

**Centro de Enseñanza Técnica y Superior, CETYS
Universidad**



**Maestría en ingeniería e innovación con orientación en
Sistemas y Tecnologías de la Información**

**Parametrización de proceso inserción automática de
terminales con sistema de retroalimentación de fuerza a
través de celdas de carga**

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

Presenta:

Josafat Solares Ortiz

Tijuana, Baja California, México
2020

Tesis defendida por
Josafat Solares Ortiz

y aprobada por el siguiente Comité

Firma

Grado académico y nombre completo
Director de tesis o **codirectores**

Miembros del comité

Dr. Pablo Jose Prieto Etenza

**Dr. Jesus Antonio Camacho
González**

Dr. Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx
Grado académico y nombre completo
Sinodal

Dr. Ricardo Martinez
Coordinador del Posgrado

Dr. Xxxx Xxxx Xxxxx
Director de Escuela de Ingeniería

Josafat Solares Ortiz © 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 **Josafat Solares Ortiz** como requisito parcial para la obtención del grado de **Maestro** en Ciencias en **Ingeniería e Innovación**.

Parametrización de proceso inserción automática de terminales con sistema de retroalimentación de fuerza a través de celdas de carga

El uso de celdas de carga en la industria ha ido en crecimiento constante, cada vez se desarrollan más aplicaciones, y las nuevas generaciones de celdas más compactas y de mayor precisión así como menor margen de error han detonado el uso de estas en Toda la industria.

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar como el uso de celdas de carga pueden proveer la retroalimentación necesaria para poder establecer parámetros durante el proceso de inserción automática. Con este Fin la pregunta de investigación es la siguiente, El sistema de Celdas de carga provee la información necesaria para poder determinar si el proceso de inserción de terminal fue apropiado?

La pregunta de investigación se responde a través de simulaciones y experimentos que permiten visualizar y determinar valores óptimos del proceso de inserción en base datos obtenidos de las celdas de cargas, esta información es correlacionada a nuestra característica critica a controlar para obtener un proceso con índice de capacidad mínimo de acuerdo al requerimiento automotriz.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten correlacionar la fuerza de inserción requerida para obtener una inserción correcta y que cumpla con la altura de terminal apropiada, también se logra de esta manera determinar los parámetros óptimos del proceso de inserción automática.

Teniendo esto en cuenta se recomienda el uso de celdas de carga para procesos de inserción, estas como una alternativa a otro tipo de sistemas. En particular este tipo de sistema era una necesidad cubierta al no poder usar sistemas tradicionales.

Palabras clave: Celdas de carga, inserción automática

Abstract of the thesis presented by **Josafat Solares Ortiz** as a partial requirement to obtain the **Master** of Science degree in **Engineering and Innovation**

Parameters Definition of automatic insertion process with load cells feedback.

The use of load cells in the industry continues to growing, while new applications are being developed that take advantages of the new generation of load cells with compact designs and more precise and faster responses.

The main objective of this investigation is to verify how a load cell can provide proper feedback to establish if an insertion or assemble operation is good or bad and how reliable is this with in a real machine.

The research question is answered through simulations and experiments that allow visualizing and determining optimal values of the insertion process based in the data obtained from the load cell, this information is correlated to our critical characteristics to control and obtain a process with an index of minimum capacity according to the automotive requirement.

The results obtained in this work allow us to correlate the insertion force required to obtain a correct assembly that complies with the appropriate terminal height, in this same way we also determine the optimal parameters of the automatic insertion process.

Taking this into account, the use of load cells is recommended for insertion or assembly processes, as an alternative to other types of systems. In particular, this type of system was a need due to the fact that the parts could not be verified true a more traditional measurement system after assembly.

Keywords: Load Cells, Automatic insertion process

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi vida y no menos en mi carrera profesional. A mi Esposa e hijos que sacrificaban mi ausencia para poder invertirla en mi desarrollo profesional. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Agradecimientos

Quiero Agradecer a Conacyt al haber apoyado mi desarrollo profesional con una beca Industria.

De igual manera quiero agradecer a la Empresa para la cual Hoy Laboro, Aptiv Connection systems, la cual me dio apoyo económico complementario para poder cursar esta maestría.

A mis compañeros de Trabajo, Joel Escobedo, Christopher Martinez quienes fueron soporte medular en este trabajo de investigación y de desarrollo.

A todos mis familiares, amigos y compañeros que me animaron a cursar esta maestría.

Finalmente a esta institución y sus maestros ya que gracias a la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Tabla de contenido

Página

Lista de figuras.....	
Capítulo 1. Introducción	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	8
1.3 Hipótesis	10
1.4 Preguntas de investigación.....	10
1.5 Propuesta de Trabajo.....	10
1.6 Objetivos	11
Capítulo 2. Marco Teórico	
2.1 Conectores Electricos.....	12
2.2 Cables Coaxiales.....	12
2.2.1 Proceso de ensamble de conectores Coaxiales.....	13
2.2.2 Características principales	14
2.2.3 Monitores de Prensado.....	15
2.3 Celdas de Carga.....	16
2.3.1 Tipos de celdas de carga.....	16
2.4 Servomotores.....	18
2.4.1 Control de Servomotores.....	18
Capítulo 3. Metodología	
3.1 Materiales.....	20
3.2 Métodos.....	23
3.3 Cronograma.....	25
Capítulo 4. Resultados y Discusión	
4.1 Simulación del proceso de ensamble.....	26
4.2 Definición de parámetros	30
4.3 Definición de curvas anormales.....	32

4.4 Diseño de Experimentos.....	37
4.5 Estudio de Capacidad.....	40
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	
5.1 Conclusiones.....	42
5.2 Recomendaciones.....	43

Lista de figuras

Figura		Página
1	Esquemáticos de algunas aplicaciones con celdas de carga.....	1
2	Sistema de rebobinado de compuesto con control de tensión (Nikat AKKUS, et all. 2008)	2
3	Motor lineal con celda de carga agregada (Dehghan, et all. 2011).....	3
4	Manipulador Maestro (Dehghan, et all. 2011).....	4
5	Diagrama de bloques de sistema de tele operaciones (Dehghan, et all. 2011).....	4
6	Simulación de instalación de celda de carga en base (Seder, Reyad et all.2017).....	5
7	Simulación de instalación de celda de carga en base (Seder, Reyad et all.2017).....	5
8	Ilustración conceptual un bastón sin manos (Y. Tanaka, et all. 2018).....	6
9	Imagen de botas prototipo y sus principales herramientas (Y. Tanaka, et all. 2018)	7
10	Foto Proceso de ensamble manual.....	8
11	Proceso de inserción automático.....	8
12	Conector Aptiv, Dimensión crítica e interface.....	9
13	Proceso general para ensamblar un conector coaxial.....	13
14	Construcción de cable coaxial.....	14
15	Características críticas de una terminal bien prensada (TE Electronics, Pg 7).....	14
16	Imagen referencial Altura de terminal (Critelli. 2007).....	15
17	Imagen representativa de cada una de los tipos de celdas.....	17
18	Conector coaxial del proveedor Aptiv.....	20
19	Servomotor lineal Cyber d17.....	20
20	Celda de Carga tipo resistiva. Omega.....	21
21	Indicador de Altura Mitutoyo ID-CX.....	21
22	Características internas del conector.....	22
23	Esquema del sistema de retroalimentación a parametrizar.....	22

24	Imagen de la preparación realizada para la simulación.....	26
25	Diagrama de Fuerza-distancia, proceso continuo.....	26
26	Simulación de proceso de inserción primera fase.....	27
27	Simulación de proceso de inserción Segunda fase.....	27
28	Simulación de proceso de inserción tercera fase.....	28
29	Simulación de proceso de inserción Cuarta fase.....	28
30	Simulación de proceso de inserción Quinta fase.....	29
31	Parámetros requeridos del sistema de carga.....	30
32	Imagen de graficas obtenida de corrida muestral de 40 pcs.....	31
33	Imagen de grafica obtenida cuando se ensamble en un valor nominal.....	31
34	Modos de falla hechos a propósito.....	32
35	Grafica obtenida cuando se ensamble sin terminal.....	33
36	Grafica obtenida cuando se ensambla fuera de posición.....	34
37	Grafica obtenida cuando se ensamble demasiado.....	35
38	Creación de ventanas de control en base a la retroalimentación de las celdas de carga	36
39	Grafica de interacción Velocidad/Distancia sobre fuerza de Inserción.....	38
40	Grafica de interacción Velocidad/Distancia de inserción sobre Altura de terminal	38
41	Grafica de Optimización de parámetros Velocidad/Distancia de inserción sobre Altura de terminal	39
42	Valores de Capacidad de proceso inicial	40
43	Histograma y grafica de distribución normal.....	40
44	Datos estadísticos de la muestra.....	41
45	Comparación delimites de control.....	43

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Resultados de interacción Velocidad/Distancia de Inserción	37

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes

Las Celdas de carga han sido utilizadas desde hace mucho tiempo para sentir y medir fuerza y torque, cuando son apropiadamente diseñados se convierten en unos sensores precisos y confiables. Las celdas de carga son utilizadas en diferentes campos de la industria usualmente para pesar cosas como comida, vehículos, animales, entre otros (Ver imagen). Una pinza(gripper en inglés) de un brazo robótico que toma un objeto puede ser equipado con celdas de carga para proveer retroalimentación de compresión al sistema control y evitar que se dañe el objeto manipulado o que no sea sujetado con la fuerza necesaria. (Müller, Ivan, et all. 2010)

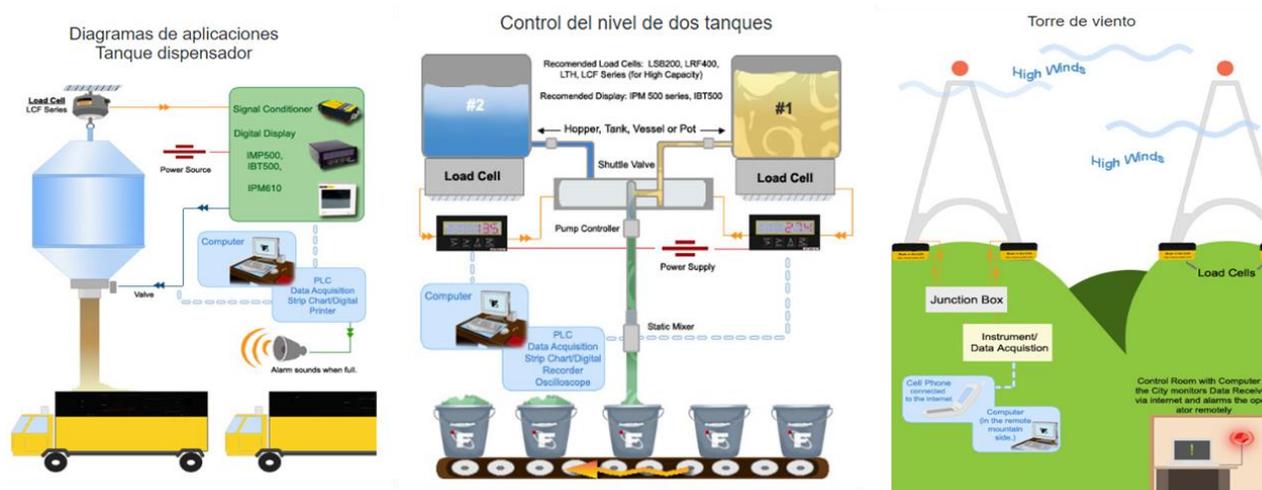


Figura 1. Esquemáticos de algunas aplicaciones con celdas de carga

Las celdas de fuerza pueden ser usadas para sentir la fuerza de compresión durante el caminar de un robot, de esta forma se obtendría la información necesaria para equilibrar y controlar el Robot.

El volumen o nivel de un tanque puede ser medido indirectamente con el uso de una celda de carga que monitorea el peso total, de esta manera se puede proveer la retroalimentación al sistema para rellenar los tanques y mantener un nivel óptimo definido por el sistema.

El uso de celdas en la maquinaria industrial es utilizado para monitorear las fuerzas ejercidas en los principales componentes de la maquinaria y de esta forma evitar sobre estrés en los componentes que nos lleven a daños de la maquinaria.

Hace algunos años un grupo de Ingenieros(Nikat AKKUS, et all. 2008) diseñaron y desarrollaron un sistema de control de tensión para el rebobinado de material compuesto (composite). Uno de los procesos más importantes durante la producción del compuesto es el de Rebobinado, el patrón de rebobinado debe ser controlado con alta precisión para tener un material mejor enrollado y con alta calidad. La estructura frágil del compuesto son afectados durante el proceso de tensión previo al rebobinado.

El sistema de Control de tensión propuesto por el grupo de ingenieros logro mejorar los parámetros de tensión a la cual la fibra era expuesta. El servomotor de alimentación de la fibra para el proceso de rebobinado fue controlado a través de un sistema de control PID, la tarea del control PID fue la de mantener la fibra dentro de un Rango óptimo.

