

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Proyecto de Ingeniería e Innovación I

Anteproyecto de Aplicación

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en
Área de “Special Products”

Para obtener el grado de

Maestría en Ingeniería e Innovación

LGAC: Sistemas y Procesos Industriales

Área de énfasis: Sistemas de Manufactura

Presenta

Roberto Torres Clemente

Asesor Académico: Abiud Flores Valentín

Asesor de la Industria: Héctor Acero

Mexicali, Baja California. Mes de Marzo del año 2020

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Agradecimientos

Quiero agradecer y dedicar este proyecto a todos los que directa e indirectamente me apoyaron para su realización.

Agradezco a la empresa Safran por el apoyo que me ha brindado en la realización de este proyecto y ha hecho posible mediante el programa de becas que continúe mis estudios de postgrado. En especial agradezco a los gerentes del departamento Calidad Victor Romero y Luis Ramos por su apoyo para la realizar estos estudios de postgrado, y a mis compañeros de departamento de Calidad e Ingeniería por su apoyo, sus consejos, sus valiosas opiniones y ayuda.

Agradezco enormemente a Mizraim Gutiérrez por su activa y valiosa cooperación en este proyecto de aplicación, por las ideas, los consejos, la retroalimentación y sobre todo por su amistad.

Quiero agradecer a Cetys Universidad y a todos los maestros que me impartieron clases durante estos 2 años ya que no solo me han enseñado, sino me han dado una perspectiva diferente del conocimiento y sobre todo me han inspirado a aprender y buscar la excelencia. En especial quiero agradecer al Maestro Abiud Flores Valentin por brindarme su tiempo, dedicación y su valiosa asesoría en el desarrollo de este proyecto.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Dedicatorias

Antes que nada agradezco a mi esposa Naysin Salazar y a mis hijas Ana Sofia e Iyari y en especial a mi madre Norma Gloria Clemente por su apoyo y comprensión brindados en estos 2 años desde que inicié como estudiante de postgrado. Sin ellas no lo hubiera logrado.

A mi papá Roberto Torres QEPD por enseñarme a ser responsable, perseverante y siempre ser un apoyo para mí. A mis hermanas y sobrinos por su cariño y apoyo demostrado siempre.

Quiero agradecer también a mi compañero y amigo Jesús Antonio Díaz por todo el tiempo compartido durante el desarrollo de este postgrado y por brindarme su apoyo y compartir sus conocimientos, consejos y paciencia en esta aventura llamada maestría, pero sobre todo por su amistad.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Carta Institucional

Marzo 2020, Mexicali Baja California

A quien corresponda,

Por medio de la presente se hace constar que el proyecto de aplicación “Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de Special Products”, presentado por el alumno Roberto Torres con matrícula 036333, inscrito en CETYS Universidad en la maestría en Sistemas y Procesos Industriales ha sido implementado en la empresa SAFRAN planta Mexicali.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edel Arellanes', positioned above a horizontal line.

Edel Arellanes
Gerente de Operaciones
SAFRAN, Mexicali

Safran Electronics & Defense Services México, S.A. De C.V.
Francisco L. Montejano #1280 Int. 1 Col FOVISSSTE C.P. 21038 - Mexicali, B.C. - Tel. (666) 837-3400
www.safran-group.com

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Índice

Contenido

Resumen	8
Introducción	9
Antecedentes	9
Planteamiento del Problema	18
Preguntas de Investigación	29
Objetivos	29
Objetivos Generales	29
Objetivos Particulares	29
Hipótesis	30
Marco Teórico	30
Metodología	34
Resultados	40
Discusión, conclusiones y recomendaciones	48

Índice de Figura

<u>Imagen 1</u> Ejemplo de un Fuel Stick	11
<u>Imagen 2</u> Ejemplo de un fuel stick con flexi liberado	12
<u>Imagen 3</u> Ejemplo de un fuel stick con componente explotados	13
<u>Imagen 4</u> Flexi Sticks de diferentes longitudes	14
<u>Imagen 5</u> Fuel sticks de diferentes longitudes	15
<u>Imagen 6</u> Fuel Stick montado en ala de avión	16
<u>Imagen 7</u> Fuel Stick mostrado dentro del ala del avión	17

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

<u>Imagen 8</u>	Diagrama de bloques, prueba funcional, proceso actual	21
<u>Imagen 9</u>	Estación de prueba	22
<u>Imagen 10</u>	Fuel Stick montado en base de prueba	23
<u>Imagen 11</u>	Flexi liberado del tubo o housing montado en base de prueba	24
<u>Imagen 12</u>	Base de prueba	25
<u>Imagen 13</u>	Base de prueba vista en sólido	25
<u>Imagen 14</u>	Gráfica de cambios	33
<u>Imagen 15</u>	Gráfica de barras	35
<u>Imagen 16</u>	Diagrama de bloque siguiente etapa	36
<u>Imagen 17</u>	Diagrama de Spaghetti	36
<u>Imagen 18</u>	Diagrama de bloque siguiente etapa	38
<u>Imagen 19</u>	Diagrama de bloque siguiente etapa por departamentos	39
<u>Imagen 20</u>	Nueva estación de prueba	43
<u>Imagen 21</u>	Nueva estación de prueba vista posterior	44
<u>Imagen 22</u>	Nueva base de prueba	45
<u>Imagen 23</u>	Nueva base de prueba parte superior	46
<u>Imagen 24</u>	Nueva base de prueba parte inferior	46
<u>Imagen 25</u>	Proceso de prueba propuesto	47

Índice de Tablas

<u>Tabla 1</u>	Ventas fuel stick	19
<u>Tabla 2</u>	Pronóstico de ventas fuel sticks	19
<u>Tabla 3</u>	Toma de tiempos	35
<u>Tabla 4</u>	Resultados de tiempos y costos con nueva base de prueba	41

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

<u>Formato 1</u>	28
<u>Formato 2</u>	28

Resumen

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Este proyecto se implementó en la compañía Safran en el proceso de prueba funcional en seco de fuel sticks en el área de producción de Productos Especiales o Special Products. y en este proyecto se describe la metodología que se utilizó para el rediseño de la estación de prueba funcional.

Esta metodología puede ser utilizada de base o como ejemplo en el área de manufactura de ensambles electromecánicos en la empresa Safran para cuando se presenten problemas o proyectos de reducción de costos y de optimización de procesos que ayuden a ampliar la capacidad de manufactura y cumplir con la demanda pronosticada.

Como parte de la metodología se propone hacer un análisis del problema mediante el uso de un formato de planteamiento del problema, uso de la técnica de los 5 porqués, diagrama de spaghetti, toma y análisis de datos y el listado de pasos que a continuación se describen: Revisar el proceso y el diseño actual, rediseñar herramientas utilizando metodología SMED y Solidworks, comprar los componentes neumáticos y/o electrónicos para adaptarlos al nuevo equipo, rediseñar el proceso de manufactura y prueba, revisar y actualizar las instrucciones de prueba, corrida piloto, validar el proceso, corrida de un primer artículo y liberar el proceso de prueba a manufactura.

Los resultados mostraron una reducción del tiempo de prueba por pieza de 1.336 min /pza. Esto se logró rediseñando la estación de prueba y la base de prueba para eliminar los traslados del material de la estación de ensamble a la estación de prueba, se eliminó el uso de la escalera, se redujo el tiempo de setup en un 10% y se implementó la mejora de probar 5 unidades a la vez, reduciendo el tiempo de prueba.

Introducción

Antecedentes

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

La Compañía Safran es un grupo internacional de alta tecnología que opera en los mercados de propulsión y equipamiento de aviones, espacio y defensa. Safran tiene una presencia global, con más de 91,000 asociados. Safran ocupa posiciones de liderazgo mundial o europeo en sus mercados principales. Safran sigue una estrategia continua de diferenciación a través de la innovación y lleva a cabo extensos programas de investigación y desarrollo en curso.

Safran Group desarrolla, fabrica y vende motores y sistemas de propulsión para aviones y helicópteros tanto civiles como militares, misiles balísticos, lanzadores de satélites y equipos espaciales.

Safran se ha internacionalizado considerablemente en los últimos años, más de la mitad de su fuerza laboral se encuentra fuera de Francia. Está presente en México desde hace más de 20 años, principalmente en el mercado de la aeronáutica. Su presencia local responde a tres objetivos: acercarse a sus clientes del continente americano, diversificar sus zonas de producción y conquistar nuevos mercados. En la actualidad, con más de 5,400 colaboradores distribuidos en siete sitios de producción, de mantenimiento o de ingeniería, Safran es el primer empleador de la industria aeronáutica en México. (Web page, <https://www.safran-group.com/country/mexico.html>)

La compañía está fuertemente involucrada en proyectos de desarrollo sustentable y programas de capacitación. Por ejemplo, está liderando el proyecto de creación de una “Escuela de Aviación” franco-mexicana en Querétaro para desarrollar una fuerza de trabajo altamente capacitada y entrenada para trabajos de aviación. Más aún, el Grupo recibe una cantidad de pasantes y participa en programas de capacitación profesional. También ha sido líder en la creación del complejo aeroespacial en Querétaro.

El Grupo también trabaja con la industria mexicana en varias iniciativas de desarrollo sustentable. En particular, con la aerolínea Interjet en el desarrollo de biocombustible de segunda generación y un A320 propulsado por un motor CFM56 utilizando este combustible. Varias de las compañías del Grupo tienen subsidiarias o afiliadas en México:

Labinal y Safran Engineering Services (Estado de Chihuahua), Snecma, (Snecma America Engine Services) (Estado de Querétaro), Morpho (Estado de México), Safran

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

México, Turbomeca y Morpho (Ciudad de México) y Safran Mexicali productos electromecánicos

En la planta de Mexicali se manufacturan entre otros los llamados Productos Especiales la cual es un área de manufactura en donde se producen válvulas de oxígeno, válvulas de agua potable, válvulas de desechos y Fuel Sticks.

Los Fuel Sticks son un dispositivo para medir los niveles de combustible en aviones y helicópteros, Consiste en un tubo cerrado que se eleva desde el fondo del tanque de combustible. ver imágenes de la 1 a la 5 para ejemplos de este producto. Rodeando el tubo hay un flotador en forma de anillo, y dentro de él hay una varilla graduada (flexi stick) que indica la capacidad de combustible. El flotador y la parte superior de la barra contienen imanes. La barra se retira de la parte inferior del ala hasta que los imanes se pegan, la distancia se retira indicando el nivel del combustible. Los fuel sticks pueden ser de diferentes longitudes dependiendo de la posición donde van instalados en las alas de los aviones.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

