inoxidable cumplen con los requisitos especificados por la BHMA.
- Las rosetas en los cuatro aceros dieron resultados de al menos un 20% por arriba de los resultados en todas las pruebas.
- Visualizando las gráficas anteriores se puede concluir que los aceros inoxidable se mantienen con un precio menor o similar al del latón y propiedades mecánicas superiores o similares en todos los casos mostrados.
- Los cuatro aceros inoxidable presentaron menor cantidad de defecto de pandeo a comparación de que tiene el latón en la prueba de golpe contra puerta.
- Las pruebas de ciclos en las rosetas de los 4 aceros inoxidable sobrepasaron los 400,000 ciclos necesarios para cumplir con el grado 1 del estándar de BHMA.
- La hipótesis fue comprobada, el reemplazo de la materia del latón C26800 por un acero inoxidable mejoro las propiedades mecánicas y disminuyo el costo. El resultado en este caso fue que los 4 aceros inoxidable pueden sustituir el latón actual y se podrá negociar una reducción de costo pequeña, se puede generar un ahorro en costo de inventario y costo por órdenes incompletas o multas.

## Bibliografía

- About Allegion (2018). Recuperado de: <https://www.allegion.com/>
- ABOUT US (2019) Recuperado de: <https://www.squirelocks.co.uk/history/company>
- Ala-Outinen, T. and Oksanen, T. (1997) Stainless steel compression members exposed to fire. VTT Research Notes 1864, Espoo, Finland.
- ANSI/BHMA (2015). A156.39 Residential locksets and latches. American National Standard Institute: USA
- Ashby M. (2005) Material Selection in mechanical design. 3rd edition. Butterworth-Heinemann: UK
- Ashby M., Shercliff H. and Cebon D., (2007). "Materials: engineering science processing and design". 1rst edition. Butterworth-Heinemann, UK
- Askeland D. (1998) Ciencia e ingeniería de los materiales. 3rd edición International Thomson.
- Baddoo, N. R. and Gardner, L. (2000) WP5.2: Member behavior at elevated temperatures. ECSC project – Development of the use of stainless steel in construction. Contract No. 7210 SA/842. The Steel Construction Institute, UK.
- BHMA. About BHMA. Recuperado de: <https://www.buildershardware.com/>.
- Buijs, Bram & Sievers, Henrike & Tercero, Luis. (2012). Limits to the critical raw materials approach. Proceedings of the ICE - Waste and Resource Management. 165. 201-208(7). 10.1680/warm.12.00010.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2008). Fundamentals of materials science and engineering: An integrated approach. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons
- Callut, V. & Webster, P. (2005). The Brasses properties & applications. COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION Publication No. 117, 1996 by Vin Callcut Revised 2005 by Peter Webster
- Gale Research Inc., & Gale Group. (1994). How products are made: An illustrated guide to product manufacturing. Detroit: Gale Research
- Gardner, Leroy. (2005). The use of stainless steel in structures. Progress in Structural Engineering and Materials. 7. 45 - 55. 10.1002/pse.190.
- Door knob and lever images: <http://klaverweiden.com/schlage-door-hardware/3db71/md/schlage-commercial-door-knobs-door-design-ideas-on.aspx>

- Leffler, B. (2013) Stainless Steels and their Properties. Recuperado de [https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap\\_9/articles/stainless\\_steel.pdf](https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_9/articles/stainless_steel.pdf)
- Maffia, Ernesto. (2013) Cobre y sus aleaciones. Recuperados de [www.ing.unlp.edu.ar](http://www.ing.unlp.edu.ar) › catedras › descargar
- Maleque M.A. and Salit M.S (2013). Materials selection and design. SpringerBriefs: Alemania.
- Mark Cartwright (2017) -page name - A Ancient History Encyclopedia. <https://www.ancient.eu/article/1144/archers-in-ancient-chinese-warfare/> Archers in Ancient Chinese Warfare.
- Pahl G. et al (1996). Engineering design: A systematic approach. Third Edition. Springer: Alemania.
- Pulford, Graham. (2007). High Security Mechanical Locks: An Encyclopedic Reference - chapter 1: Introduction. 10.13140/2.1.3474.4645.
- Rahman, Md & Ali, M & Kiron, Md. Shoaib. (2018). Password Protected Electronic Lock System for Smart Home Security. 10.13140/RG.2.2.23684.63365.
- Roseta #1 - <https://www.schlage.com/en/home/style/trim/century-trim.html>
- Roseta #2 - <https://www.schlage.com/en/home/style/trim/upland-trim.html>
- S Bobade, Sushama & Badgular, Tushar Y. Badgular. (2017). A STATE OF ART IN A SHEET METAL STAMPING FORMING TECHNOLOGY-AN OVERVIEW.
- Troitzsch, U. and Weber, W. (ed.) Die Technik. Von den Anfängen bis zur Gegenwart, Westermann, Braunschweig, 1982.