En la figura 2 Se pueden visualizar las partes principales del sistema de rebobinado, incluyendo el sistema de control de tensión el cual a través de la celda de carga retroalimenta al servomotor de alimentación de material para mantener un tensión dentro de los parámetros establecidos

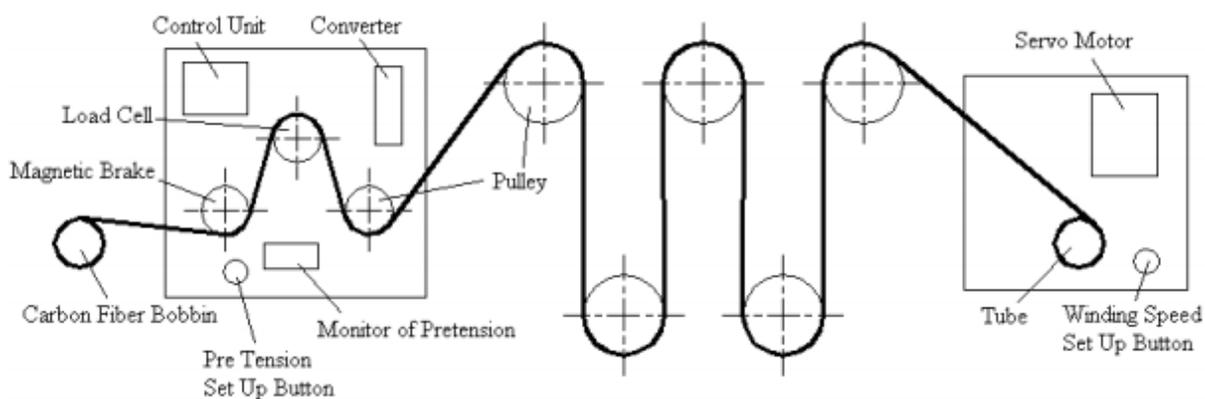


Figura 2. Sistema de rebobinado de compuesto con control de tensión (Nikat AKKUS, et all. 2008)

El sistema de tensión que era el principal objeto de este estudio era usado para jalar la fibra a través del sistema de una manera precisa, siguiendo un patrón de rebobinado. La fuerza de tensión en la Fibra era medida por una celda de carga justo antes de la última polea, con la información obtenida se retroalimentaba a un servo motor localizado al final del sistema, el cual era utilizado para rebobinar la fibra en cuestión.

En el proceso de Inserción de aguja robótica, el robot es utilizado para controlar la posición y orientación de la base de la aguja, de esta manera se busca guiar la punta a la posición objetivo (Mahvash et al. 2010). En estos procedimientos la aguja es utilizada para poner semillas radioactivas en tumores, extraer biopsias, e inyectar medicina, de ahí la importancia de poder darle seguimiento a la aguja dentro de materiales suaves dentro del cuerpo. En la Tele cirugía o cirugías a distancia la meta ideal es que las operaciones sean realizadas por expertos desde lugares remotos vía Internet, sin embargo los cirujanos dependen de sus sentidos incluyendo el tacto para poder realizar mejor su trabajo.

En 2011 Dehghan, et all, realizaron un experimento con celdas de carga durante el proceso de inyección, con el cual pudieron adquirir los datos de fuerza durante el proceso de inyección, con este sistema propuesto se podría tener exactitud en la posición y retroalimentación de la fuerza de inserción. Este sistema experimental podría proveer de retroalimentación al operador del sistema y con un poco de más desarrollo podría realizar inyecciones automáticas.

En la figura 3, puede observarse la inclusión de una celda de carga al motor que realiza el desplazamiento de la aguja en cuestión. Estos datos fueron monitoreados y relacionados al monitoreo de desplazamiento.

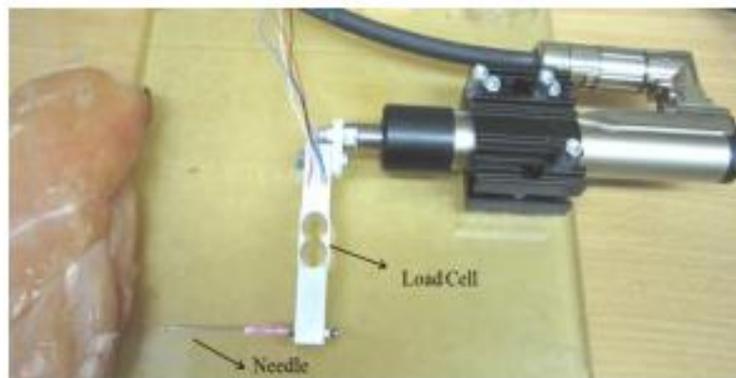


Figura 3. Motor lineal con celda de carga agregada (Dehghan, et all. 2011)

En este experimento un servomotor lineal DC fue utilizado para realizar la inserción de la aguja, una celda de carga de alta precisión fue utilizada para medir la fuerza de inserción durante el proceso de inserción, este motor lineal fue utilizado como manipulador esclavo. Se integro una aguja en la punta del motor.

En otra parte del sistema se utilizó como manipulador maestro un servo-motor DC equipado con un decodificador (Encoder en inglés) de alta resolución, una celda de carga fue instalado en el eje del servomotor para medir la fuerza ejercida en el manipulador maestro. Ver imagen 4



Figura 4. Manipulador Maestro (Dehghan, et all. 2011)

En la figura 5 se muestra el esquemático en general de cómo funciona un sistema de tele operación y como un sistema como el propuesto podría retroalimentar el sistema

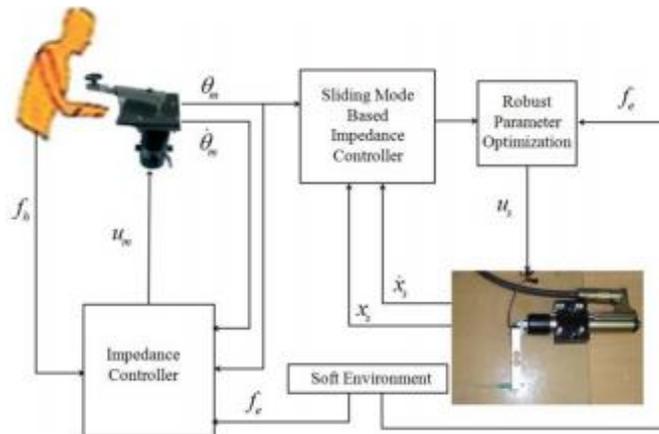


Figura 5. Diagrama de bloques de sistema de tele operaciones (Dehghan, et all. 2011)

En esta investigación la utilización de las celdas de carga tanto en el manipulador maestro como en el manipulador esclavo proveyeron retroalimentación comparable que permitirían hacer un sistema de Tele operación más robusto, se logró verificar la precisión de la posición y en forma simultánea la fuerza aplicada.

Recientemente un grupo de Ingenieros (Seder, Reyad et all.2017) desarrollaron un prototipo de Cama Inteligente que podría revolucionar la experiencia de dormir. Este sistema mejoraría la perspectiva de una cama normal o incluso la de un hospital, esta cama prototipo podría ser capaz de mover todo el cuerpo sin necesidad de que un enfermero intervenga o manipule al individuo.

La plataforma propuesta recolectaría información del peso distribuido sobre la cama a través de celdas de carga, con esta información se podría generar un cronograma de la distribución del peso sobre la cama, de esta manera se podrían desarrollar los comandos necesarios para ajustar la presión ejercida por el peso del cuerpo en la cama.

En las Figuras 6 y 7 podemos visualizar el sistema propuesto, en el cual a través de múltiples celdas y servomotores podría cambiarse la posición de un enfermo con incapacidad motora, de esta manera evitaríamos úlceras y demás danos que sufre el enfermo por estar tanto tiempo en la misma posición.

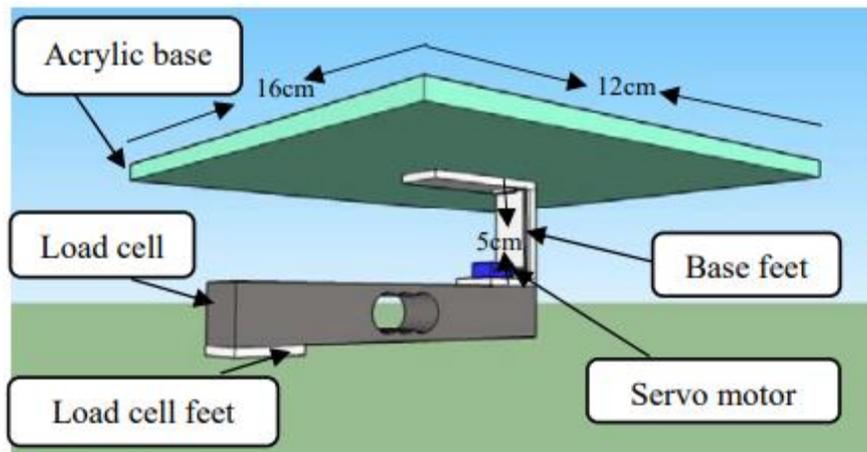


Figura 6. Simulación de instalación de celda de carga en base (Seder, Reyad et all.2017)

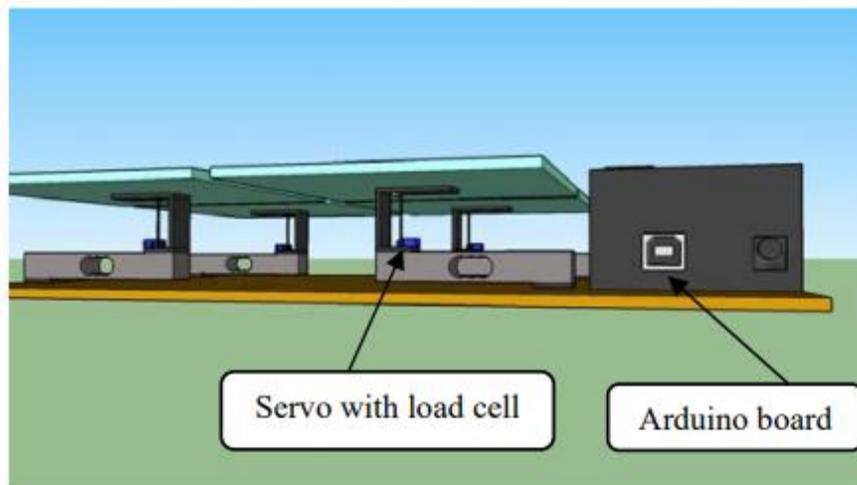


Figura 7. Simulación de instalación de celda de carga en base (Seder, Reyad et all.2017)

Otro grupo de ingenieros recientemente (Y. Tanaka, et all. 2018) ha realizado un prototipo de un bastón robótico llamado HFS “Hand Free Stick HFS”(en inglés) para personas con disfunciones No serias en su caminar. La idea básica de este prototipo reside en a largar el punto zero (ZMP Zero moment Point por su siglas en inglés) con la ayuda de un servomotor que daría soporte al cuerpo mientras camina.

El prototipo realizado por el grupo (Y. Tanaka, et all. 2018) consiste de un palo ligero que usa un servomotor y a través de un actuador provee soporte al cuerpo. A través de un sistema de celdas de carga instaladas en la suela de las botas el sistema obtiene el peso que se está ejerciendo en ese momento en la punta del pie, de esta manera el sistema podría saber si el sujeto que realiza la caminata requiere o no soporte. Ver figura 8 para visualizar el concepto.

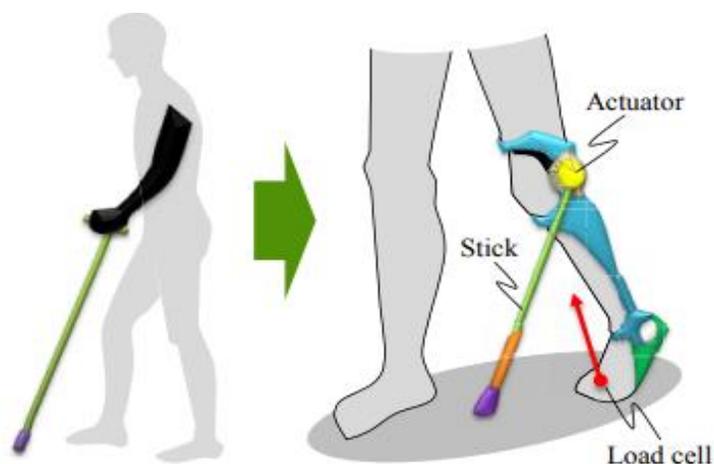


Figura 8. Ilustración conceptual un bastón sin manos (Y. Tanaka, et all. 2018)

El bastón de soporte es controlado por una tarjeta de computadora que recibe la retroalimentación de 8 celdas de carga utilizadas para medir la distribución de las fuerzas ejercidas al caminar, estas celdas de carga se encuentran distribuidas en la suela de la bota, de esta manera el sistema puede retroalimentar la posición y fuerza que se está ejerciendo en el sistema, para poder así activar el actuador que funcionara de soporte al usuario de este equipo

Este bastón inteligente podría reemplazar el uso del bastón tradicional donde la fuerza de contrapeso es ejercida por el mismo usuario con el apoyo del brazo, este sistema al contar con un actuador de soporte no requiere un esfuerzo extra del usuario.

En la figura 9 se puede ver la construcción de las botas con el sistema HFS, en el cual se incluyen las celdas de carga, servomotor y su sistema de control.