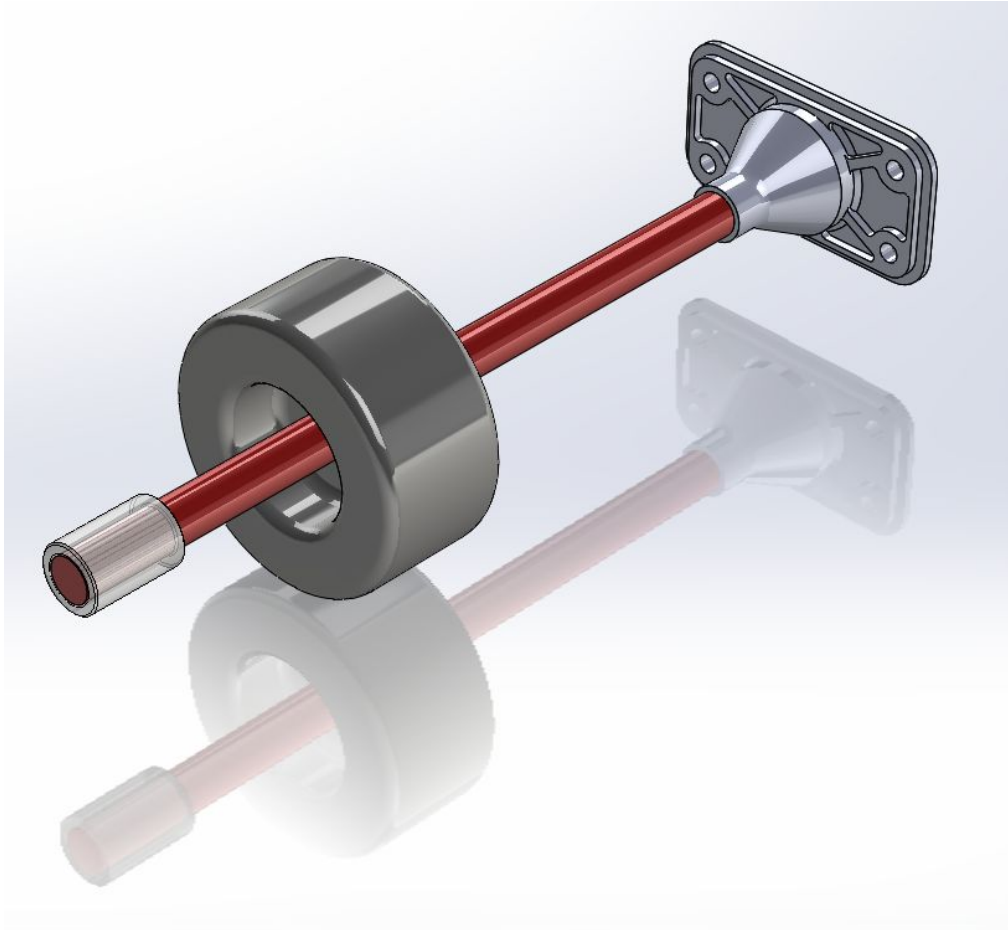


Imagen 1 Ejemplo de un fuel stick. Elaboración propia

En esta imagen se muestra un fuel stick ensamblado, donde se pueden apreciar los siguientes componentes: una base, un tubo o housing, un flotador, y un detenedor o stop

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

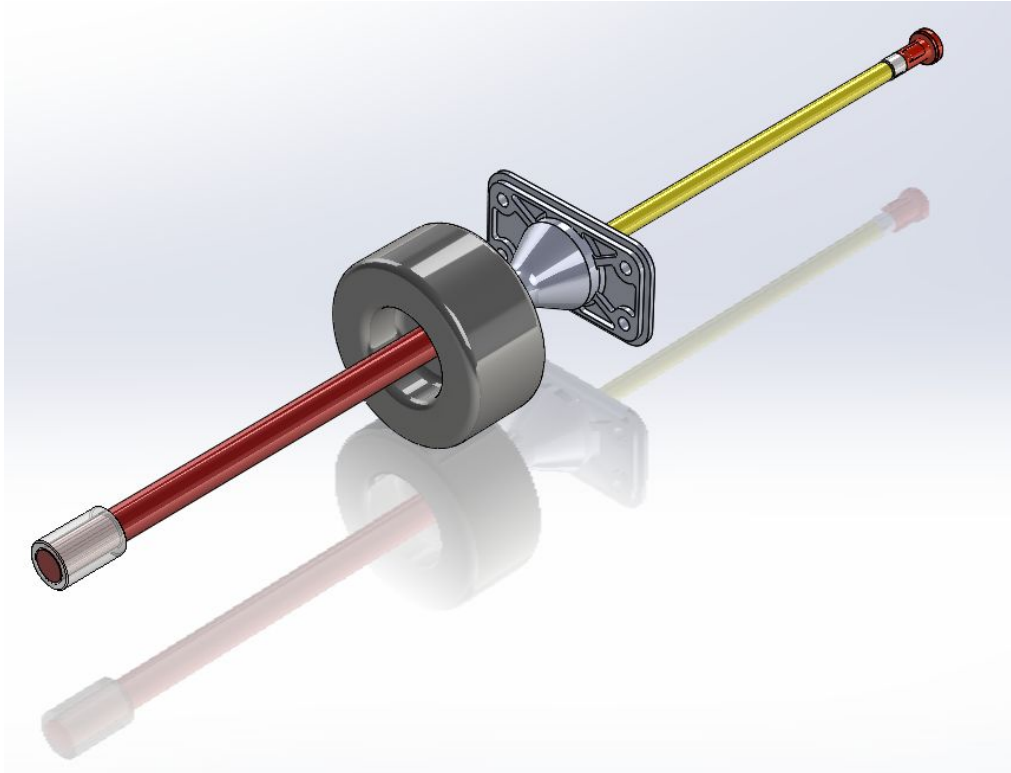


Imagen 2 Ejemplo de un fuel stick con flexi liberado. Elaboración propia

En la imagen 2 se puede apreciar la varilla graduada o flexi Stick (varilla color amarillo) siendo liberada del housing, para poder tomar la lectura del nivel de combustible.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

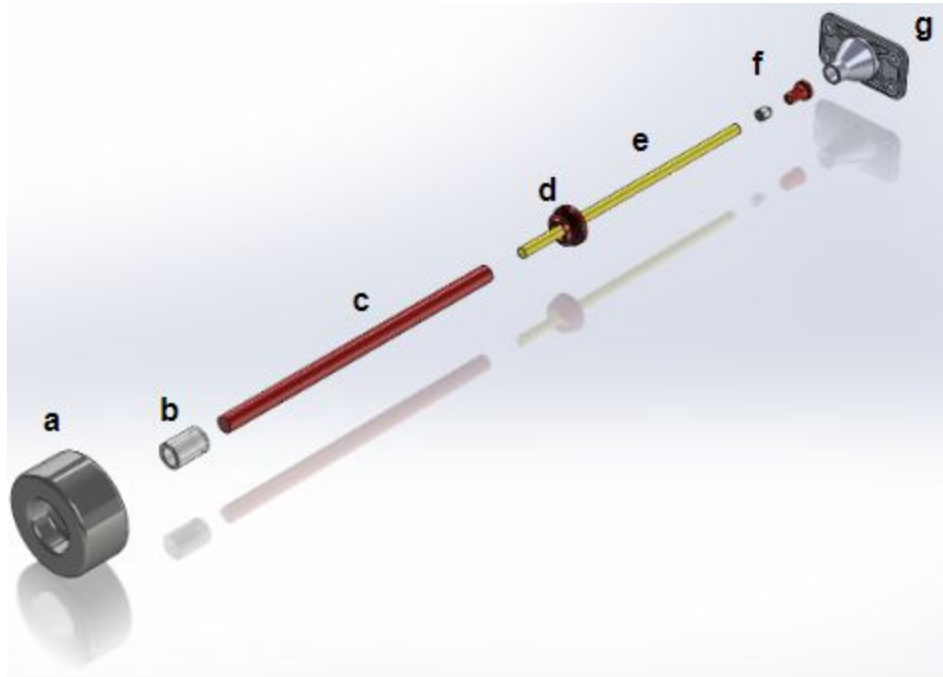


Imagen 3 Ejemplo de un fuel stick con componente explotados. Elaboración propia

En la imagen 3 se muestra un fuel stick explotado para apreciar el orden de sus componentes:

- a) Flotador
- b) Stop
- c) Tubo o housing
- d) Bayonet
- e) Varilla graduada o flexi stick
- f) Tapones
- g) Base

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Imagen 4. Flexi Sticks de diferentes longitudes. Elaboración propia

En esta imagen se aprecian varillas graduadas o flexi sticks de diferentes longitudes, hay de fibra amarilla o marrón, la longitud del flexi stick depende de la posición en donde van instaladas en el ala del avión.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

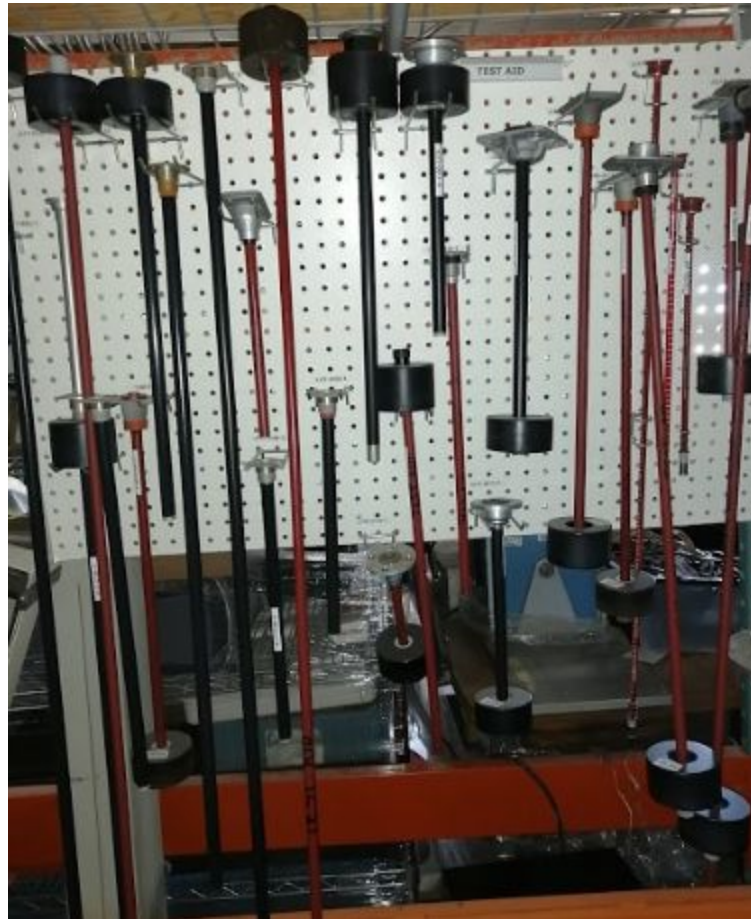


Imagen 5. Fuel sticks de diferentes longitudes. Elaboración propia

Así mismo en esta imagen se aprecian fuel stick de diferentes longitudes que como ya explicamos anteriormente, la longitud del fuel stick depende de la posición en donde van instaladas en el ala del avión.

Nuestros clientes principales se encuentran Boeing, Bombardier y Lockheed Martin. En las siguientes imágenes se puede observar un Fuel stick y como es que se instala en un avión de los clientes antes mencionados

En la imagen 6 se muestra un fuel stick montado en el ala de un avión, en esta imagen en donde se puede observar que la varilla graduada sale para dar una lectura

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

del nivel del combustible, esto se logra al liberar la varilla de manera gradual con un destornillador mecánico, la base del fuel stick, el housing y el flotador quedan dentro del tanque de combustible del ala y en la imagen 7 se muestra un fuel stick dentro del ala del avión, aquí podemos ver lo que se explicó en la imagen 1 los componentes del fuel stick que quedan por dentro del ala llena de combustible, el flotador se mueve según el nivel de combustible y es lo que nos da la lectura de la varilla, ya que esta interactúa por medio magnético con el flotador.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de
"Special Products"

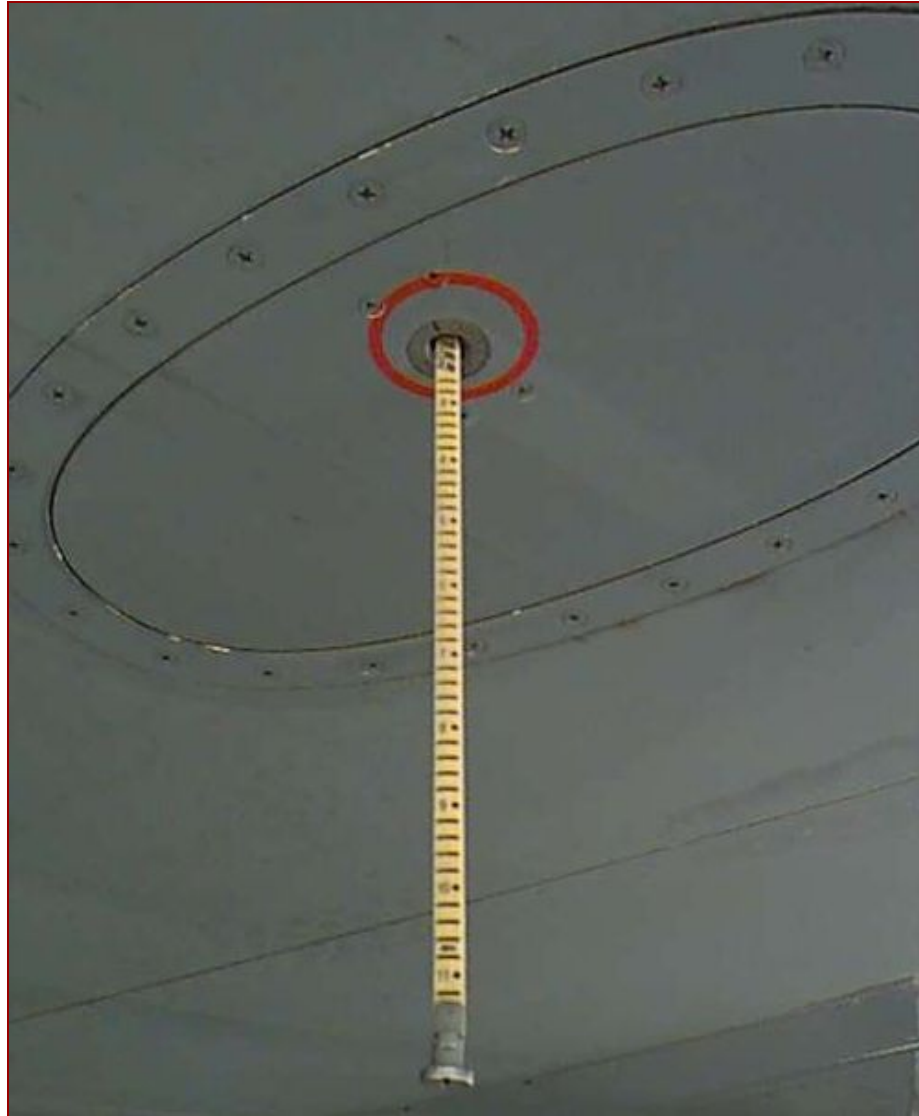


Imagen 6 Fuel Stick montado en ala de avión. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Imagen 7 Fuel Stick mostrado dentro del ala del avión. Elaboración propia

Los fuel sticks son sometidos a pruebas funcionales las cuales se llevan a cabo por requerimientos de cliente (propiedad intelectual de Safran y de clientes que no pueden ser compartidos en este proyectos por motivos de regulaciones contractuales) de inspeccionar y probar 100% los productos antes de ser enviados.

En la actualidad el mercado es muy competitivo, los clientes y consumidores requieren soluciones cada vez más ágiles a su necesidades Luis Socconini, (2019) Lean Manufacturing Paso a Paso, Pag 22, Marge Books) y cada vez son más las empresas optan por automatizar procesos con la finalidad de ser más rentables y eficaces. La automatización de un proceso es conveniente ya que permite reducir la fatiga mental y física de una persona que desarrolla una actividad repetitiva, obteniendo además esto tres puntos:

1. Una optimización del proceso

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

2. Reducción de costos

3. Incremento en la capacidad por reducción de tiempos de operación.

Al automatizar los procesos se pueden liberar recursos para otras actividades, se incrementa la calidad mediante la reducción de errores por condición humana. Por conclusión podemos determinar que la automatización de las actividades o procesos es una opción que beneficia enormemente a una organización, así como también estos beneficios alcanzan al recurso humano de las compañías proporcionándoles un ambiente de trabajo libre de posibles lesiones o de fatigas físicas o mentales por la realización de una serie de movimientos repetitivos, los cuales suelen ser parte de los procesos de manufactura.

Planteamiento del Problema

Justificación

Para el año fiscal 2020, se pronostica un incremento de aproximadamente 1,000 unidades mensuales de ventas de fuel sticks en el área de Special Products,, esto para poder satisfacer la demanda del producto y satisfacer las necesidades de uno de nuestros clientes claves como lo es Boeing el cual planea incorporar nuestros productos en un nuevo modelo de avión.

Es por este motivo que se necesita revisar la capacidad instalada para poder asegurar las entregas a tiempo a nuestro cliente, como dato se tiene un promedio de producción de fuel sticks mensual en los años fiscales 2017, 2018 y 2019 de 25,210, 23,598 y 23,453 unidades respectivamente. (Datos de ventas de la compañía proporcionados por el gerente de programa)

En las siguientes tablas veremos los datos de las ventas de los respectivos años y el pronóstico de la demanda del año 2020. (Datos de ventas de la compañía proporcionados por el gerente de programa)

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

En la tabla 1 se muestran las ventas anuales del área de Special Products a los clientes Boeing, Bombardier, Lockheed Martin entre otras diversas aerolíneas, estas ventas corresponden a los periodos de los años 2017, 2018 y 2019

Tabla 1 Ventas. Elaboración propia

	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP
FY'17	3,724	2,246	1,461	1,987	1,509	2,174	1,432	1,909	1,923	2,603	1,979	2,263
FY'18	2,366	1,519	1,640	1,710	1,861	2,210	2,037	1,906	2,399	2,088	1,890	1,972
FY'19	1,928	2,302	1,908	1,822	1,217	2,474	1,918	2,230	1,998	2,716	1,585	1,355
FY'20												

En la tabla 2 se muestran los pronósticos de la demanda para el año fiscal 2020, dicho pronóstico fue determinado y proporcionado por el gerente de programa basado en análisis financieros y operativos de la compañía

	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP
FY'17	3,724	2,246	1,461	1,987	1,509	2,174	1,432	1,909	1,923	2,603	1,979	2,263
FY'18	2,366	1,519	1,640	1,710	1,861	2,210	2,037	1,906	2,399	2,088	1,890	1,972
FY'19	1,928	2,302	1,908	1,822	1,217	2,474	1,918	2,230	1,998	2,716	1,585	1,355
FY'20	3,673	3,022	2,670	2,840	2,529	3,286	2,796	3,015	3,107	3,469	2,818	2,863

Tabla 2 Pronóstico de demanda del año 2020. Elaboración propia

En el área de manufactura de Special Products de la empresa Safran, se aplica una prueba funcional en seco para los productos tipo “fuel stick”. De acuerdo al procedimiento PP-0035 (propiedad intelectual de Safran) Esta prueba consiste en colocar el “housing del stick” de manera manual en la base de prueba, liberar el “flexi” interno y de manera manual mover el flotador a lo largo del “housing” el “flexi” deberá deslizarse a lo largo del “housing” sin presentar resistencia, la fricción deberá ser mínima que permitirá al “flexi” caer por su propio peso. Ver imagen 8 Diagrama de

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

bloques, prueba funcional e imágenes 9 Estación de prueba , 10 Fuel Stick montado en base de prueba y 11 Flexi liberado del tubo o housing montado en base de prueba.

Se han detectado por medio de la observación y medición los siguiente puntos en la prueba funcional:

- Consume demasiado tiempo.
- No es eficiente
- Tiene un recorrido largo.
- No es ergonómico

Los “fuel Sticks” se presentan de diversas longitudes ver imagen 4 y 5, es necesario colocar la base en un segundo piso y el operador debe bajar y subir escaleras, ver imagen 9. Esta prueba se aplica a un promedio de 75 unidades diarias consumiendo un tiempo promedio por unidad de 1.54 minutos en set up, 1.36 minutos de tiempo de prueba, con un recorrido de 18 metros donde el operador debe subir y bajar escaleras de un entresuelo (mezzanine) propiciando una condición insegura de trabajo, ya que este entresuelo no está diseñado para estar utilizándolo continuamente, ya que no es ergonómico por el tamaño de las escaleras. Lo cual nos lleva a obtener como parte de la mejora propuesta, una reducción del riesgo para el operador al eliminar del proceso actual de prueba el uso del entresuelo y por ende también se mejora la ergonomía de esta prueba

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de "Special Products"

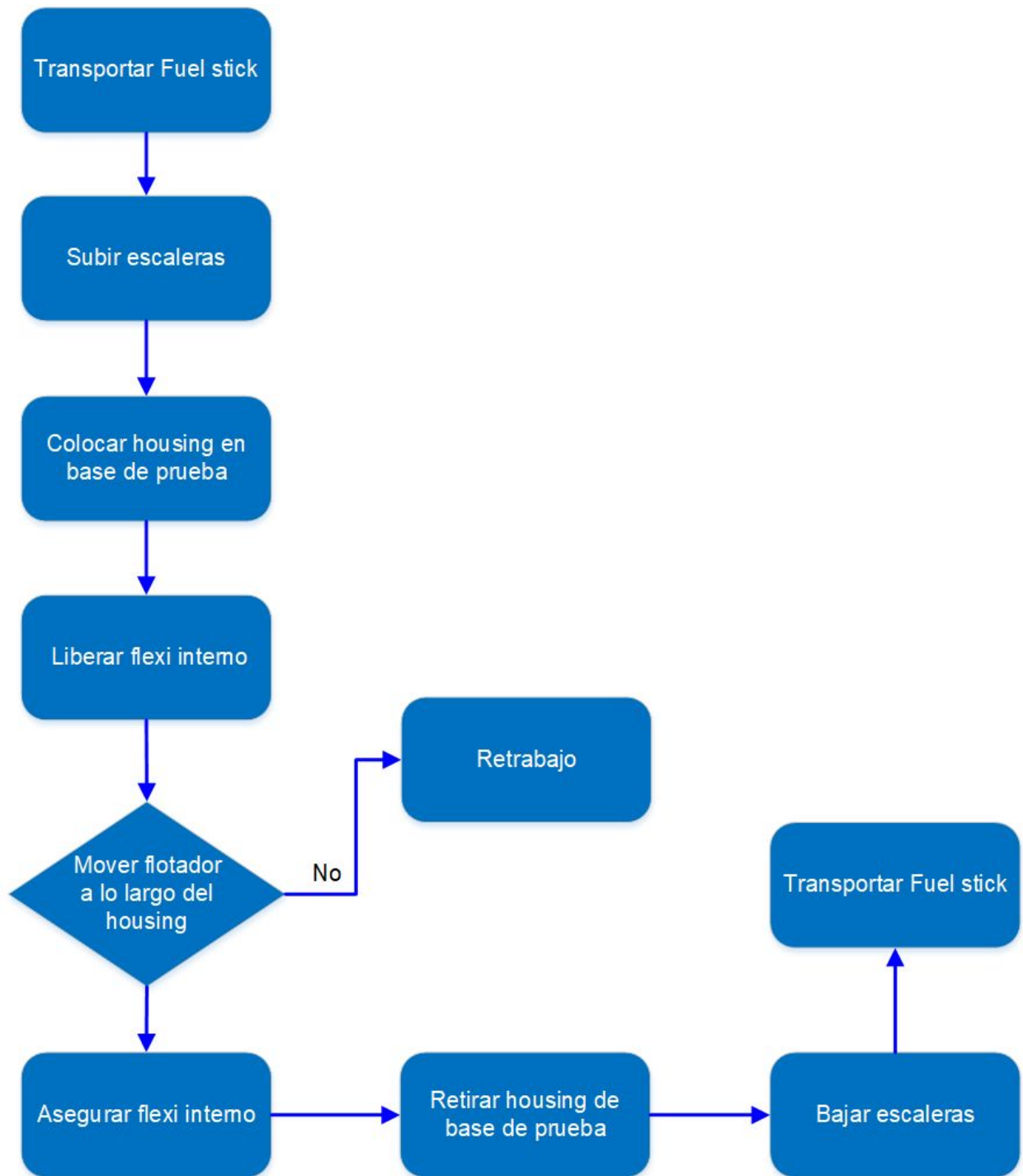


Imagen 8 Diagrama de bloques, prueba funcional, proceso actual. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Imagen 9 Estación de prueba. Elaboración propia

La imagen 9 es una vista de la base de prueba instalada en el entresuelo o mezzanine, también se puede apreciar la escalera por donde el operador accede a la base de prueba.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Imagen 10. Fuel Stick montado en base de prueba. Elaboración propia

En la imagen 10, se muestra como es montado el stick en la base de prueba, como se puede apreciar el flexi permanece asegurado dentro del tubo o housing

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Imagen 11. Flexi liberado del tubo o housing montado en base de prueba.