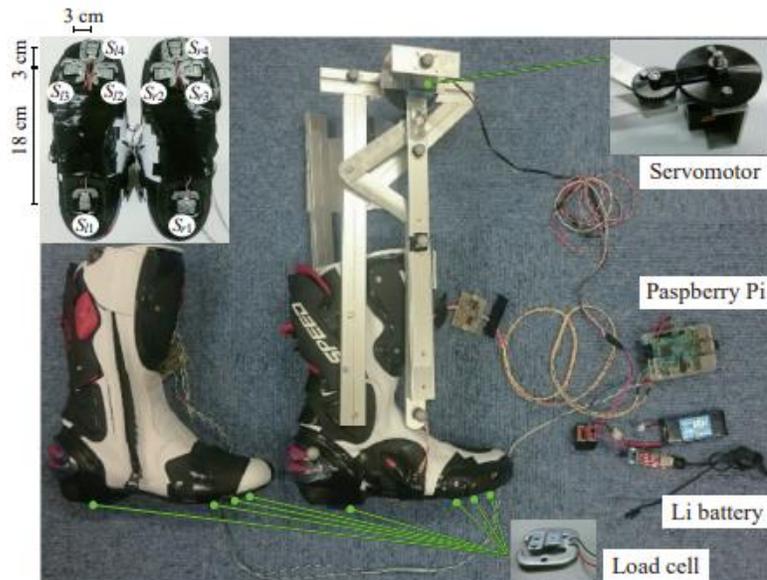


Figura 9. Imagen de botas prototipo y sus principales herramientas (Y. Tanaka, et all. 2018)

A través del desarrollo de este proyecto se pudieron determinar las fuerzas ejercidas en la base del pie durante el proceso de caminar, esto se condujo con 4 diferentes personas de diferente peso y aunque se reciben diferentes fuerzas por el peso de los sujetos se pudo determinar un patrón de variación de peso al momento de caminar.

Cada individuo cuenta con condiciones físicas propias como son la altura, peso, largo del pie, largo de pierna, por lo que cada sistema tendría que ser hecho a la medida. Sin embargo se pudo demostrar que a través de un sistema apropiado de celdas de carga y distribuidos apropiadamente se puede retroalimentar apropiadamente al sistema para ejercer contrapeso con la activación del Actuador.

1.2 Justificación

Históricamente el proceso de ensamble de conectores, ha sido manual, con controles de proceso dependientes del operador. Recientemente se han desarrollado procesos semiautomáticos donde el proceso aún sigue dependiendo en cierta parte del operador.

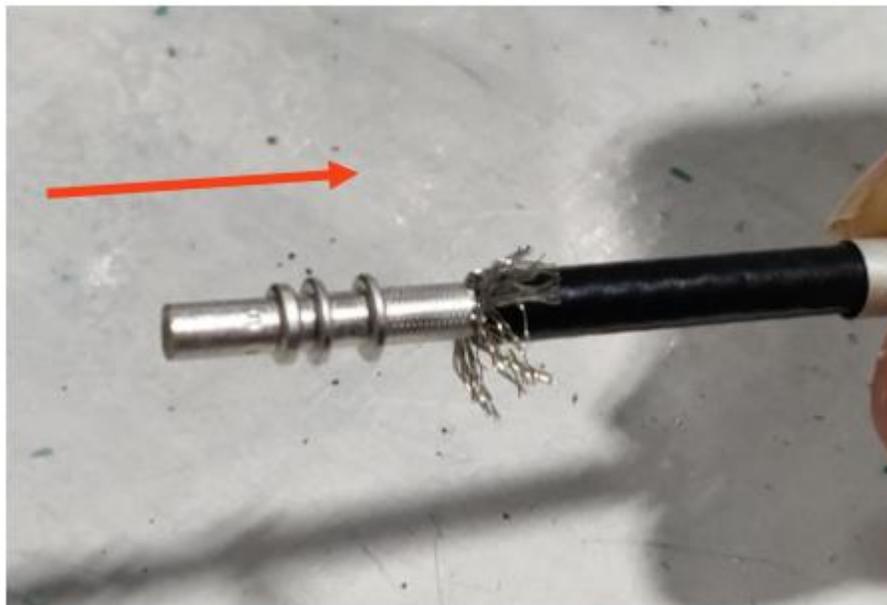


Figura 10. Proceso de ensamble manual

Por otra parte se ha trabajado en establecer procesos Totalmente automáticos de inserción, sin embargo el reto es establecer controles que aseguren la calidad del producto en la fuente.



Figura 11. Proceso de inserción automático

Una ventaja del producto en cuestión es el diseño en la interface del conector cuando va a ser ensamblado, este producto cuenta con una área plástica rígida que permite guiar a la contraparte durante el proceso de conexión, de esta manera se elimina el principal problema de este tipo de conectores cuando el usuario final va a realizar la conexión, sin embargo esta característica propia del diseño representa un reto para la manufactura de este sistema de conexión, ya que los sistemas tradicionales de contacto No pueden ser utilizados en este producto. Ver imagen

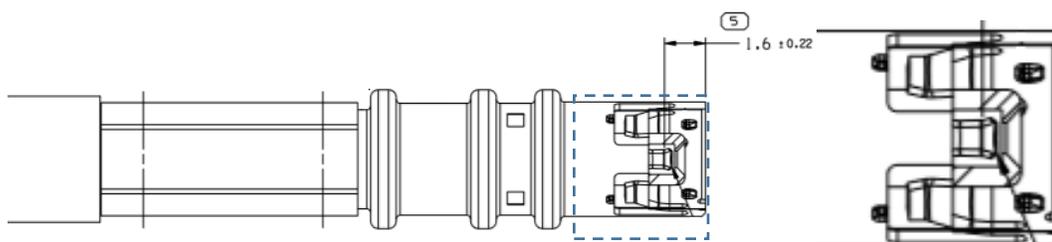


Figura 12. Conector Aptiv, Dimensión crítica e interface

Se piensa que las celdas de carga pueden ofrecer la información requerida para detectar anomalías durante el proceso de inserción y que impactan en la resultante de altura de Terminal, de esta manera se tendría un sistema de control y monitoreo que detectaría problemas en la fuente.

1.3 Hipótesis

La definición óptima de parámetros del sistema de cargas retroalimentara apropiadamente al proceso de inserción automático para tener un proceso con índice de capacidad por encima del estándar mínimo Automotriz requerido de >1.33 .

1.4 Preguntas de investigación

El sistema de Celdas de carga provee la información necesaria para poder determinar si el proceso de inserción de terminal fue apropiado?

El sistema de Celdas de carga provee las herramientas necesarias para mejorar el proceso de inserción?

Cuáles son los parámetros óptimos del sistema?

1.5 Propuesta de Trabajo

Validar si el sistema de celdas de carga provee la información necesaria para que la máquina de inserción de terminales pueda discriminar de piezas buenas de malas.

En caso positivo determinar los parámetros óptimos de este sistema

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Establecer los parámetros y valores óptimos de operación del sistema de inserción automática, que mantengan un proceso con índice de capacidad por encima de 1.33.

1.6.2. Objetivos específicos

- Relacionar la fuerza de inserción requerida durante el proceso con las dimensiones y características internas del producto.

- Identificar parámetros influyentes y No influyentes en el índice de capacidad para la característica crítica de altura de terminal.

- Establecer y validar tolerancias de los parámetros de operación del sistema de inserción.

- Validar Índice de capacidad del proceso en la característica crítica de altura de terminal..

- Retar sistema de retroalimentación de celdas de carga con piezas malas.

- Documentar y entregar carta de proceso

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Conectores Eléctricos

Como lo define el instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Por sus siglas en Ingles IEEE) Los conectores eléctricos son dispositivos que unen circuitos eléctricos. La mayoría de los conectores son extraíbles o temporales, pero algunos pueden ser permanentes. Los conectores hacen que los productos electrónicos sean más fáciles de ensamblar y fabricar. También facilitan las reparaciones de circuitos y permiten flexibilidad en el diseño y modificación. Se utilizan ampliamente en circuitos para comunicaciones, computadoras, maquinaria industrial y electrónica de consumo.

La Sociedad de Ingenieros automotrices (Por sus siglas en Ingles SAE) define a través de sus varios estándares los requerimientos mínimos que debe cubrir cada sistema de conexión para el mercado automotriz, en particular USCAR define los requerimientos de conexión específicos para la industria automotriz de los 3 grandes automotores de América.

Existen varios estándares que definen los requerimientos específicos de los diferentes tipos mercados, Militar, Automotriz, medico, etc. Sin embargo, Todos coinciden con ciertos requerimientos mínimos básicos para poder asegurar una buena conexión.

Son varios los factores que pueden repercutir en el óptimo desempeño de los conectores eléctricos, por lo que es necesario implementar controles que durante el proceso de ensamble de un conector eléctrico nos aseguren la calidad.

2.2 Cables Coaxiales

Los conectores y cables coaxiales de RF proporcionan radioenlaces clave en las comunicaciones, transmisión y dispositivos inalámbricos, así como en el uso de pruebas y mediciones. Proporcionan trayectos de baja pérdida entre sistemas de RF. La estructura coaxial básica consiste en un conductor central rodeado de una capa dieléctrica aislante concéntrica. A su vez, está encerrado por una carcasa conductora cilíndrica. Las dimensiones de los elementos del cable se controlan con precisión para proporcionar una dimensión y una separación constantes del conductor, que son necesarios para que funcione de manera eficiente como una línea de transmisión. Los conectores de RF proporcionan conexiones para unir cables coaxiales y líneas de transmisión a otros componentes o sub montajes.

Extienden la estructura coaxial al agregar conductores interconectados junto con un mecanismo de bloqueo, mientras se mantiene una impedancia eléctrica constante.

La Geometría axial proveída en la construcción de los cables coaxiales al tener conductor interno y externo, previenen la interferencia electromagnética y habilitan una transmisión de datos más confiable sobre largas distancias.

2.2.1 Proceso de ensamble de conectores coaxiales

En la figura 13 se pueden visualizar en forma general los principales pasos para poder ensamblar un conector a una punta de cable coaxial.

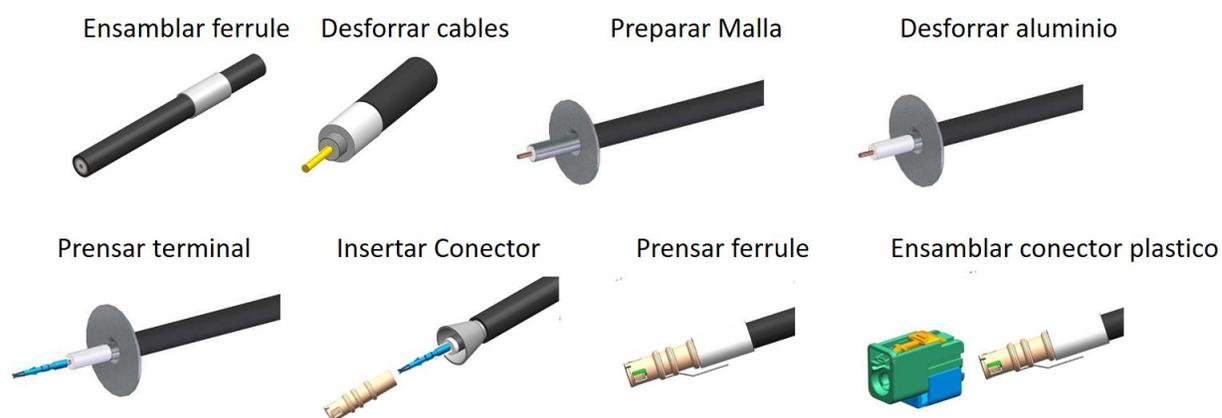


Figura 13. Proceso general para ensamblar un conector coaxial.

Existen diferentes proveedores de conectores y estándares de conectores Coaxiales, en lo general el proceso de ensamble es el mismo sin embargo en lo específico cada proveedor define los parámetros de cada uno los pasos del proceso de ensamble, algunas de las características principales del proceso de ensamble son, dimensiones de desforre, dimensiones de prensado, altura de terminal. El cumplimiento de cada una de estas características aseguran el desempeño apropiado del producto tanto para la funcionalidad del producto en cuanto a transmisión de datos pero también del cumplimiento mecánico de este, dependiendo de la aplicación de estos ensambles hay ciertos requerimientos mecánicos que se deben cumplir.