Elaboración propia

En esta imagen 11 se muestra el flexi liberado del tubo, el flexi es la varilla graduada la cual arroja la lectura del nivel de combustible, esta varilla interactúa con el flotador para verificar que tenga un movimiento suave y sin fricción a lo largo del tubo.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

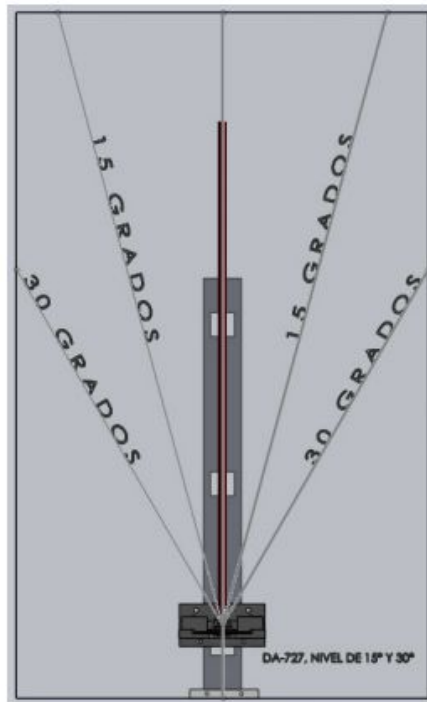


Figura 1. Base de ángulos 024-0013-971 Vista Frontal

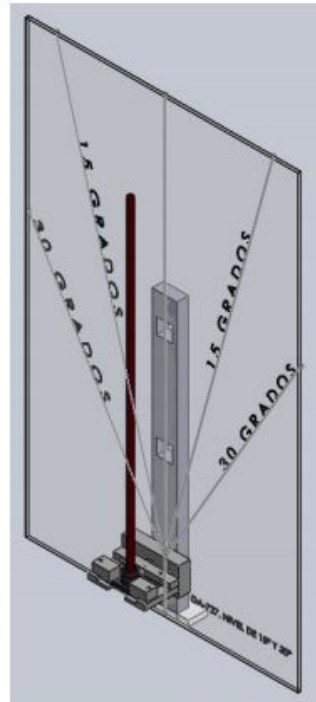


Figura 1A. Base de ángulos 024-0013-971 Vista de Lado

Imagen 12. Base de prueba. Elaboración propia

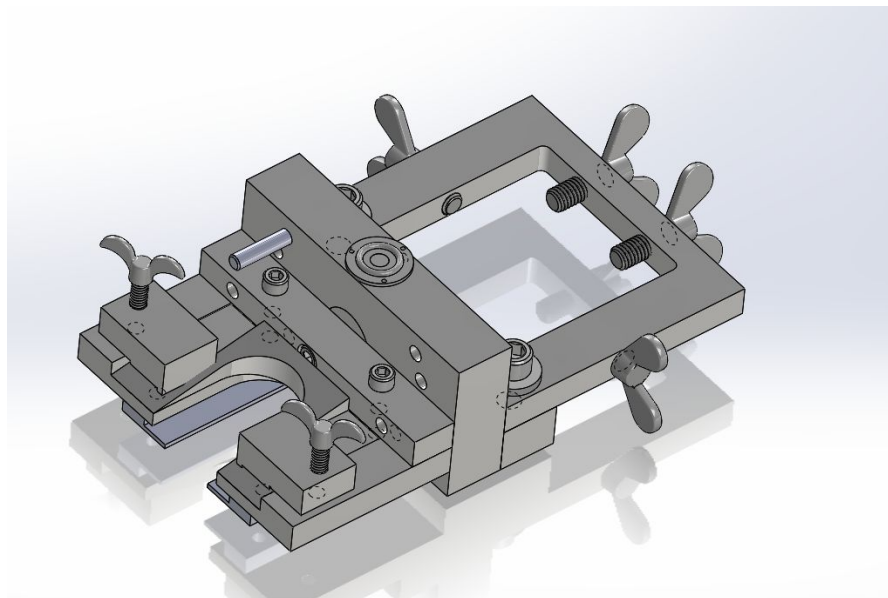


Imagen 13. Base de prueba vista en sólido. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

La imagen 12 fue tomada del procedimiento de prueba PP-0035 (propiedad intelectual de Safran) en el cual se muestran las diferentes vistas y ángulos de la base.

La imagen 13 es una vista en sólido generado en el software de diseño Solidworks de la base actual

La Gerencia de la planta está buscando proyectos de reducción de costos y de optimización de procesos que ayuden a ampliar la capacidad de manufactura y cumplir con la demanda pronosticada. Esta prueba representa una buena oportunidad de mejorar el proceso de prueba funcional de los “fuel stick” ya que al ser una prueba manual, las posibilidades de tener un proceso menos eficaz, con un tiempo de ciclo alto, con posibles problemas de calidad por intervención de la condición humana en la totalidad de esta prueba, tanto en setup, como en manejo de los materiales.

Por lo tanto se analizó el problema de la prueba funcional mediante un formato de planteamiento del problema y de 5 porqués. Ver formato 1 y 2. Este formato arrojó la siguiente información:

El problema específico que se está presentando en el área de Special Products de la compañía Safran es que la prueba funcional en seco para el producto fuel stick es poco eficiente, se desperdicia tiempo y recursos. Afectando a nuestros principales clientes Boeing, Bombardier y Lockheed Martin los cuales representan la mayoría de las ventas de este producto. Esto además causa problemas de calidad, de flujo del proceso, de entregas a tiempo. Este problema se observó primero durante el año fiscal 2019, supone un problema dado que el pronóstico de ventas para el año fiscal 2020 es el de un incremento de 1, 000 unidades en el producto fuel stick, por lo cual la gerencia de la planta está buscando proyectos de reducción de costos y de optimización de procesos que ayuden a incrementar la capacidad de manufactura y poder cumplir con la demanda pronosticada y las necesidades de nuestro clientes, asegurando envíos a tiempo.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

En el análisis de causa raíz se utilizó la herramienta de 5 porqués (Ver formato 2) para llegar a conocer la causa directa, la detectabilidad y la causa sistémica de este problema, dando como resultado lo siguiente:

Causa directa:

Por qué?

Prueba funcional en seco

Por qué?

Tiempo de set up y de prueba muy alto

Por qué?

La prueba se hace de manera manual con base de prueba fija

Por qué?

No se contempló automatizar el proceso y mejorar la base de prueba

Por qué?

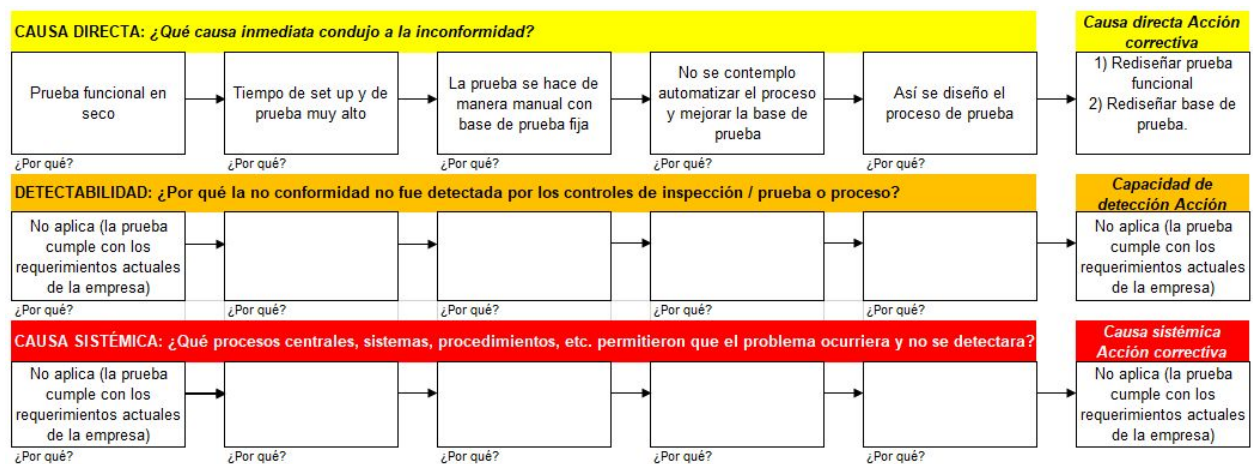
Así se diseñó originalmente el proceso de prueba y la estación de prueba

No habiendo encontrado una causa de detectabilidad ni sistémica ya que la prueba cumple con los requerimientos especificados de la prueba.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Hoja de trabajo del planteamiento del problema	
Elemento	Actual
¿Cuál es el problema específico (idea del proyecto) que afecta el éxito de su negocio?	Prueba manual funcional en seco para los productos tipo “fuel stick” es poco eficiente, se desperdicia tiempo y recursos.
¿Quiénes son los clientes internos o externos más afectados por este problema?	Boeing, Bombardier y Lockheed Martin
Identifique la categoría <i>Critical to Customer (CTX)</i> (calidad, costo o flujo) asociada con este problema.	Flujo
Nombre la métrica comercial asociada con este problema?	Envíos a tiempo (OTD)
¿Dónde está ocurriendo el problema?	Area de Special Products
¿Cuándo se observó por primera vez el problema?	Año fiscal 2019
¿Cuánto cuesta? ¿Cuál es el alcance o la magnitud del problema medido por la métrica comercial?	Podría afectar la meta de OTD del 99.5%
¿Cómo sabes que esto es un problema? ¿Qué objetivo no se está cumpliendo?	Para el año fiscal 2020, se pronostica un incremento de 1,000 unidades en el producto Fuel Stick. La Gerencia de la planta está buscando proyectos de reducción de costos y de optimización de procesos que ayuden a ampliar la capacidad de manufactura y cumplir con la demanda pronosticada.
Componga una declaración concisa del problema en forma de oración: <cuando> <qué> <donde> <cuánto> <cómo lo sabe>.	En el Año fiscal 2019 en el Area de Special Products se tiene una prueba manual funcional en seco para los productos tipo “fuel stick” es poco eficiente, se desperdicia tiempo y recursos. Debido al incremento de 1,000 unidades en el producto Fuel Stick pronosticado para el año fiscal 2020. La Gerencia de la planta está buscando proyectos de reducción de costos y de optimización de procesos que ayuden a ampliar la capacidad de manufactura y cumplir con la demanda pronosticada.

Formato 1 Planteamiento del problema. Elaboración propia



Formato 2 Análisis Causa Raíz. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Preguntas de Investigación

¿Tiene un impacto cuantificable el rediseño de la de la prueba funcional?

¿Qué mejora en el proceso de prueba se lograría con el rediseño de la prueba funcional de la prueba?

¿En base a los resultados de la investigación, será factible hacer el cambio en el proceso de prueba sin afectar el resultado de la misma y cumpliendo con la especificación del producto?

En base a las preguntas de investigación se han identificado las siguientes variables en la presente investigación:

- Independientes
 - Tiempo de ciclo (min)
 - Tiempo de setup (min)
- Dependientes
 - Costos de manufactura
 - Eficiencia de la prueba

Objetivos

Objetivos Generales

Desarrollar e Implementar un rediseño del proceso de prueba funcional de “fuel sticks” mediante el análisis de factibilidad en el cambio de proceso, para obtener una reducción del tiempo de setup y de ciclo de la prueba.

Objetivos Particulares

- Cuantificar el tiempo de setup y de ciclo de la prueba funcional
- Cuantificar la eficiencia de la prueba
- Cuantificar la reducción de costo en el proceso de prueba funcional

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Hipótesis

Con base al rediseño de la prueba funcional, existirá un impacto cuantificable en la reducción de tiempo de setup y de ciclo

Marco Teórico

Manufactura esbelta está basada en 2 pilares, el concepto y práctica de la mejora continua y el poder de respeto por la gente (Leading the Lean Enterprise Transformation, pag 10, Taylor and Francis Group, 2009) también está basada en la identificación y la eliminación del desperdicio tal como la sobreproducción, es decir producir más de lo que se necesita, producir partes defectuosas, movimientos y transportes innecesarios, inventario o el almacenamiento de la sobreproducción, desperdicio de tiempo (como podría ser cambio de set up o preparación) y movimientos o actividades innecesarios. También se podría describir a la manufactura esbelta como un sistema que es diseñado para identificar problemas y resolverlos desde su causa raíz. Dentro de la manufactura esbelta encontramos diferentes tópicos, de acuerdo al segundo principio de los 14 principios del Toyota Way el proceso correcto producirá los resultados correctos (Jeffrey K. Like. (2004) Las claves del Éxito de Toyota. pág 73 McGraw-Hill) se deberán crear procesos de flujos continuos para causar que los problemas salten a la superficie, esto se logra rediseñando los procesos para lograr un flujo sin interrupciones que de alto valor agregado a nuestro proceso, debemos esforzarnos por reducir a su mínima expresión el tiempo en cualquier actividad del proceso para evitar cualquier desperdicio de tiempo y esfuerzo. Consultando tópicos de manufactura esbelta, encontramos que SMED es el acrónimo en lengua inglesa de Single Minute Exchange of Die, que en español significa “cambio de matriz en menos de 10 minutos”. La metodología SMED nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampación, optimizando para ello el tiempo de cambio empleado en pasar de una matriz a otra. De acuerdo a Greg Lane SMED puede utilizarse para reducir el tiempo de cualquier tipo de cambio; no tiene que ser un

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

proceso que incluya cambio de dados en una máquina (Made Order to Lean, (2007) Excelling in a high-mic, Low-volume environment Greg Lane, Productivity Press)

¿Para qué sirve SMED? Obteniendo ventajas competitivas tales como minimizar el tiempo de preparación, reducir el tamaño de inventario o maximizar la capacidad y flexibilidad productiva al poder producir. Ya que en un tiempo mucho menor, se producirán varios modelos en una misma línea de producción. Lo cual se traduce no sólo en reducción de costes, sino también en el proceso de ser más ágiles y flexibles a los cambios de demanda.(Pro Optimgestion empresarial (2016) El método SMED y su importancia en la gestión empresarial recuperado de <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>)

Hoy en día el SMED se aplica a las preparaciones de toda clase de máquinas. Para hablar sobre el SMED conviene tener claros una serie de conceptos:

- Tiempo de cambio: es el tiempo desde que se fabrica la última pieza del producto saliente hasta la primera pieza conformante del producto entrante. Por tanto, durante el tiempo de cambio la máquina está parada.
- Preparación: operaciones necesarias para el cambio de referencia. Toda preparación es desperdicio (MUDA), ya que no aporta valor para el cliente.
- Preparación interna: operaciones de la preparación que sólo pueden realizarse con máquina parada.
- Preparación externa: operaciones de la preparación que pueden realizarse con la máquina en marcha.

El SMED sirve para reducir el tiempo de cambio y para aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, lo que reduce el riesgo de defectos y averías.

La lista de beneficios es amplia, pero la podemos resumir en la siguiente lista:

- Reducir tiempo de cambio.
- Incrementar la disponibilidad de máquina
- Posibilitar la fabricación de lotes pequeños, sin encarecer el producto
- reducir stocks y facilitar el control de inventario
- Incrementar el espacio disponible

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

- Disminuir los desplazamientos, manipulaciones, etc
- Reducir el tiempo de respuesta
- Disminuir obsolescencias, defectuoso en operaciones auxiliares, etc.
- Incrementar el compromiso de la persona con su trabajo.
- Fomentar la puesta en común de los conocimientos de los implicados.
- Utilizar la creatividad de las personas.

En resumen, flexibilizar el sistema productivo, optimizar los recursos disponibles y mejorar la cultura industrial, es decir, ser más competitivos. .(Pro Optimgestion empresarial (2016) El método SMED y su importancia en la gestión empresarial recuperado de <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>)

La reducción del tiempo de cambio de referencia puede aprovecharse de dos maneras:

1. Para incrementar el Eficacia general del equipo por sus siglas en inglés OEE (Overall Equipment Effectiveness) y la Productividad. Manteniendo tanto la frecuencia de cambio de las referencias como el tamaño de los lotes.
2. Para reducir el stock en proceso. Incrementando la frecuencia de cambio de las referencias y reduciéndose el tamaño de los lotes. .(Pro Optimgestion empresarial (2016) El método SMED y su importancia en la gestión empresarial recuperado de <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>)

También puede emplearse con el objetivo de aumentar la capacidad de producción, es decir, el tiempo que determinada máquina está disponible para producir.

Disminución de tiempo de cambio = Aumento de tiempo disponible para producir (MTMingenieros para la mejora continua (2017) ¿Que es SMED? recuperado de Web page (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>) ver imagen14

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”



Imagen 14 Gráfica de cambios

El proceso SMED se divide en cuatro etapas:

1. Estudio de la operación de cambio, ya que lo que no se conoce, no se puede mejorar. Es una fase de conocimiento y observación.
2. Separar las tareas internas y externas. Entendiéndose como internas las operaciones que se deben realizar con la máquina parada y externas las que se pueden realizar mientras la máquina está operativa.
3. Convertir las tareas internas en externas. Siendo este punto el más complejo del proceso y el que requiere un análisis profundo por parte del equipo de desarrollo. Todas aquellas tareas que puedo hacer antes de parar la máquina o en paralelo reducirán directamente el tiempo de parada.
4. Perfeccionar el proceso de tareas.

Generalmente la aplicación de esta “metodología” va ligada al objetivo de reducir los stocks y mejorar el lead-time. Al disminuir el tiempo necesario para realizar un cambio de modelo, mejora nuestra capacidad de realizar más cambios de modelo, fabricando lotes más pequeños y planificando en consecuencia un plazo de entrega y un almacenamiento menores. Las compañías de clase mundial utilizan la filosofía SMED, hacen énfasis en la estandarización y la simplificación. (Ivan Escalona (2007) Herramientas Para Ingenieros De Harvard-UPIICSA, Pág 19, El Cid)

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Pero el SMED es algo más, es una herramienta para optimizar procesos, y aunque habitualmente ha sido utilizada para reducir el tiempo de cambio de utillaje, también puede utilizarse, con pequeñas modificaciones, para mejorar cualquier operación que se realice en el proceso. (El método SMED y su importancia en la gestión empresarial. 9 junio, 2016 Pro Optimgestion empresarial)

Revisando los conceptos de automatización, encontramos que hay diferentes conceptos de automatización, uno de ellos Merriam Webster citado por Álvaro Bustos define qué automatización “Es el método de controlar automáticamente la operación de un aparato –artefacto, proceso o sistema integrado por diversos componentes a través de medios mecatrónicos– electrónicos y computacionales que sustituyen los órganos sensitivos y la capacidad de decisión del ser humano” (ST Derby, 2005, pp. 8 -Merriam Webster).

La automatización tiende a mejorar la productividad y promueve un mejoramiento del nivel de vida (Richard C. Vaughn (1988) Introducción a la Ingeniería Industrial, pág 72, Reverte)

Metodología

El proyecto se llevará a cabo en el área de Special Products de la empresa Safran durante el primer cuarto del año fiscal 2020, contará con la colaboración de un equipo de trabajo, formado por un ingeniero de manufactura, un ingeniero de calidad, un gerente de manufactura, ingeniero de calibración y el taller de maquinado. Todos empleados de la compañía Safran.

El procedimiento que se llevó a cabo se describe a continuación:

En el 3er cuarto del año fiscal 2019 se inició con la observación de los datos del producto como ventas y pronóstico de demanda ver Tabla 1 y 2, caminar el proceso para determinar oportunidades de mejora y poder establecer con claridad el planteamiento del problema ver formato 2, mediante la utilización de la herramienta de cinco por qué, ver formato 2. Se determinó la causa directa, de detectabilidad y

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

sistémica del problema, para llegar a conocer la causa raíz, esta metodología está indicada en la documentación de la empresa, es un método estándar en Safran para abordar los problemas. Así como también se generó una gráfica de barras, ver imagen 16 y un diagrama de spaghetti ver imagen 17. Los cuales nos ayudan a tener una descripción gráfica del problema que estamos analizando y nos proporcionan una perspectiva diferente para encontrar una solución.

Una vez determinado el problema y la causa raíz, se empezó con la toma de datos del proceso actual de la prueba, se tomaron tiempos y distancias para determinar el estado actual proceso, los cuales se pueden ver en la tabla 3 e imagen 15.

Descriptive Statistics: Recorrido, Subir Escalera, Tiempo ... iempo total

Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Recorrido	25	0	1.0720	0.0354	0.1768	0.7000	0.9000	1.1000	1.2000	1.3000
Subir Escalera	25	0	0.4680	0.0170	0.0852	0.3000	0.4000	0.5000	0.5000	0.6000
Tiempo de prueba	25	0	1.3584	0.0538	0.2691	1.1000	1.1200	1.1400	1.6000	1.9000
Tiempo total	25	0	2.8880	0.0567	0.2833	2.5000	2.7000	2.8000	3.0500	3.7000

Imagen 15 Estadística descriptiva. Elaboración propia

Descripción	Tiempo (Min)	C/Lote 5 pzas	25 pzas	Prom por pieza
Subir/Bajar escalera	0,47	0,47	2,35	0,094
setup	1,54	7,7	38,5	1,54
Tiempo de prueba	1,36	6,8	34	1,36
Tiempo total	3,37	14,97	74,85	2,994