2.2.2 Características principales

Cada una de las características del proceso de ensamble tienen un impacto en el desempeño del ensamble coaxial de ahí la importancia de tener un buen control de proceso. En la figura 14 podemos observar la construcción normal de un cable coaxial, cada una de las capas del cable cumple una función tanto de desempeño de transmisión de datos así como mecánicas, algunos materiales dentro la construcción del cable tienen otra función particular como resistencia a altas temperaturas o resistencia a la abrasión. Cada una de las capas debe ser desforrado a cierta dimensión requerida y definida por el proveedor del conector. El cumplimiento de estas asegura el desempeño apropiado del producto

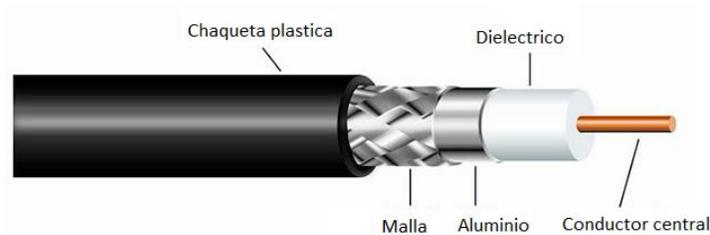


Figura 14. Construcción de cable coaxial

Existen varias guías y procedimientos para determinar lo que es un prensado correcto, algunos criterios visuales de posición del conductor central con la terminal a prensar, sin embargo las características críticas principales de una terminal bien procesada son: Alto y ancho de prensado, geometría del prensado, ver imagen 15



Specificaciones de crimpado

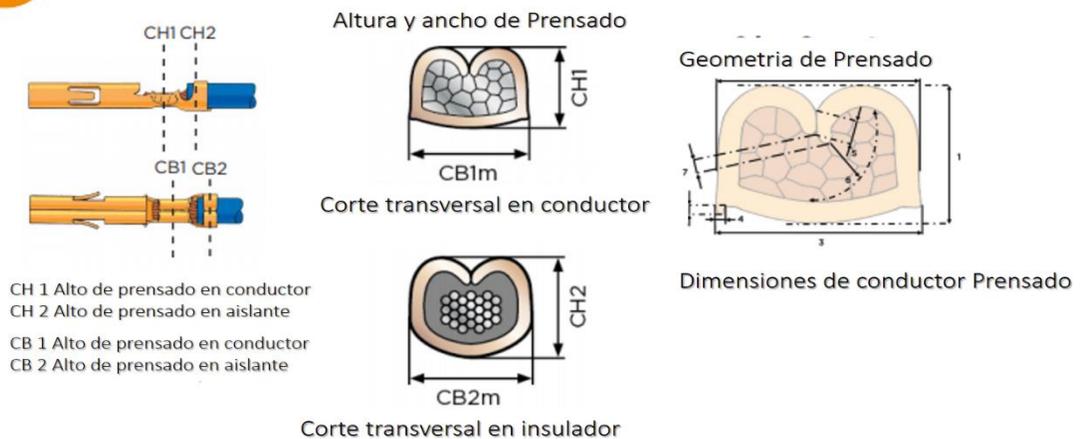


Figura 15. Características críticas de una terminal bien prensada (TE Electronics, Pg 7)

Otra de las características críticas del proceso de ensamble es el de posicionar la terminal a la altura correcta dentro del conector, previo a ser prensado. Esta característica crítica asegura la transmisión correcta de los datos entre sistemas de conexión

En la Figura 16 se representa gráficamente una característica crítica del proceso de ensamble. Esta característica crítica es conocida como altura de terminal.

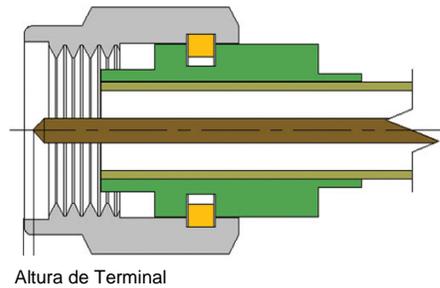


Figura 16. Imagen referencial Altura de terminal (Critelli, 2007)

2.2.3 Monitores de Prensado

Los Monitores de fuerza de prensado (por sus siglas en inglés CFM) son herramientas ya disponibles en el mercado que nos permitirán asegurar la calidad de nuestros prensados en el punto origen. Estos son un tipo de celda de carga que nos permitirán monitorear la fuerza aplicada para poder formar el prensado correcto.

Todos los CFM's son similares en concepto y requieren la utilización de una celda de carga que es instalada en el equipo que realiza la operación de prensado. Este sensor monitorea la fuerza a través del proceso de prensado y genera gráficas de control. De esta manera la unidad de control puede discriminar piezas buenas de las malas (Boyd, 2009)

2.3 Celdas de carga

La fuerza es una magnitud vectorial que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos cuerpos. La unidad de medida de fuerza es el newton que se representa con el símbolo: N, nombrada así en reconocimiento a Isaac Newton por su aportación a la física.

Una celda de carga es un transductor electrónico que convierte fuerza en una salida eléctrica mensurable, como resultado se tiene que para una señal de voltaje de entrada X, el voltaje de salida del puente varía proporcionalmente con la fuerza, estos sistemas son utilizados para obtener la fuerza aplicada en cierto momento. (Espinoza,1995)

La base del funcionamiento de una celda de carga fue ideada por el físico inglés Sir Charles Wheatstone en 1843 quien ideó un circuito en puente que pudiera medir las resistencias eléctricas. El circuito de puente de Wheatstone es ideal para medir los cambios de resistencia que ocurren en un calibrador de tensión, sin embargo, no fue hasta que llegó la electrónica moderna que la nueva tecnología se volvió técnica y económicamente factible, esto después de los años 1940's. (Espinoza,1995)

2.3.1 Tipos de Celdas de carga

Estas son los principales tipos de celdas de carga Ver figura 4(Omega,2020):

Celda de carga de único punto

Son usadas en sistemas de pesaje de pequeña escala, tal como lo son; joyería, básculas de cocina, entre otros. Su capacidad de carga oscila entre los 100 mg hasta los 50 kg, opera con efecto de elasticidad sobre la viga usando un solo punto. El objetivo base de la implementación de las celdas de carga solo punto, es su instalación de forma individual.

Celda de carga tipo S

Las celdas de carga tipo S, llevan este nombre por su estructura externa y pueden ser empleadas en procesos de pesaje que involucren compresión o tensión. Son usados en sistemas de alto pesaje y pesaje industrial. Este tipo de celda de carga se implementa en actividades de pesaje de tanques, recipientes, tolvas; cubre necesidades en entornos comerciales e industriales exigentes.

Celda de carga de compresión

Este tipo de celda de carga también se le conoce como tipo botella, su diseño se basa en altas capacidades de carga, por lo que es necesario hacer uso del acero y del acero inoxidable. Ideal para entornos industriales exigentes. Este tipo de celda de carga se implementa en actividades de pesaje de silos, tanques, básculas de plataformas de mediano y gran tamaño.

Celda de carga tipo barra

La característica principal de este tipo de celda de carga, es su capacidad para operar en conjunto con otras celdas de carga, permitiendo la suma de 1, 2 o más celdas de carga a fines de consolidar un sistema de pesaje específico requerido para una determinada labor, con requerimientos determinados. Su capacidad de carga es de mediana a alta, ideales para actividades industriales o comerciales.

Celda de carga doble apoyo

Este tipo de celda de carga tiene propósitos en aplicaciones relacionados con el sector económico industrial o comercial, en especial son ideales para su implementación en entornos corrosivos. Este tipo de celda se caracterizan por ser piezas sólidas constituidas por metales como aluminio, acero, aleación de acero o acero inoxidable, su estructura física tiende a construirse de forma cilíndrica-rectangular, son herramientas diseñadas para permisibilidad de las cargas dinámicas, lo cual consiste en suprimir la rigidez de todos los elementos que la componen cuando está ejecutando funciones de pesaje de cargas que se encuentren en movimiento, como en el caso de: cintas transportadora.



Figura 17. Imagen representativa de cada una de los tipos de celdas

2.4 Servomotores

Se denomina Servomotor a los motores DC utilizados en los sistemas de control de posición, también llamados sistemas de seguimiento. En la industria, un Servomotor es aquel que lleva incorporado un sensor de rotación, un amplificador de error y está diseñado específicamente para ser usado en un sistema de control (carakenio73, 24 mayo, 2018).

Un servomotor es un dispositivo alimentado por corriente continua que puede controlar de modo muy exacto o su posición (de 0º a 180º) o su velocidad (en revoluciones por minuto, rpm, en sentido horario o antihorario).

Los servomotores tienen tres pines de conexiones: alimentación (5 V, normalmente), tierra o y el pin de señal, a través de la cual el sistema de control emitirá una señal PWM que indicará al servomotor la posición o la velocidad que le corresponde alcanzar.

2.4.1 Control de Servomotores

Hay cuatro formas básicas de controlar el movimiento de los servos (Pompa, 2020).

Control manual vía radio

Este método es el clásico sistema de Radio Control que se emplea para controlar aviones y coches de modelismo. El sistema emplea un receptor en el lado de los servos y un transmisor de radio para hacer el control.

Control mediante circuito controlador de servos.

Este sistema emplea circuitos especializados en el control de servos. Este tipo de circuitos se caracterizan porque se encargan de generar las señales necesarias para controlar los servos. Lo único que tenemos que hacer es decirle al controlador la posición a la que queremos que se mueva cada servo y este se encarga de todo lo demás.

Control Mediante microcontrolador

El microcontrolador utiliza los sensores para leer el entorno y genera los pulsos necesarios para hacer que el robot se mueva hacia en la dirección adecuada, además puede suprimir los pulsos de control en cualquier momento con el fin de reducir el consumo al mínimo, lo que es otra ventaja añadida. Este

sistema es sin duda el más simple y directo para controlar un servo, además de ser el más rápido , ya que la orden va directamente desde el controlador hasta el servo sin tener que pasar por otro circuito intermedio.

Controlador específico.

Los controladores específicos son circuitos especializados en el control de servos, pero de una forma concreta o para una aplicación específica. En este grupo de entran los controladores de movimientos X Y que con palanca tipo joystick que se utilizan por ejemplo para mover un cabezal Pan and Tilt (movimiento horizontal y vertical de una cámara) .

Capítulo 3. Metodología

3.1 Materiales

El producto que va a ser evaluado en el sistema durante el proceso de inserción es del proveedor Aptiv de su portafolio de conectores tipo Coaxial Fakra, este conector será ensamblado en un cable coaxial RTK-031 del proveedor G&G. Las dimensiones y tolerancias de las características críticas que han sido requeridas, fueron validadas bajo el estándar automotriz USCAR-17. Estas son críticas para el desempeño del ensamble.



Figura 18. Conector coaxial del proveedor Aptiv

Estos componentes serán ensamblados en una maquina totalmente automática en desarrollo por el proveedor Komax , el servomotor utilizado durante el proceso de inserción es un servomotor de segunda generación de tipo lineal de la serie Cyber dynamic del fabricante Wittenstein, este será equipado con una pinza neumática (gripper en inglés) el cual sujetara el conector a ser insertado en la terminal. Una de las características de este servomotor es su tamaño compacto además de su alta precisión y repetibilidad. Este servomotor se encuentra controlado por un controlador de la misma marca



Figura 19. Servomotor lineal Cyber d17

La celda de carga utilizada en la construcción de la maquina es de tipo resistiva y una de las principales características es su tamaño, es parte de la serie Miniatura del proveedor Omega, de alta precisión $\pm 0.15\%$ de la salida a escala completa de la linealidad, histéresis y repetibilidad combinada, esta será montada en la pinza sujetadora del cable/terminal que se encuentra prensada y a la cual se le ensamblara el conector. La capacidad máxima de esta celda es de 500N



Figura 20. Celda de Carga tipo resistiva. Omega

Para poder medir la altura del pin, que es la característica crítica a evaluar se utilizara un indicador de altura de la marca Mitutoyo ID-CX de la Serie 543, una de las características importantes del equipo a utilizar es la fuerza requerida para accionar el equipo ya que una fuerza excesiva del sistema pudiera deformar el pin que va a ser medido, también se requerirá diseñar una punta especial para poder realizar una medición apropiada. Cabe destacar que esta medición será únicamente para propósito de esta investigación y no será parte del proceso de ensamble



Figura 21. Indicador de Altura Mitutoyo ID-CX

El diseño del producto en cuestión cuenta con ciertas características que en teoría deberían permitir diferenciar las fuerzas requeridas durante el proceso de inserción, lo que se tomaría como referencia para poder diferenciar las fuerzas requeridas en un proceso bueno para poder establecer ventanas de control y poder detectar anomalías durante el proceso que pudieran afectar nuestra resultante en cuestión.