Tabla 3 Toma de tiempos. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

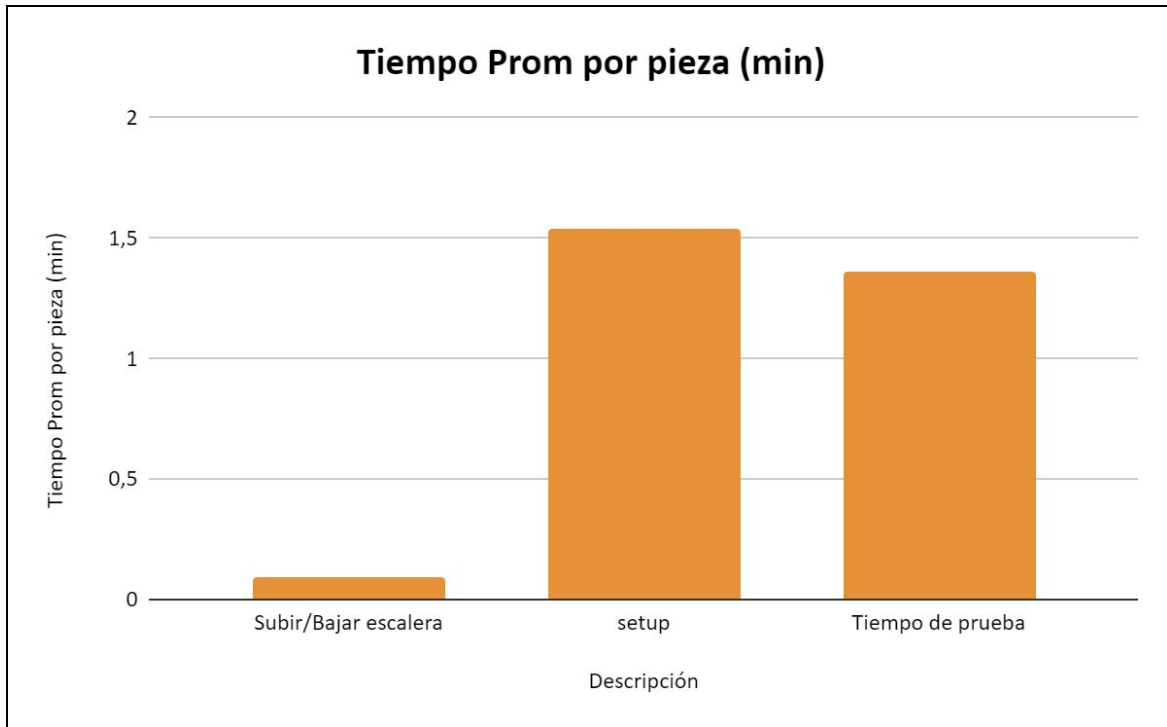


Imagen 16 Gráfica de Barras. Elaboración propia

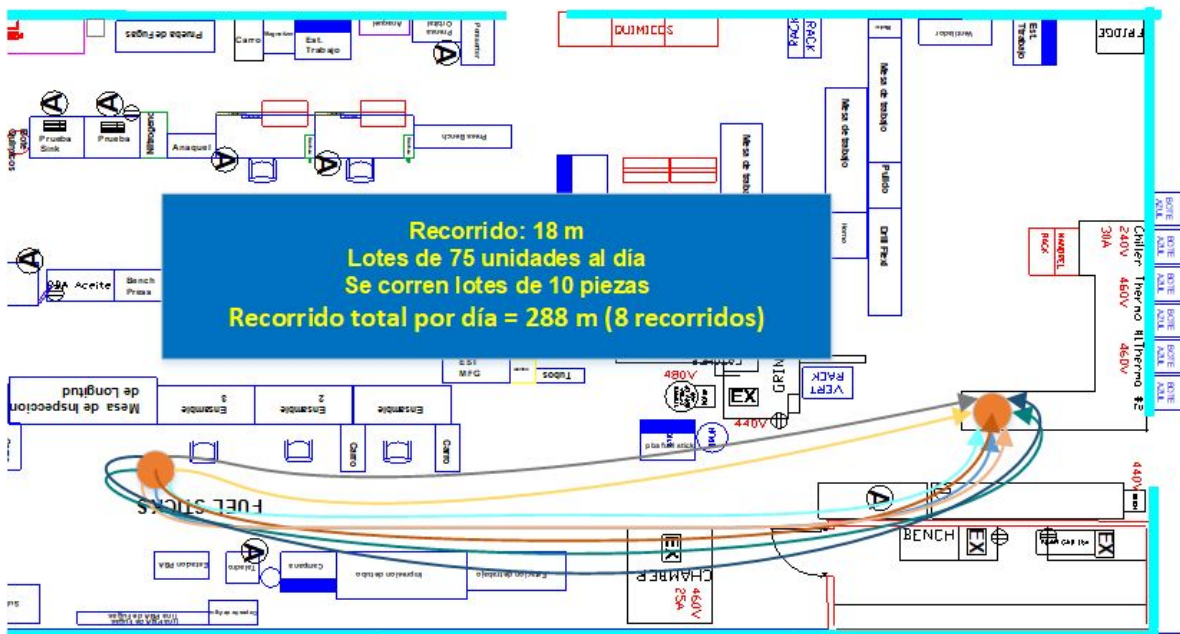


Imagen 17 Diagrama de Spaghetti. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Diagrama de Espagueti Un mapa o diagrama de ruta de un producto específico mientras viaja dentro de flujo de valor de una operación o proceso a otro. (Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación, (2013) Pág 161, Juan Carlos Hernandez, Antonio Vizan Idoipe, Creative Commons)

En la imagen 17 se muestra un diagrama de spaghetti en el cual podemos observar los recorridos que se hacen actualmente. en una corrida de producción de un lote de 75 unidades, se hace un recorrido de 288 mts de la estación de ensamble a la estación de prueba..

Conociendo estos datos se procedió a determinar cuál serían los objetivos generales y particulares del proyecto, así como la hipótesis que se quieren responder.

Para lograr cumplir con los objetivos de este proyecto, la siguiente etapa se describe a continuación en el siguiente diagrama ver imagen 18 y 19.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

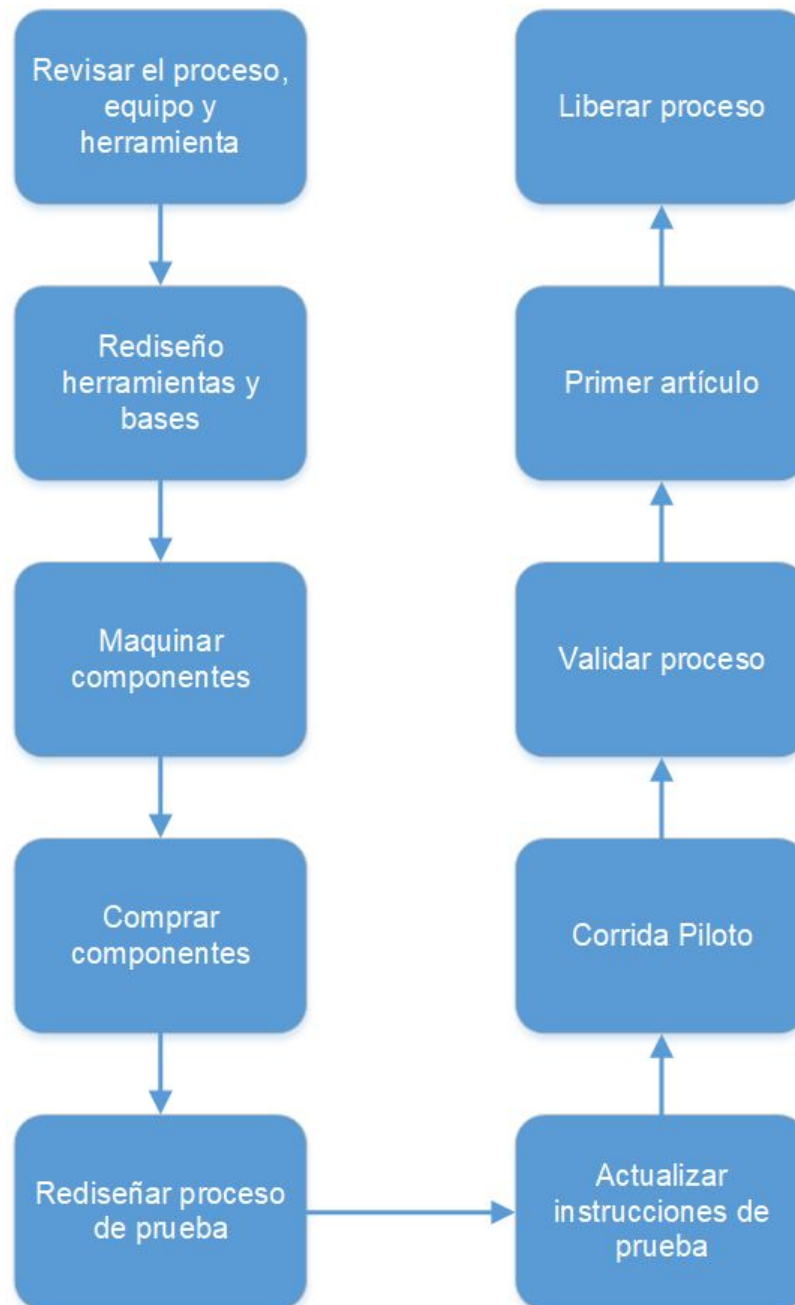


Imagen 18 Diagrama de bloque siguiente etapa. Elaboración propia

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

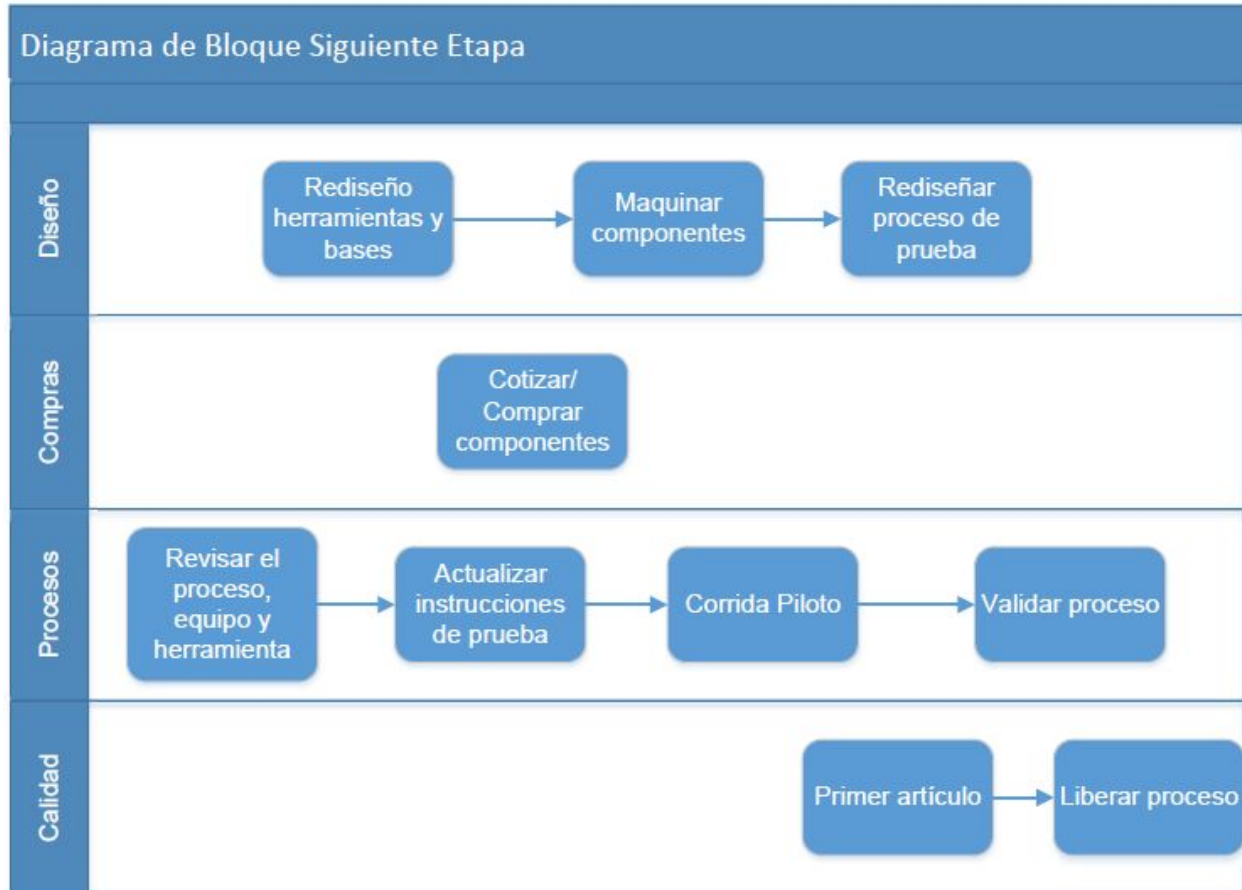


Imagen 19 Diagrama de bloque siguiente etapa por departamentos. Elaboración propia

El diagrama de la imagen 18 se detalla a continuación:

- Revisar el proceso y el diseño actual del equipo y la herramienta utilizada para llevar a cabo la prueba funcional.
- Rediseñar las bases, dados, estructura del equipo y determinar si se va a automatizar mediante el uso de dispositivos neumáticos o eléctricos, para lo cual el ingeniero de manufactura en conjunto con el ingeniero de calibración determinarán cuál es el diseño apropiado para desarrollar esta prueba, para ello utilizarán la metodología SMED y el software de diseño Solidworks para simular y desarrollar los planos de ingeniería del nuevo equipo y herramienta de prueba.
- Maquinar las piezas y componentes desarrollados para el nuevo equipo de prueba

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

- Comprar los componentes neumáticos y/o electrónicos para adaptarlos al nuevo equipo
- Rediseñar el proceso de manufactura y prueba, determinar si debe haber un cambio de layout, determinar el nuevo espacio y distancias
- Revisar y actualizar las instrucciones de prueba de acuerdo a la función del nuevo equipo
- Hacer una corrida piloto para revisar el funcionamiento del nuevo equipo, evaluar la conformidad del producto de acuerdo a sus especificaciones.
- Validar el proceso, entrenar al personal, documentar las nuevas instrucciones de prueba y de manufactura, establecer el nuevo layout, dar de alta el diseño del nuevo equipo en control de documentos así como la documentación generada o modificada
- Corrida de un primer artículo para verificar los cambios establecidos.
- Liberar el proceso de prueba a manufactura.