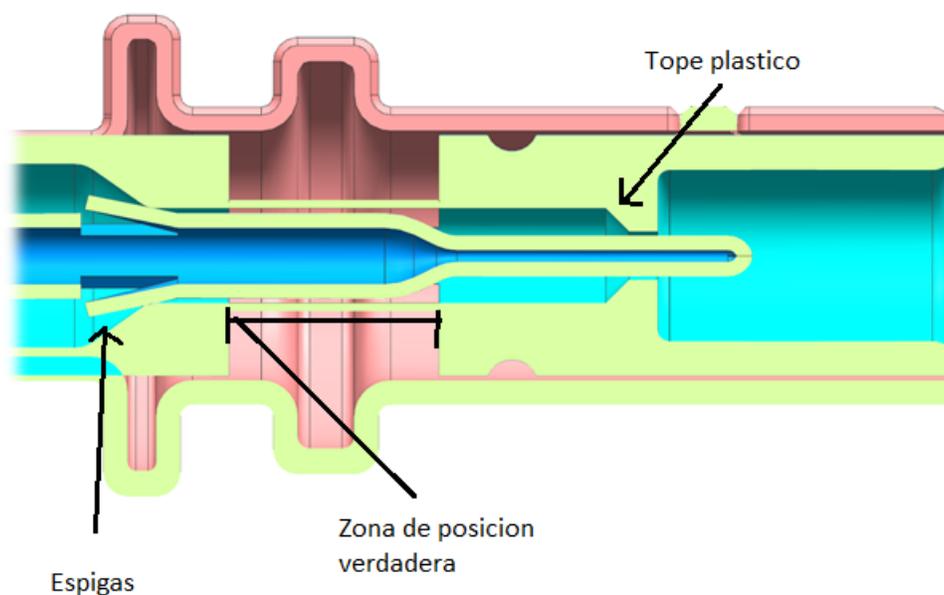


Figura 22. Esquema del sistema de retroalimentación a parametrizar

En la figura 23, se puede apreciar un esquemático de los componentes principales de nuestro sistema de inserción con el producto a ser ensamblado y como se pretende dar una retroalimentación al proceso de inserción

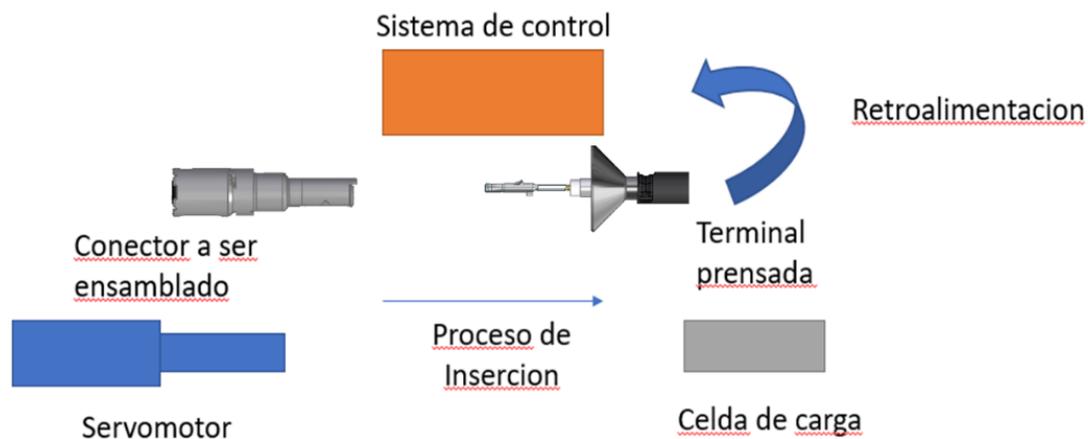


Figura 23. Esquema del sistema de retroalimentación a parametrizar

3.2 Método

El diseño de experimentos o DOE (Design of Experiments por sus siglas en inglés), es una herramienta estadística que se basa en una serie de experimentos para obtener información y en base a esa información obtenida tomar las mejores decisiones.

Los modelos de diseño de experimentos son modelos estadísticos clásicos cuyo objetivo es averiguar si unos determinados factores influyen en una variable de interés y, si existe influencia de algún factor, cuantificar dicha influencia, la metodología del diseño de experimentos se basa en la experimentación. Es sabido que si se repite un experimento, en condiciones indistinguibles, los resultados presentan una cierta variabilidad. Si la experimentación se realiza en un laboratorio donde la mayoría de las causas de variabilidad están muy controladas, el error experimental será pequeño y habrá poca variación en los resultados del experimento, pero si se experimenta en procesos industriales o administrativos la variabilidad será mayor en la mayoría de los casos.

El objetivo del diseño de experimentos es estudiar si cuando se utiliza un determinado tratamiento se produce una mejora en el proceso o no. Para ello se debe experimentar aplicando el tratamiento y no aplicándolo. Si la variabilidad experimental es grande, sólo se detectará la influencia del uso del tratamiento cuando éste produzca grandes cambios en relación con el error de observación.

La metodología del diseño de experimentos estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés.

Esta herramienta se utilizara para optimizar y encontrar la mejor relación entre los factores que intervienen en el proceso y de esta manera obtener un proceso optimizado en base a los parámetros resultantes de este experimento.

En este DOE se analizaran los parámetros del proceso de inserción de la máquina que son:

Velocidad de inserción y Distancia de inserción.

Las Resultantes que se analizaran y que se busca relacionar son”

Fuerza de inserción y Altura de Terminal

Para considerar que un producto sea de calidad, las mediciones de sus características deben ser iguales a su valor ideal, sin embargo al conocer que la variabilidad es una característica ínsita de todo proceso estas mediciones deben al menos estar dentro de cierta especificación inferior y/o superior. La medida de la capacidad potencial del proceso para cumplir con tales especificaciones de calidad nos la proporciona el índice de capacidad del proceso (Cp).

El análisis de la capacidad del proceso a través de su variabilidad requiere el conocimiento o la estimación de la distribución de la característica estudiada, o bien la estimación de los parámetros que definen dicha variabilidad. Los gráficos de control proporcionan una herramienta útil para el análisis de la capacidad del proceso; en particular, como estimación de la capacidad del proceso se considera el porcentaje de variabilidad que queda dentro de los límites de control del diagrama.

Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso. Ver figura X

Esta herramienta será utilizada para validar la capacidad de proceso una vez que los parámetros y valores óptimos sean identificados a través del DOE. Para la variable de altura que representa la característica de la calidad que se pretende controlar en el producto fabricado, la variabilidad de característica determina el nivel de calidad del producto.

Capítulo 4. Resultados y discusión

4.1 Simulación del proceso de ensamble

Se realizó una simulación del proceso de inserción de una forma controlada en 3 muestras, con ayuda de un equipo de medición de fuerza Instron 5565, logrando medir la fuerza requerida durante el proceso de inserción. De esta forma se logró relacionar la fuerza requerida conforme la terminal se desplaza dentro del conector. En la figura 1 se puede visualizar la preparación realizada con el equipo de laboratorio utilizado para realizar la simulación, así como la información básica para realizar la preparación.

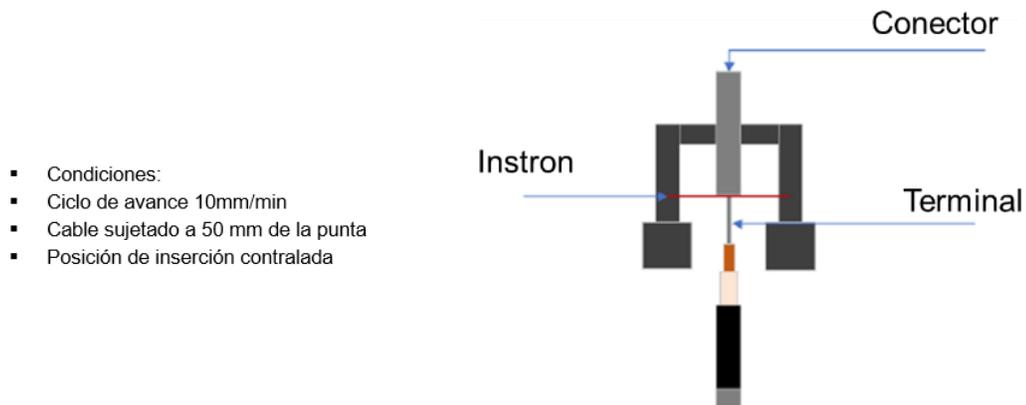


Figura 24. Imagen de la preparación realizada para la simulación

Se logró determinar la variación de fuerza requerida para lograr llegar a cada una de las fases de inserción, que se requiere para lograr activar cada una de las características del diseño de producto. Este análisis permitió determinar la fuerza requerida cuando la terminal a llegado a su límite antes de que empiece a dañar el producto.

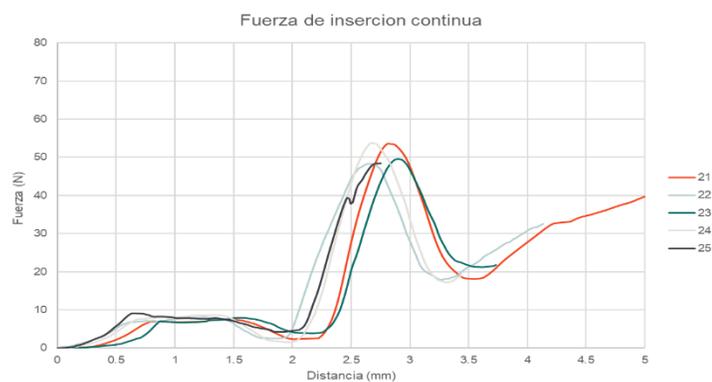


Figura 25. Diagrama de Fuerza-distancia, proceso continuo

En la figura 26 se puede visualizar como la fuerza empieza a subir ligeramente una vez que las espigas de la terminal entran en contacto con la insulacion del conector, en este momento las espigas de la terminal empiezan a doblarse permitiendo que la terminal se deslice dentro del conector.

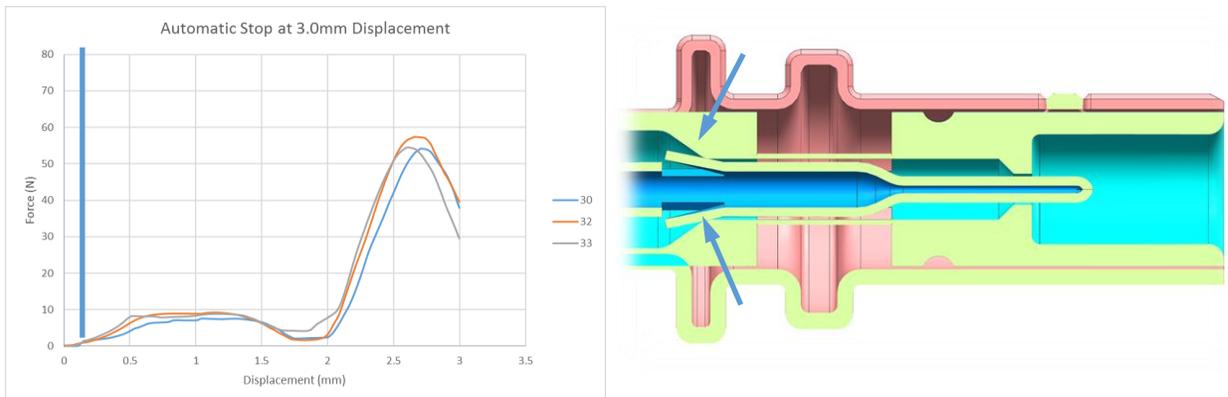


Figura 26. Simulación de proceso de inserción primera fase

Mientras las espigas se encuentran flexionadas, estas por la memoria del material se encuentran ejerciendo una presión contra el plástico interno de la terminal, esta presión resulta en una fuerza requerida para poder deslizar la terminal dentro del conector, esto puede visualizarse en la figura 27

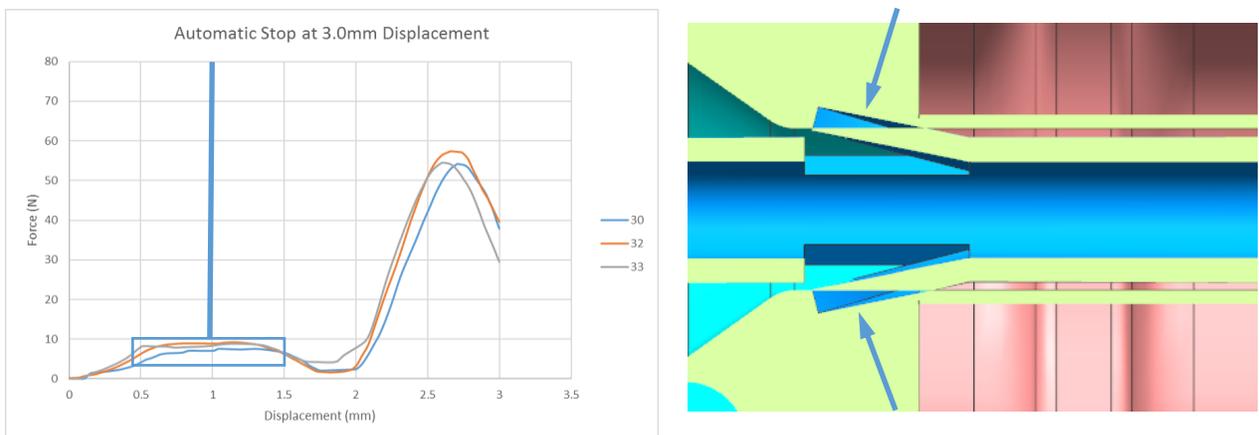


Figura 27. Simulación de proceso de inserción Segunda fase

En esta fase del proceso, la terminal No cumple la característica de altura de terminal mínima requerida

En la tercera fase del proceso de inserción las espigas de la terminal regresan a su posición natural, en este momento la terminal ya se encuentra en posición de altura de terminal correcta que es la característica crítica que se busca controlar. Ver figura 28

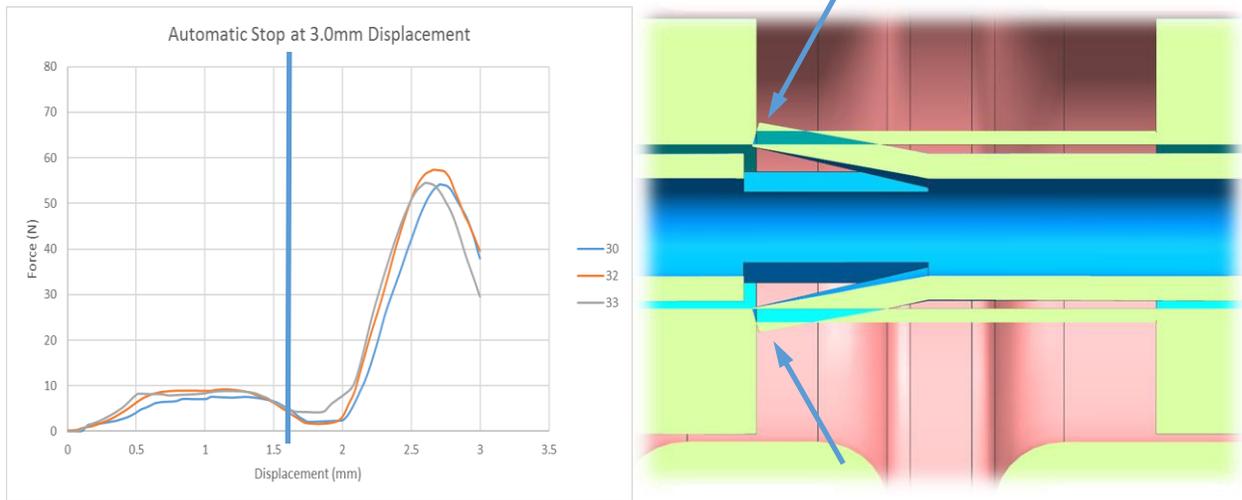


Figura 28. Simulación de proceso de inserción tercera fase

Por diseño las espigas de las terminales deben regresar a su posición original y se activaran para evitar que una fuerza menor las regresa a una posición de terminal hundida. Esta condición de terminal hundida no es aceptable ya que por estándares de diseño es requerido un mínimo traslape de inserción de ambas terminales durante el acoplamiento en la aplicación.

Durante la cuarta fase del proceso de inserción la terminal topa con la cavidad interna del conector, esta posición siguen siendo aceptable, el diseño del sistema de conexión permite un rango de posición correcta de .65mm. ver figura 29

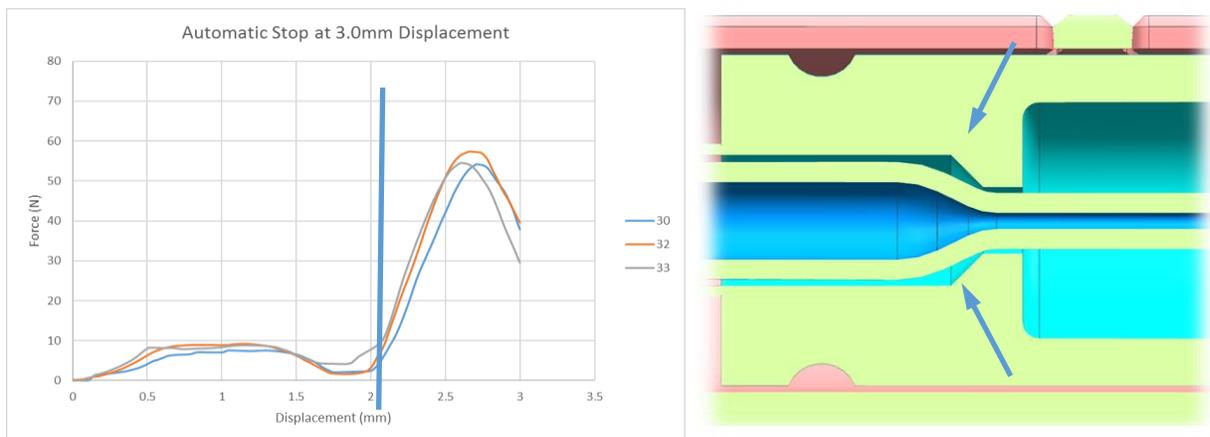


Figura 29. Simulación de proceso de inserción Cuarta fase

Para finalizar la simulación durante la fase 5 se puede observar como durante el proceso de inserción al momento de toparse con el tope frontal del conector y seguir ejerciendo fuerza, el material de insulación que está dentro del conector cede ante la fuerza de inserción aplicada por el mecanismo esto generaría una condición de terminal Alta, lo cual es considerado como una condición No aceptable

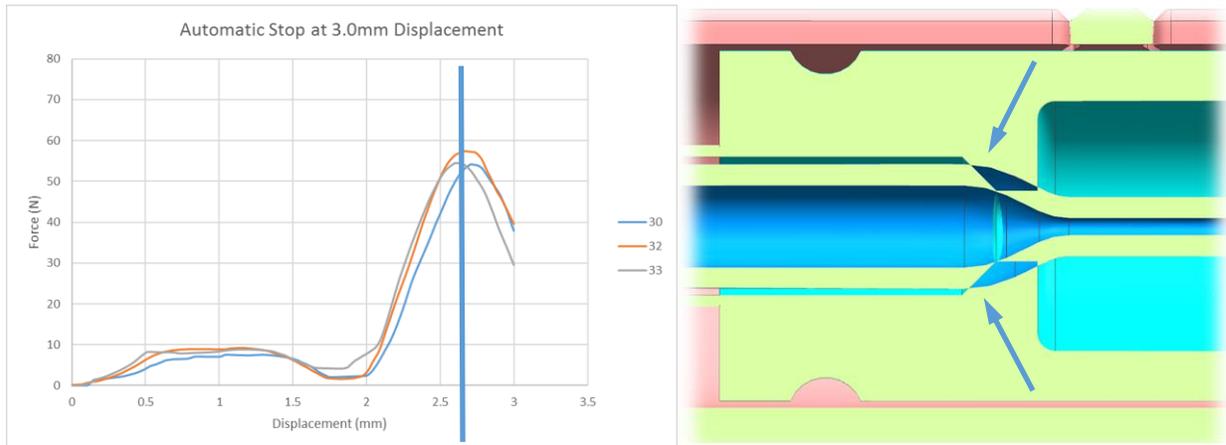


Figura 30. Simulación de proceso de inserción Quinta fase

4.2 Definición de parámetros del sistema de Celda de carga

Para poder operar el sistema de retroalimentación de fuerza a través de celdas de carga es requerido habilitar ventanas de criterios de aceptación o rechazo, de esta manera el sistema podrá detectar anomalías de fuerza durante el proceso de inserción. El sistema te permite generar cuantas ventanas sean requeridas a través de este proceso.

Los valores requeridos para poder definir una ventana de aceptación o rechazo son:

Fuerza Mínima y Máxima en Newtons

Posición inicial y final en mm

En la figura 31 se pueden visualizar los parámetros requeridos para poder establecer ventanas de control que permitirán al sistema determinar si los valores obtenidos por el sistema de cargas si los valores son aceptables o no, y de esta forma poder detectar piezas malas y segregarlas.

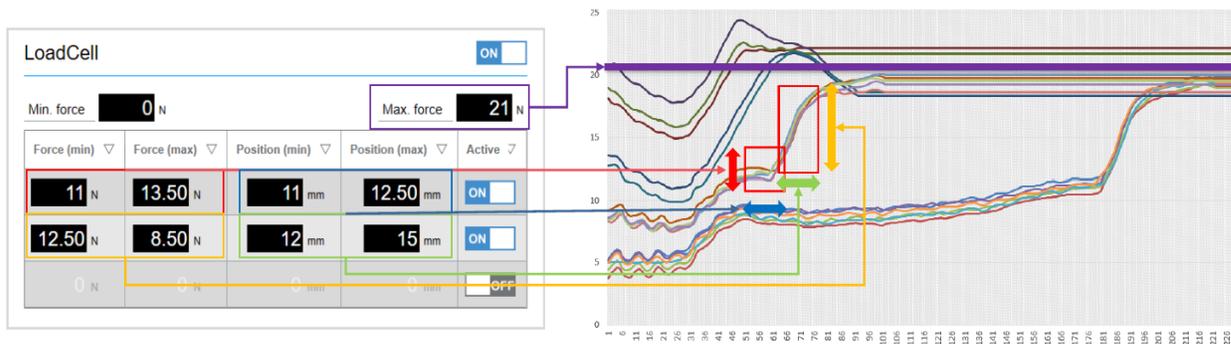


Figura 31. Parámetros requeridos del sistema de carga

Para poder determinar valores de fuerza durante el proceso de inserción "Nominal" en la maquina se realizó la construcción de 40 piezas de forma continua y se midieron por la característica de altura de terminal, con la construcción de esta piezas "nominales" se obtendrán los valores de los fuerza requerido en un proceso Correcto. Ver imagen 32

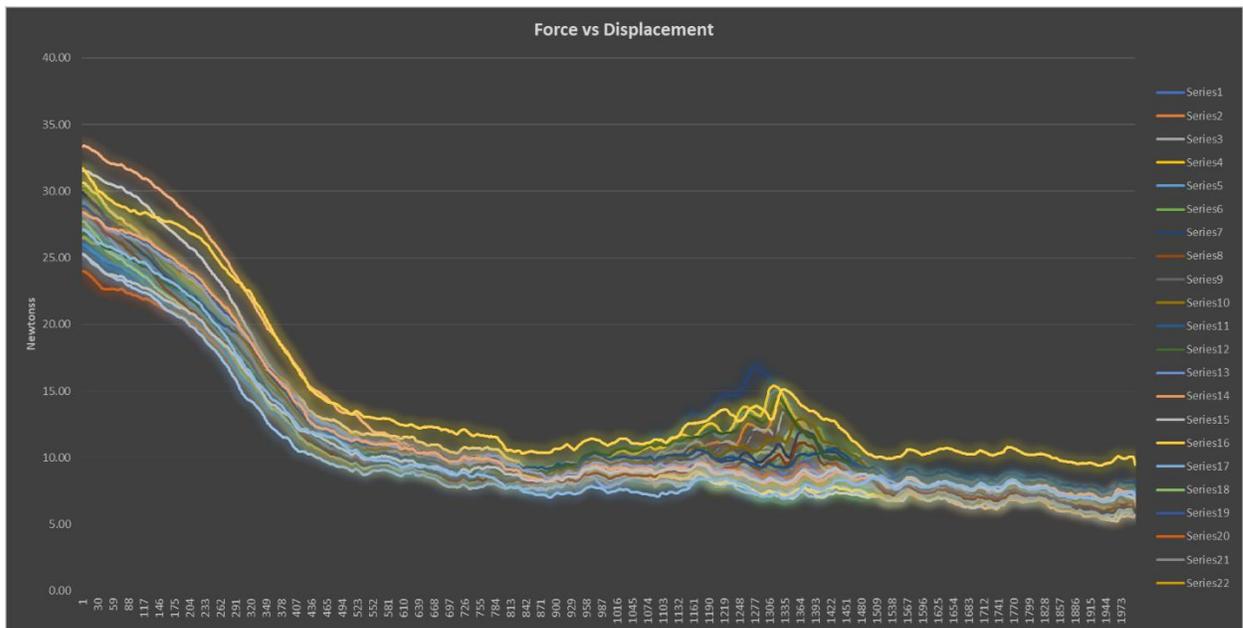


Figura 32. Imagen de graficas obtenida de corrida muestral de 40 pcs.

En un proceso normal se puede visualizar en la gráfica la fuerza de inserción a través de cada una de las fases del proceso de inserción, en la gráfica individual se nota claramente, sin embargo en la gráfica grupal la variación de pieza a pieza hace difícil esta visualización, sobre todo en la fase 39.



Figura 33. Imagen de grafica obtenida cuando se ensamble en un valor nominal

4.3 Definición de curvas anormales

Para poder establecer los valores de condiciones anormales se generaron muestras a propósito para poder detectar las fuerzas aplicadas durante el proceso cuando suceden estas anomalías. Las condiciones anormales definidas son.

- Sin Terminal (Fig 34-A)
- Inserción Errónea (Fig 34-B)
- Sobre Inserción (Fig 34-C)

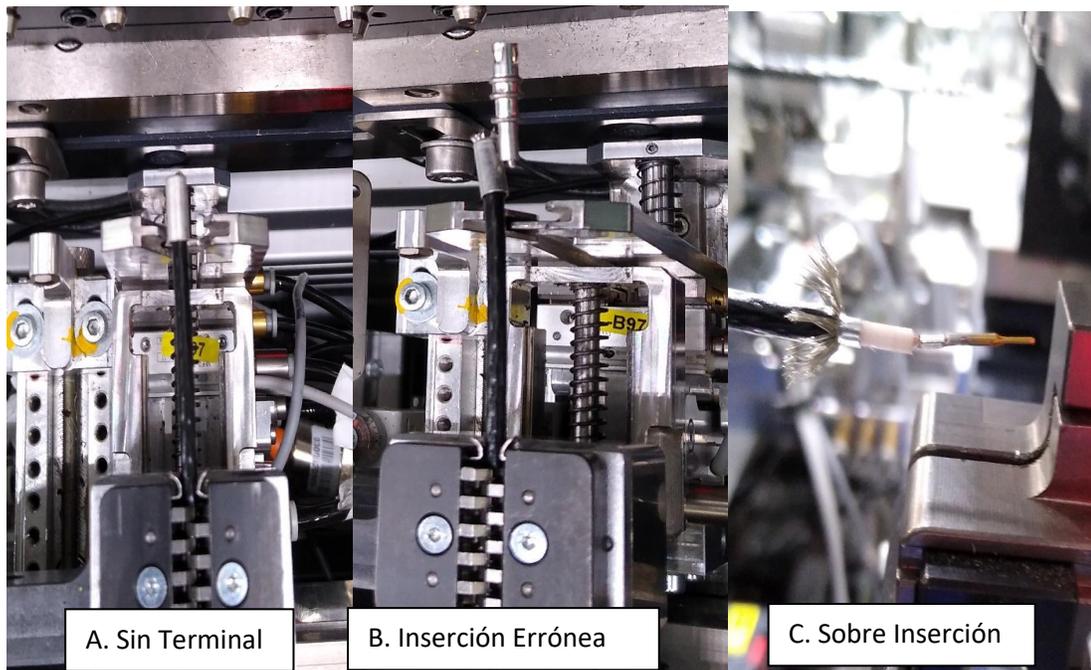


Figura 34. Modos de falla hechos a propósito

En la imagen 35, se puede visualizar cuando por alguna razón la terminal a ser insertada, no ejerce ninguna fuerza sobre el sistema, esta pieza pudiera ser detectada generando las ventanas de detección adecuadas. El modo de falla pudiera representar falta de terminal, falta de conector, plástico interno faltante o fuera de dimensión.