Resultados

En base a el rediseño de la prueba funcional, ver imágenes 20 y 21 para la nueva estación de prueba propuesta, la cual consiste en una nueva base movable, donde se montaron 5 nuevas bases de prueba ver imágenes 22 a 24 donde se muestra el sólido de la nueva base. Se generó un nuevo proceso de prueba, ver imagen 25 Diagrama proceso de prueba propuesto, donde se puede observar una reducción del tiempo de prueba por pieza, el cual se redujo de un tiempo actual de 2.994 min/pza a 1.658 min/pza logrando una reducción de 1.336 min /pza. Esto se logró rediseñando la estación de prueba y la base de prueba para eliminar los traslados del material de la estación de ensamble a la estación de prueba, se eliminó el uso de la escalera, se redujo el tiempo de setup en un 10% y se implementó la mejora de probar 5 unidades a la vez, reduciendo el tiempo de prueba.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de
“Special Products”

Descripción	Tiempo (Min)	C/Lote 5 pzas	25 pzas	Tiempo Prom por pieza (min)	Nuevo tiempo por pza (min)	Ahorro de tiempo por unidad (min)	Tiempo Actual total de prueba lote de 75 pzas. (min)	Tiempo Nuevo total de prueba lote de 75 pzas. (min)	Costo Actual por hr. Operador x Lot de 75 pzas (.25 Dlls X min)	Costo Nuevo por hr. Operador x Lot de 75 pzas (.25 Dlls X min)	Ahorro Anual (Dlls)
Subir/Bajar escalera	0,47	0,47	2,35	0,094	0						
setup	1,54	7,7	38,5	1,54	1,386						
Tiempo de prueba	1,36	6,8	34	1,36	0,272						
Tiempo total	3,37	14,97	74,85	2,994	1,658	1,336	224,55	100,2			
Costos									56,1375	25,05	8082,75

Tabla 4. Resultados de tiempos y costos con nueva base de prueba. Elaboración propia

En la tabla de resultados de tiempos con nueva base de prueba, se pudo calcular el nuevo tiempo de prueba, tomando como referencia que con el nuevo proceso propuesto y la generación de una nueva base de prueba se pueden probar 5 unidades a la vez, sobre una base móvil, la cual elimina el tiempo de transporte y también el nuevo diseño permite reducir en un 10% el tiempo de setup.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

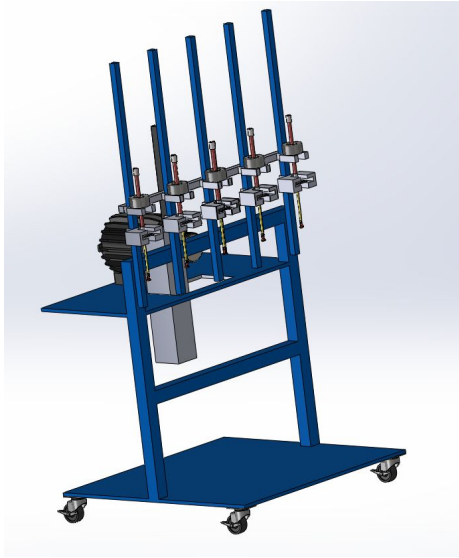


Imagen 21 Estación de Prueba Propuesta vs Imagen 9 Estación Actual. Elaboración propia

El resultado del proyecto en cuanto a la estación de prueba propuesta contra la estación de prueba actual presenta las siguientes mejoras:

- Reducción de transporte de unidades de la estación de ensamble a la estación de prueba, al ser la nueva estación propuesta una estación móvil y de tamaño que se ajusta a la línea de ensamble
- Se mejora la eficiencia y se reducen los tiempos de la prueba, ya que se podrán probar 5 unidades al mismo tiempo.
- Se eliminan condiciones inseguras de trabajo al eliminar el riesgo para los operadores de subir y bajar escaleras
- Se obtiene un ahorro en el costo de prueba de \$8,082 dls anuales, si se mantiene el volumen de 75 unidades al día. el cual puede incrementar al subir el volumen de producción.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

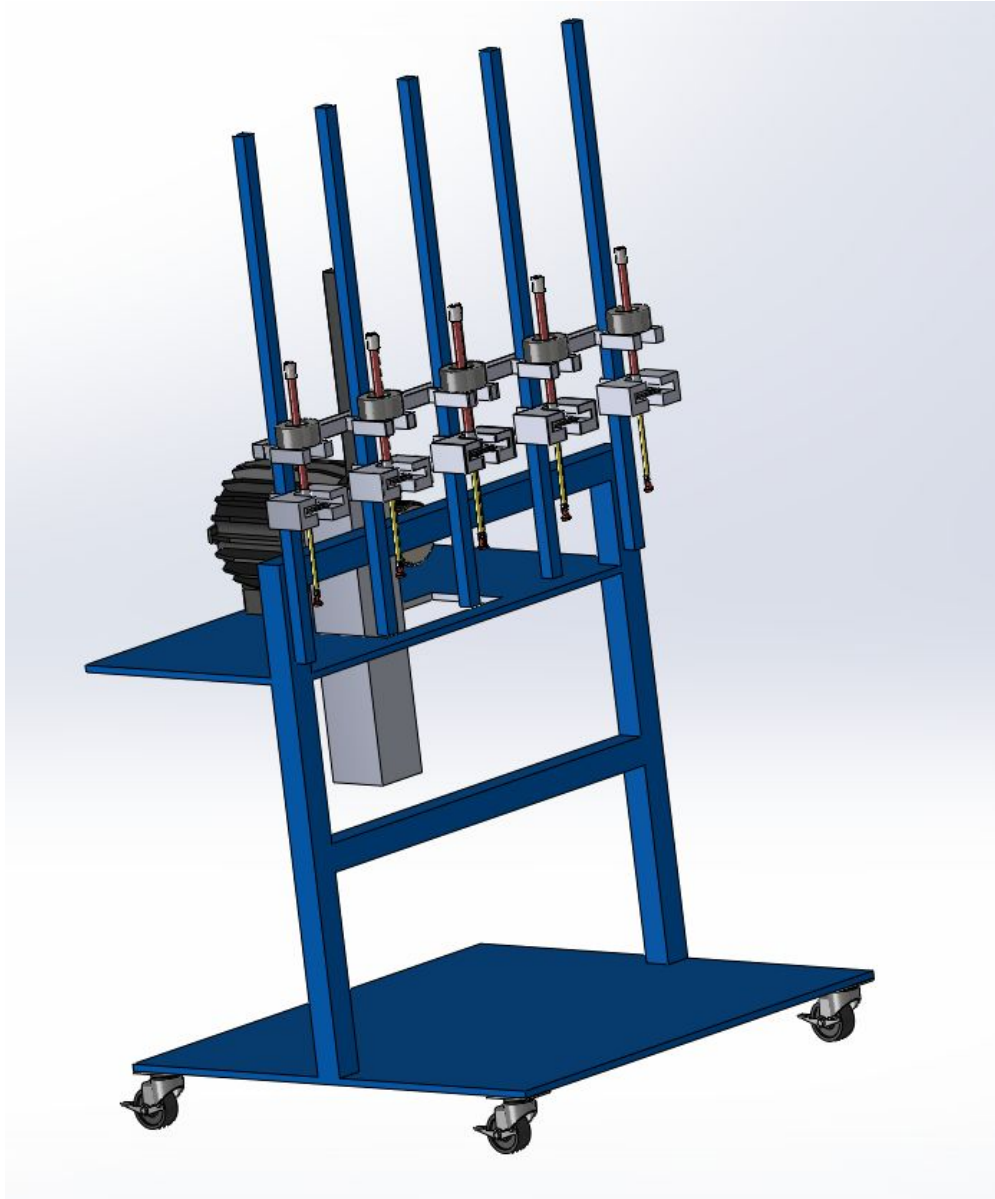


Imagen 20 Nueva estación de prueba. Elaboración propia

En esta imagen podemos apreciar una vista frontal de la nueva estación de la prueba funcional en seco para Fuel Sticks, como se puede ver en la imagen, se propone una estación móvil en la cual se montaran 5 fixtures para probar 5 unidades a la vez y reducir el tiempo de prueba, así mismo se incorpora un motor eléctrico.

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

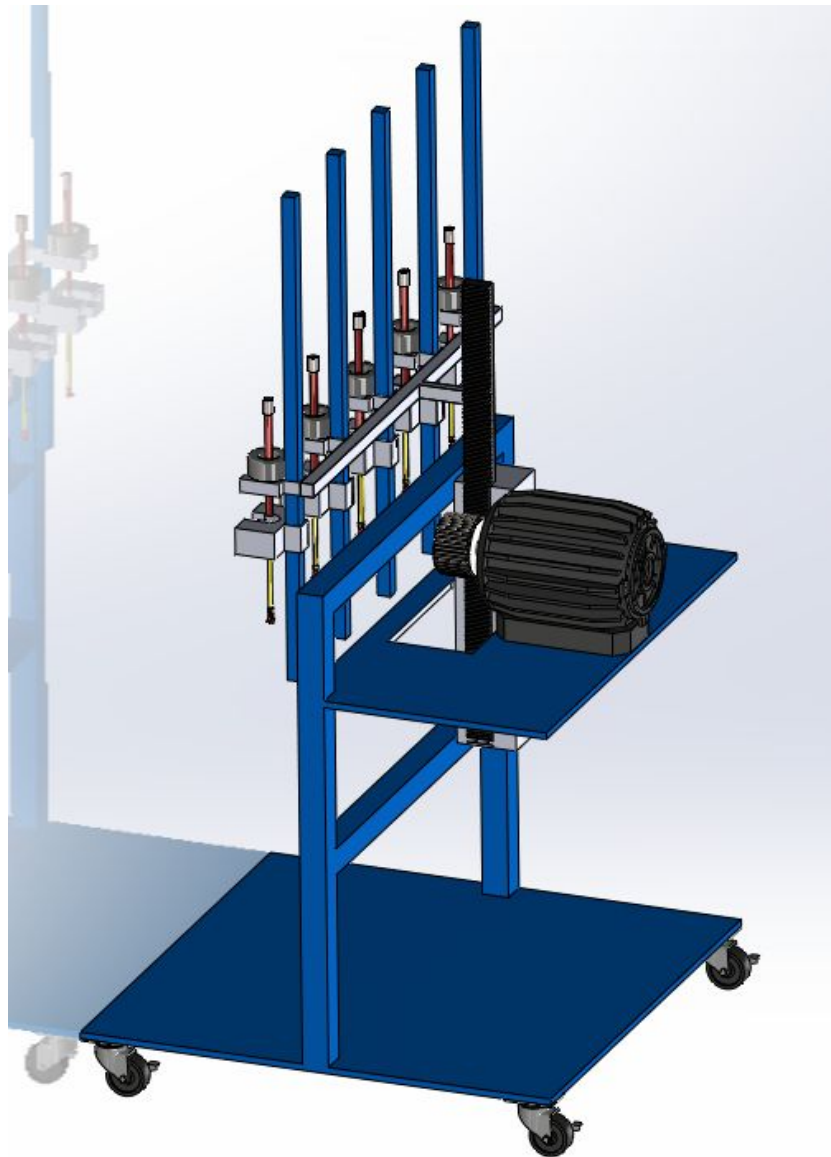


Imagen 21 Nueva estación de prueba vista posterior. Elaboración propia

LA imagen 21 es la vista posterior de la estación de prueba, donde se puede apreciar el motor y el mecanismo que hará subir y bajar el flotador