Fig. 35 Grafica obtenida cuando se ensamble sin terminal

La anomalía de la gráfica al no ejercer ninguna fuerza al momento de la inserción permitirá al sistema poder discriminar de piezas malas con esta condición.

En la imagen 36, se puede visualizar cuando el proceso genere una terminal mal ensamblada, esta de forma contraria al evento anterior genera una sobre fuerza desde el inicio del proceso de inserción, por lo que generando las ventanas apropiadas de inspección esta pieza pudiera ser detectada por nuestro sistema.



Fig. 36 Grafica obtenida cuando se ensambla fuera de posición

La anomalía de la gráfica al ejercer una sobre fuerza al momento de la inserción permitirá al sistema poder discriminar de piezas malas con esta condición.

En la imagen 37, se puede visualizar cuando el proceso genere una terminal sobre ensamblada, esta de forma contraria al evento anterior genera una sobre fuerza al final del proceso de inserción, por lo que generando las ventanas apropiadas de inspección esta pieza pudiera ser detectada por nuestro sistema.



Fig. 37 Grafica obtenida cuando se ensamble demasiado

Esta curva parece Normal, sin embargo el sobre esfuerzo realizado por el sistema al sobre insertar puede ser detectado fácilmente generando las ventanas de inspección.

En base a las fuerzas identificadas y en contraste con las fuerzas requeridas durante un proceso nominal se propone la generación de las siguientes 3 ventanas de inspección.

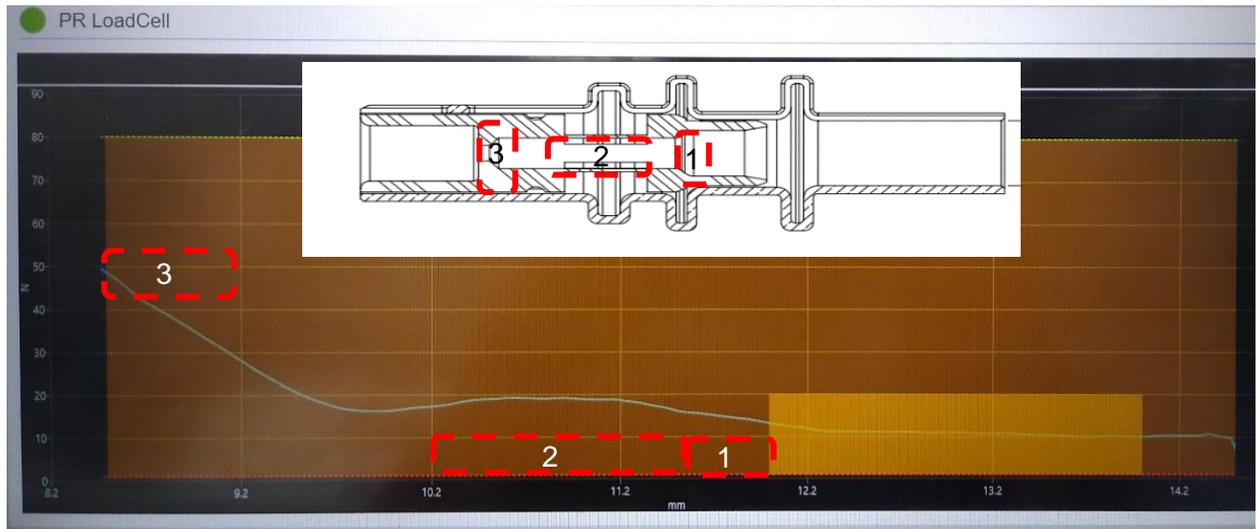


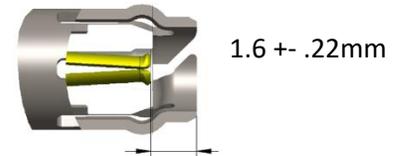
Figura 38. Creación de ventanas de control en base a la retroalimentación de las celdas de carga

Estas ventanas de inspección generadas por el sistema de control y que reciben retroalimentación del sistema de celdas de carga del equipo, permiten al usuario generar ventanas de inspección que le permitan a la maquina identificar procesos de inserción anormales y por lo tanto poder discriminar piezas malas de buena.

4.4 Diseño de Experimentos

Se realizó el diseño de experimentos de 2 Niveles, 4 Pruebas y 4 réplicas, utilizando los factores que afectan a nuestras resultantes, los factores considerados fueron, la Velocidad de Inserción y Distancia, las resultantes obtenidas fueron la fuerza de inserción y altura de terminal que es nuestra característica crítica a monitorear. En la tabla 1 podemos observar los valores mínimos y máximos utilizados en este análisis para ambos factores y los valores obtenidos en cada una de nuestras muestras tomadas.

Factores	Velocidad (mm/Min)	Distancia (mm)
Level (-)	40	15
Level (+)	100	15.8



Prueba	Factores		Fuerza de Insercion (N)				Altura de Terminal(mm)			
	Velocidad de Insercion (mm/Min)	Distancia de insercion (mm)	Y1	Y2	Y3	Y4	Y1	Y2	Y3	Y4
A	40	15	22.86	23.18	22.70	21.18	1.70	1.64	1.71	1.68
B	100	15	22.09	20.89	22.00	21.42	1.56	1.60	1.57	1.58
C	40	15.8	28.27	28.54	29.23	28.04	1.46	1.47	1.48	1.45
D	100	15.8	27.28	26.99	28.71	28.42	1.37	1.44	1.38	1.40

Tabla 1. Resultados de interacción Velocidad/Distancia de Inserción

Al jugar con los valores al mínimo y máximo establecidos por el grupo se puede ver el impacto en las resultantes que se busca relacionar, Fuerza de inserción y la característica crítica del proceso de inserción, Altura de Terminal.

En este grafico mostrado en la figura 39 podemos visualizar la interacción de nuestros factores con nuestra resultante de fuerza de inserción, podemos observar que nuestra velocidad de inserción no tiene mayor impacto en nuestra fuerza de inserción. Podemos observar como de forma contraria la distancia de inserción es un parámetro importante a definir por el impacto que tiene sobre nuestra resultante.

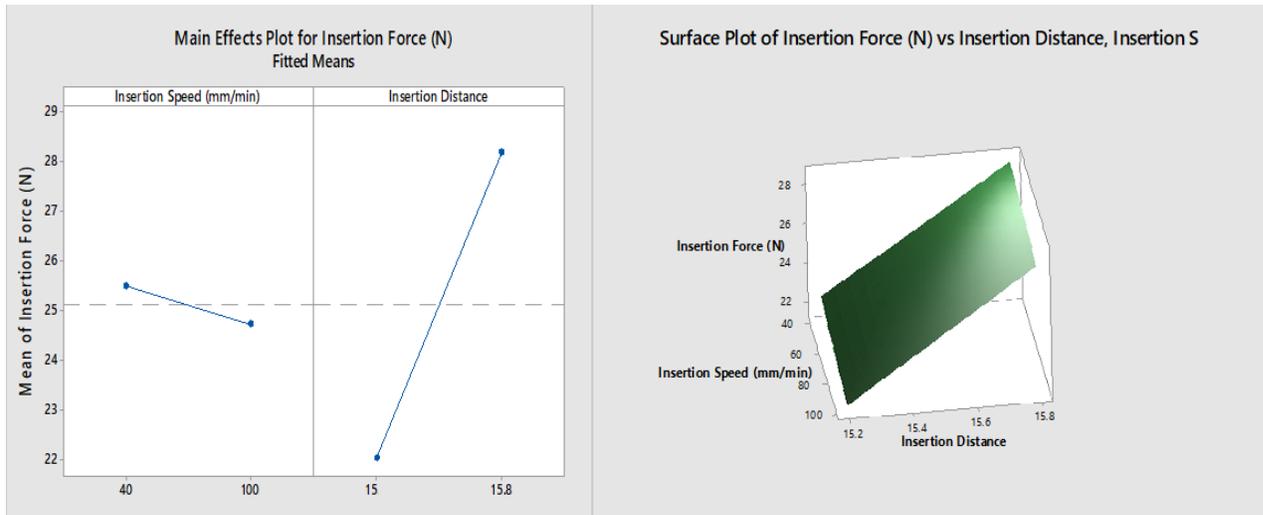


Figura 39. Grafica de interacción Velocidad/Distancia sobre fuerza de Inserción

En este grafico 40 se puede visualizar la interacción de nuestros factores con nuestra resultante de Altura de Terminal, de forma contraria a nuestra grafica anterior, en este grafico podemos observar que nuestra velocidad de inserción Si tiene un impacto considerable sobre la altura de terminal, aunque el factor de mayor impacto sobre nuestra resultante sigue siendo la distancia de inserción.

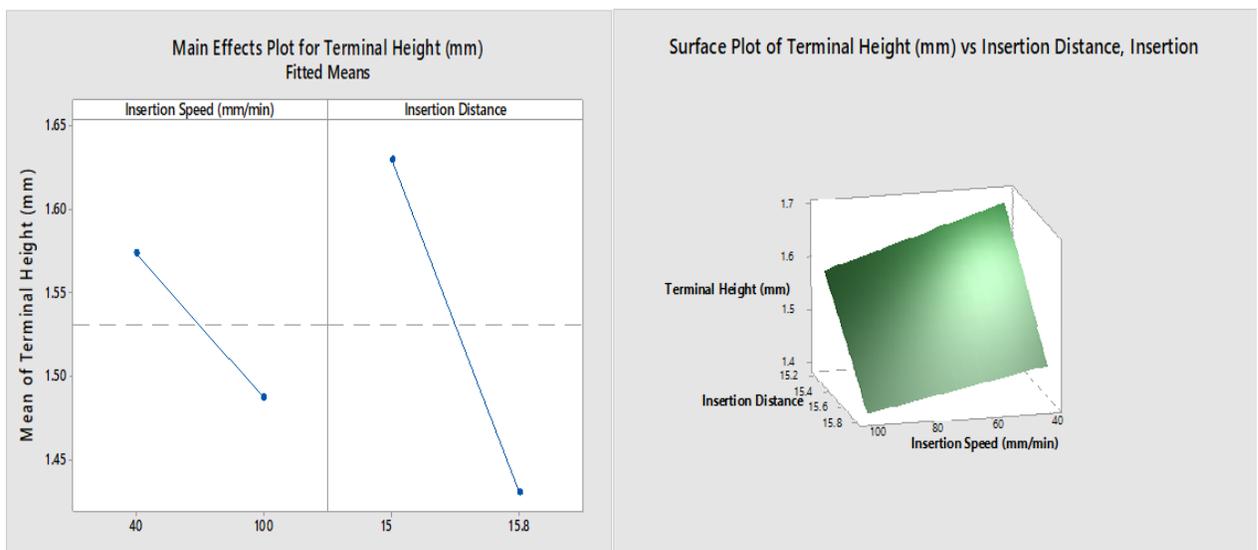


Figura 40. Grafica de interacción Velocidad/Distancia de inserción sobre Altura de terminal

Para poder realizar una predicción de los parámetros óptimos a controlar de nuestro proceso, se utilizó una herramienta de Minitab que nos permite predecir los valores “óptimos” requeridos para obtener los valores resultante deseados. Los valores obtenidos de dicho ejercicio fueron

Velocidad de Inserción : 87mm

Distancia de Inserción: 15.2mm



Figura 41. Grafica de Optimización de parámetros Velocidad/Distancia de inserción sobre Altura de terminal

4.5 Capacidad del Proceso

Se realizo estudio de capacidad del proceso, con los parámetros resultantes del ejercicio de optimización de parámetros, como podemos observar, se tiene un proceso con índice de capacidad por encima del estándar automotriz de 1.67.

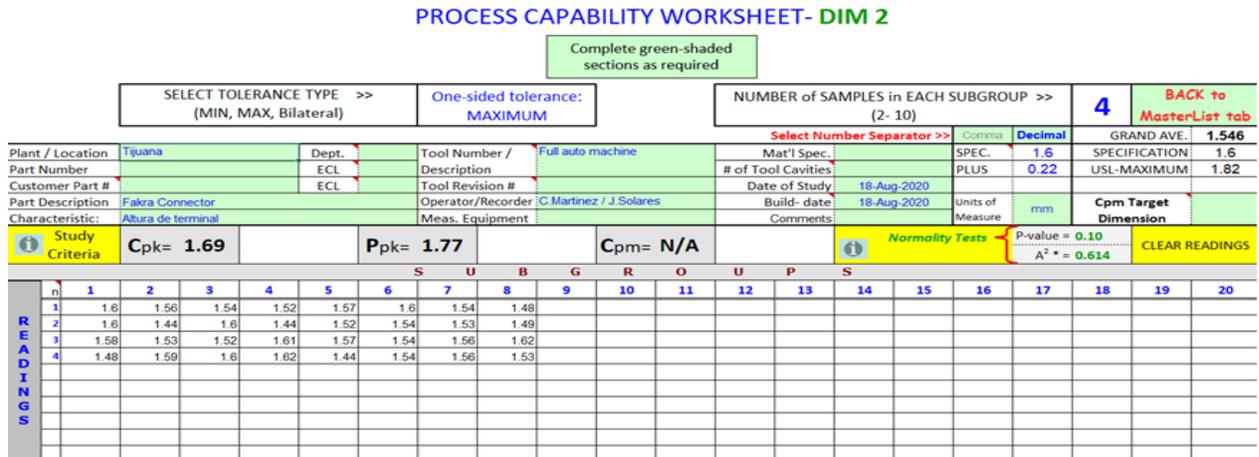


Figura 42. Valores de Capacidad de proceso inicial

Por otro lado podemos observar la distribucional mostrada como “Normal” en nuestro gráfico, también se puede identificar en nuestro Histograma un sesgo hacia el mínimo, esto debido a que el proceso, por experiencia previa en procesos manuales, se busca sesgar el proceso hacia lo que se considera como terminal alta, ya que el diseño del componente No permite terminales “altas”. Esto se puede observar en la figura 43

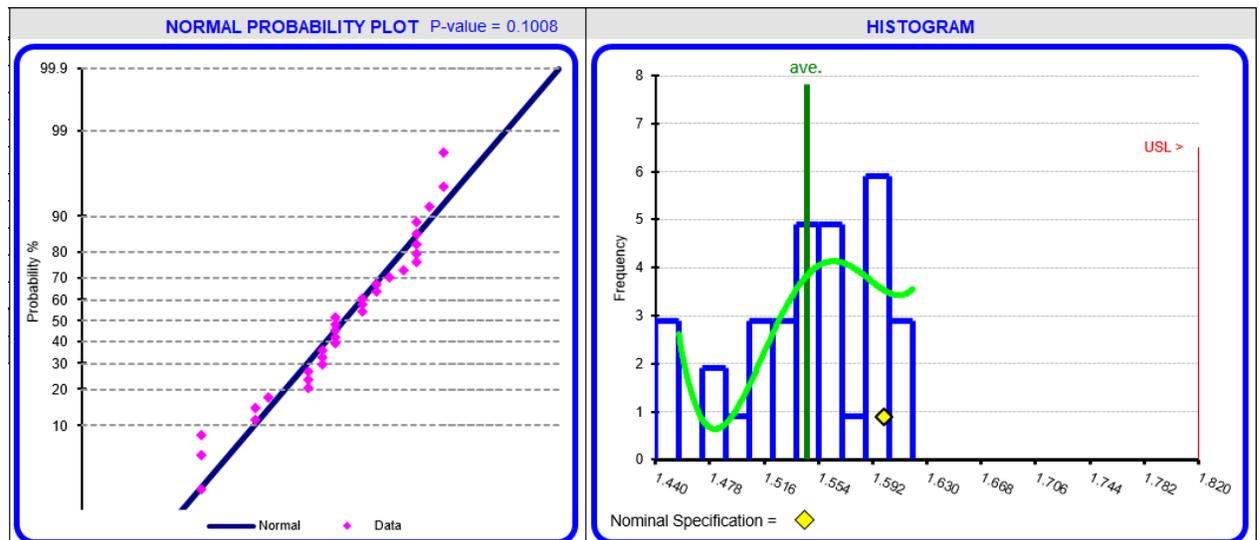


Figura 43. Histograma y grafica de distribución normal

En la figura 44 podemos observar los datos estadístico de nuestra corrida inicial, en la que se remarcan nuestros índices de capacidad, así como lo que visualizábamos previamente, donde nuestra media queda “No centrada” de nuestro valor nominal.

Spec.= 1.6		USL= 1.82		DESCRIPTIVE STATISTICS				
Number of readings	32	Std Deviation (n-1)	0.0517	Capability index (Cp)	N/A	Significant trends of data points:	\bar{X} - Chart	R - Chart
Grand Average, (X-double bar)	1.546	Std Deviation (n)	0.0509	Capability ratio (CR)	N/A	Out of control limits	0	0
Maximum Reading	1.62	Variance (n-1)	0.0027	Capability Index - C _{pk}	1.69	Consecutive data points above avg.	2	2
Minimum Reading	1.44	Variance (n)	0.0026	Performance index (Pp)	N/A	Consecutive data points below avg.	1	2
Average Range (R-bar)	0.111	R-bar / d ₂	0.054	Performance ratio (PR)	N/A	Other Capability Index		
# Readings < MINIMUM specification	N/A	Upper Capability Index (CPU)	1.6927	Ppk - USL = 1.7677	Ppk - LSL = N/A	Process Capability Index - (Target)	C _{pm}	N/A
# Readings > MAXIMUM specification	0	Lower Capability Index (CPL)	N/A	Performance Index - P _{pk}	1.77			

Figura 44. Datos estadísticos de la muestra

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Mediante la realización de este trabajo se pudo validar la correlación que existe entre las características propias del diseño y la fuerza de inserción requerida en cada una de las fases del proceso de inserción. Las características propias del producto, permiten diferenciar una fuerza diferente que las celdas de carga pueden diferenciar para proveer la información necesaria para diferenciar de un producto bueno del malo.

El sistema de celdas de carga provee la información necesaria durante el proceso de inserción para poder determinar los parámetros óptimos de inserción. Estos datos al poder correlacionarse con el diseño del producto proveen la información requerida en fuerza para determinar una carta de proceso en la cual la resultante de "Altura de Terminal" cumple con el requerimiento.

La ejecución de este proyecto nos permitió determinar cuál de las características del proceso ejercen mayor impacto en nuestra resultante. Velocidad vs distancia

Los parámetros de inserción definidos en base a los datos de fuerza de inserción permiten tener un proceso Capaz, con un índice de capacidad por encima del estándar mínimo requerido por la norma automotriz de 1.67.

5.2 Recomendaciones

El sistema de retroalimentación de celdas de carga es capaz de proveer la información al sistema para poder corregir anomalías del proceso, sin embargo el sistema actual No permite realizar este tipo de ajustes durante el proceso de inserción, por lo que se recomienda trabajar en un sistema que permita corregir el proceso automáticamente.

Las ventanas de inspección generadas son fijas en base límites establecidos por el usuario del sistema, esto no permite establecer límites “Normales” a largo de la curva de fuerza durante el proceso de inserción, Idealmente se pudieran establecer límites normales durante Todo el proceso de inserción.

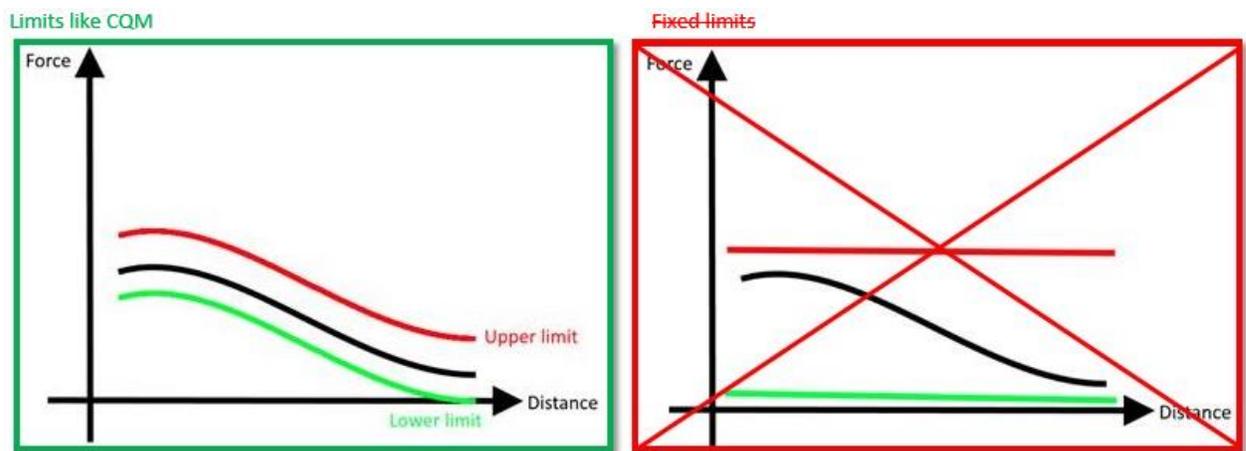


Figura 45. Comparación delimites de control

Anexos.

1.6	1.56	1.54	1.52	1.57	1.6	1.54	1.48
1.6	1.44	1.6	1.44	1.52	1.54	1.53	1.49
1.58	1.53	1.52	1.61	1.57	1.54	1.56	1.62
1.48	1.59	1.6	1.62	1.44	1.54	1.56	1.53

Datos de Dimensiones de Altura de Terminal

Bibliografía

Beckhoff, Diciembre 2018. Product overview Synchronous Servomotors

<https://www.beckhoff.com/Servomotors/>

Bellini, Bruno, Monografía vinculada a la conferencia del Dr. Hamlet Suárez (MedicaA S.A.) sobre "Evaluación del equilibrio: conceptos, desarrollo de equipos y normativa internacional para su comercialización" el 28 de abril de 2009", <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202009/Monografias%20seminario%202009/Bellini-Celdas%20de%20carga%20para%20plataforma.pdf>

Berk Gonenc, Hakan Gurocak. Junio 2011. Force control with hybrid actuator for virtual needle insertion School of Engineering and Computer Science, Washington State University Vancouver, USA <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5945481/authors#authors>

Boyd, Rob. April 2009. Crimp Force Monitoring. Assembly Magazine. <https://www.assemblymag.com/articles/86473-crimp-force-monitoring>

CARAKENIO73. Mayo 2018. Sistema de control de posición – Servomotores. <https://dademuch.com/2018/05/24/servomotores-sistema-de-control-de-posicion/>

Critelli, David. March 2007. Pin height, Analysis of the importance of radio frequency coaxial connector pin height and its impact on electrical and mechanical performance. Microwave journal. <https://www.microwavejournal.com/articles/4460-pin-height>

Dehghan, M., Rezaei, S., Talebi, H., & Zareinejad, M. (2011). Robust High Fidelity Needle Insertion in Soft Tissues Implemented on a Teleoperation System. IFAC Proceedings Volumes, 44(1), 344-349. doi: 10.3182/20110828-6-it-1002.02916

Engineering 360. IEEE Global Spec. https://www.globalspec.com/learnmore/electrical_electronic_components/connectors/connectors_electrical

Espinoza, Moises. Marzo de 1995. Diseño y construcción de una celda de carga. Universidad Autonoma de Nuevo Leon WEB <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020074697.pdf>

Lopez Morales, J; Morales Ceballos, J. Diciembre 2014, MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA EL CONTROL DE POSICIÓN Y VELOCIDAD DE SERVOMOTORES MEDIANTE PLC CON INTERFAZ SCADA. <http://helvia.uco.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10396/13477/TFM%20Jos%C3%A9%20Antonio%20Morales%20Ceballos%20y%20Javier%20L%C3%B3pez%20Morales.pdf?sequence=1>

Mahvash, M., Dupont, P.E. (2010). Mechanics of Dynamic needle insertion into a biological material. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 57, pp. 934-943.

Müller, Ivan & Machado de Brito, Renato & Pereira, Carlos & Brusamarello, Valner. (2010). Load cells in force sensing analysis - Theory and a novel application. Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE. 13. 15 - 19. 10.1109/MIM.2010.5399212.

Muñoz Solorzano, J; Criollo Hernandez, J. Julio 2016. Instrumentación de Datos de La Fuerza vs Desplazamiento en El Dispositivo Desarrollado para el Estudio de Suelos no Drenados en Campo Abierto.

Nikat AKKUS, Garip GENC, Cemal GIRGIN. 2008, CONTROL OF THE PRETENSION IN FILAMENT WINDING PROCESS, Marmara University. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPB2-0033-0005>

- Omega, Introduction to Load Cells, <http://www.omega.com/prodinfo/loadcells.html> , fecha de consulta Mayo 2020.
- Pompa, Pablo. Enero 2020. Trabajar con Servos. <http://www.superrobotica.com/Servosrc.htm>
- SAE/USCAR18-4. July2016. USCAR Supplement.
- Schmid, Tobias. Abril 2013. Development of a new Crimp Quality Monitoring System For manually operated tools. University of Limerick .
https://ulir.ul.ie/bitstream/handle/10344/3613/Schmid_2013_development.pdf?sequence=5
- Seder, Reyad R.M. and , Dedi Ari Prasetya,ST (2017) 4 Bases Smart Bed Prototype With Multiple Load Sensing To Control The Slope Of Multiple Bases Using Servo Motor. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- TE Electronics. 2016. Distribution channel tooling solutions. Catalog 5-1773465-1 / 4-16 / Application Tooling.
<https://www.ttiinc.com/content/dam/ttiinc/manufacturers/te-connectivity/Resources/TE-Application-Tooling-Catalog.pdf>
- Tioli, H; Navas, A , Diseño y construcción de celdas de carga para comprobaciones intermedias de máquinas de fuerza, Ingeniería 22 (1): 57-68, ISSN: 1409-2441; 2012. San José, Costa Rica
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/8394>
- Y. Tanaka, N. Oyama and T. Takenaka, "Robotic Hand-Free-Stick for Walking Balance Assistance," 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid, 2018, pp. 5445-5450, doi: 10.1109/IROS.2018.8593389