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

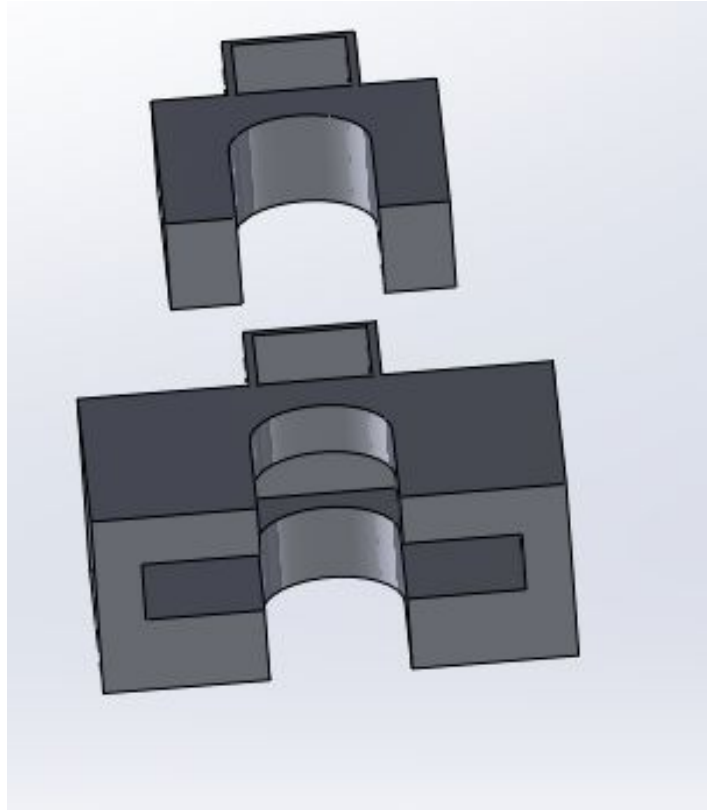


Imagen 22 Nueva base de prueba. Elaboración propia

En esta imagen se muestra la nueva base de prueba la cual consiste de 2 piezas, la parte superior que sostiene y moverá el flotador y la parte inferior que será la que sujete la base del fuel stick

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

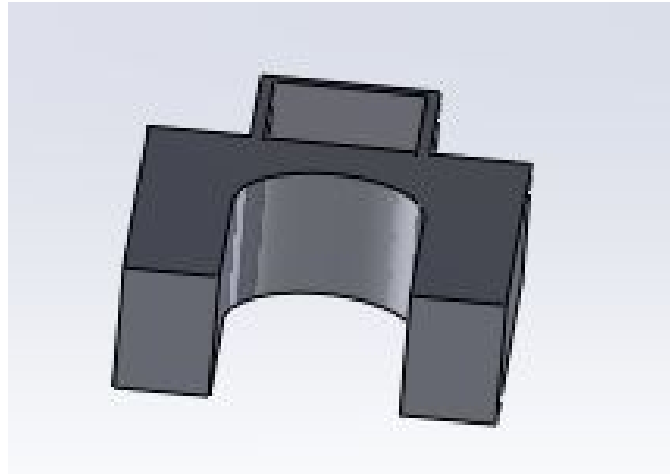


Imagen 23 Nueva base de prueba parte superior. Elaboración propia

En la imagen 23 se puede apreciar la parte superior de la nueva base de prueba

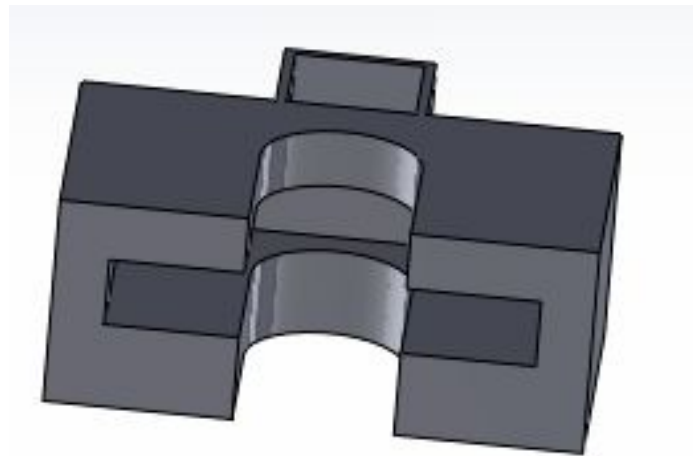


Imagen 24 Nueva base de prueba parte inferior. Elaboración propia

En la siguiente imagen se puede apreciar una vista de la parte inferior de la nueva base de prueba

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

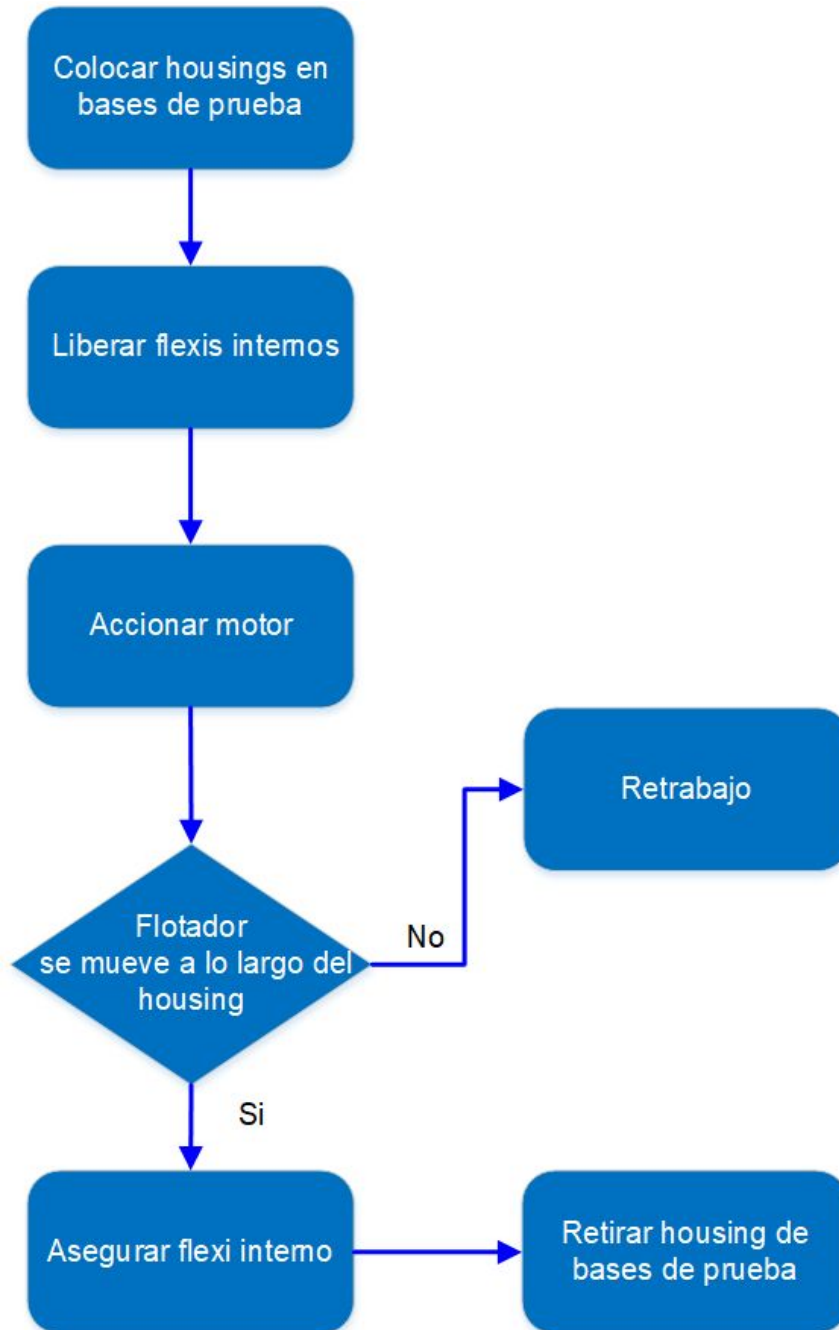


Imagen 25 Proceso de prueba propuesto. Elaboración propia

En la imagen 25 se muestra el nuevo proceso de prueba el cual reducirá el tiempo de la prueba funcional en seco para Fuel Stick misma

Discusión, conclusiones y recomendaciones

Con base a los resultados del proyecto, podemos concluir que la hipótesis se acepta, ya que si hay un impacto cuantificable y una reducción del tiempo de setup y ciclo

Hipótesis: Con base al rediseño de la prueba funcional, existirá un impacto cuantificable en la reducción de tiempo de setup y de ciclo

Respuestas a las preguntas de investigación:

¿Tiene un impacto cuantificable el rediseño de la de la prueba funcional?

Si una reducción de tiempo de prueba de 1.336 min /pza. y un 10% de reducción en setup

¿Qué mejora en el proceso de prueba se lograría con el rediseño de la prueba funcional de la prueba?

Probar 5 unidades a la vez, eliminar el tiempo de traslado y el riesgo de subir y bajar escaleras

¿En base a los resultados de la investigación, será factible hacer el cambio en el proceso de prueba sin afectar el resultado de la misma y cumpliendo con la especificación del producto?

Si es factible, la nueva estación y proceso de prueba, no se contraponen con la especificación de la prueba Procedimiento PP-0035 (propiedad intelectual de Safran) y no se afecta la forma, función o diseño de las unidades.

Habiéndose contestado satisfactoriamente las preguntas de investigación y confirmándose la hipótesis de este proyecto, podemos concluir que es factible su implementación en el área de manufactura de Special Products en la empresa Safran

Por lo tanto se recomienda hacer el cambio de la prueba funcional en seco para fuel stick en el área de manufactura de Special Products, por el nuevo proceso de prueba y implementación de la nueva base de prueba. Se recomienda documentar y

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

liberar el nuevo proceso de acuerdo a las políticas y sistema de calidad de la compañía.

Referencias

ST Derby (2005) pp. 8 -Merriam Webster. Dictionary

Rediseño de Estación de Prueba Funcional en Seco Para Fuel Stick en Área de “Special Products”

Greg Lane (2007) Made Order to Lean, Excelling in a high-mic, Low-volume environment, Productivity Press

El método SMED y su importancia en la gestión empresarial. (2016) Pro Optimgestion empresarial recuperado de <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>

MTMingenieros para la mejora continua (2017) ¿Que es SMED? recuperado de Web page (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>)

Jeffrey K. Like. (2004) Las claves del Éxito de Toyota. pág 73 McGraw-Hill

Taylor and Francis Group (2009) Leading the Lean Enterprise Transformation, pág 10 Productivity Press

Safran antecedentes recuperado de Web page, <https://www.safran-group.com/country/mexico.html>

Richard C. Vaughn (1988) Introducción a la Ingeniería Industrial, pág 72, Reverte

Luis Socconini, (2019) Lean Manufacturing Paso a Paso, Pag 22, Marge Books

Ivan Escalona (2007) Herramientas Para Ingenieros De Harvard-UPIICSA, Pág 19, El Cid

Juan Carlos Hernandez, Antonio Vizan Idoipe. (2013) Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación, Pág 161, Creative Commons