

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN MECANISMO MOTORIZADO PARA MONITOR DE ESTUFA

CONCEPTUAL DESIGN OF A MOTORIZED MECHANISM FOR STOVE MONITOR

Luis Enrique Salas Rico

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
luisitc@hotmail.com

Martín Caudillo Ramírez

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
martin.caudillo@itcelaya.edu.mx

Christopher López Regalado

Mabe Centro de Tecnología y Proyectos, México
christopher.lopez@mabe.com.mx

José Luis Moreno Vicencio

Mabe Centro de Tecnología y Proyectos, México
joseluis.morenovicencio@mabe.com.mx

Dante Sánchez Rojas

Mabe Centro de Tecnología y Proyectos, México
dante.sanchez@mabe.com.mx

Luis Ballesteros Martínez

Mabe Centro de Tecnología y Proyectos, México
luis.ballesteros@mabe.com.mx

Recepción: 26/octubre/2020

Aceptación: 27/noviembre/2020

Resumen

El propósito de este trabajo es realizar y validar el diseño de un mecanismo capaz de inclinar una pantalla táctil utilizada en estufas para poder cubrir todos los puntos de las especificaciones. El mecanismo se modeló en un programa CAD (Diseño asistido para computadora) y se realizaron las simulaciones en un programa CAE (Ingeniería asistida por computadora) de acuerdo con las especificaciones. Así mismo se recurrió a la impresión 3D para poder generar prototipos funcionales y realizarle pruebas experimentales. Con base en los resultados obtenidos se llegó a un diseño que era capaz de comportarse de acuerdo con la intención de diseño. Los

resultados muestran que el diseño tiene un factor de seguridad de 1.69 con respecto a la condición más crítica.

Palabras Clave: CAD, CAE, diseño mecánico, impresión 3D, mecanismos.

Abstract

The purpose of this work is to carry out and validate the design of a mechanism capable of tilting a touch screen used in stoves to be able to cover all the points of the specifications. The mechanism was modeled in a CAD (Computer Aided Design) program and simulations were performed in a CAE (Computer Aided Engineering) program according to specifications. Likewise, 3D printing was used to generate functional prototypes and carry out experimental tests. Based on the results obtained, a design that was capable of behaving according to the design intention was reached. The results show that the design has a safety factor of 1.69 with respect to the most critical condition.

Keywords: 3D printing, CAD, CAE, mechanical design, mechanisms.

1. Introducción

El estudio del comportamiento mecánico estructural mediante métodos numéricos es de gran importancia en el desarrollo de tecnologías, ya que estos definen si algún componente es capaz de soportar las fuerzas a las que estará sometido. El conocimiento de este comportamiento y de las leyes físicas que lo gobiernan mediante simulaciones computacionales, ayuda en la comprensión de lo que ocurre en los equipos y con ello poder decidir tempranamente en las etapas de diseño, reduciendo la fabricación de prototipos, y poder obtener un mejor comportamiento. En diversas industrias, como la automotriz y la aeronáutica, es de gran interés el conocer cómo se comportan sus productos para así dar solución a cada uno de los problemas que se presenten, y así, de esta manera poder ofrecer a sus usuarios productos de buena calidad, seguros y durables.

Dentro de estas industrias interesadas en el estudio del comportamiento mecánico se encuentra la de electrodomésticos, debido a que el hombre ha decidido transformar enseres domésticos comunes convirtiéndolos en productos de lujo con

grandes acabados que albergan la tecnología de punta dentro de esta rama. Tal es el caso de estufas que se han modificado para llevarse a un rango profesional, en el cual ya no solo se busca un funcionamiento óptimo sino una apariencia que resalte y denote calidad y que así mismo, su operación resulte práctica y ergonómica. Dentro de estas mejoras en las estufas se encuentran los acabados con aceros esmaltados e inoxidable, y paneles de control rotatorios que permiten una mejor vista y control de las funciones de esta.

Actualmente existe dentro del estado del arte varias soluciones que se han planteado de las que destacan:

- Patente US3967164A (1976). Un panel de control de un horno eléctrico que proporciona un fácil acceso para reparar los componentes en la parte posterior del panel. Un pivote en los extremos de las guías permite al panel pivotar una vez que se suelta un bloqueo de pivote. La operación es manual [KitchenAid Inc, 1976].
- Patente US4250865A (1981). Este panel de control de horno se encuentra montado sobre brazos extensibles donde puede pivotar inclinándose a un ángulo predeterminado permitiendo tener una posición de servicio. La operación es manual [KitchenAid Inc, 1981].
- Patente CN1946978A (2007). Este dispositivo funciona mediante dos brazos en la parte posterior inferior que al empujar el dispositivo le permiten girar sobre un eje permitiendo así girar la pantalla de visualización. La operación es manual [Raab, 2007].
- Patente EP2397770A1 (2011). Un panel de control con un área inferior para controlar un horno de cocción, soportada de manera pivotante alrededor de un eje, y un motor está unido al área inferior para pivotar el área inferior por medio de una caja de cambios. La operación es automática [Miele und Cie KG, 2011].

Del estudio de estas patentes se concluyó que la mayoría son activados manualmente, y que el dispositivo que funciona de manera automática opera por medio de engranes, así que sabiendo del juego que deben tener para su correcto funcionamiento, se tomó la decisión de excluirlos del diseño.

El propósito de este artículo es mostrar la realización de un mecanismo capaz de inclinar la pantalla táctil de control de una estufa, que es la encargada de controlar los hornos, para permitir al usuario una mejor vista para la correcta operación y de igual manera renovar la apariencia de la estufa, dado que el control actual de los hornos es por medio de perillas y pantallas fijas al ras del panel de control. Los aspectos para evaluar de las especificaciones consisten en deformaciones máximas, sumando a esto el estrés mecánico máximo que cada material soporta. Primeramente, se proponen 2 alternativas de las cuales se escoge una, la cual se va detallando por medio de varias iteraciones con ayuda de simulación CAE y con la generación de prototipos rápidos. Por lo que finalmente se entrega un prototipo funcional que cumple con las especificaciones y que permite seguir adelante con el proyecto.

2. Métodos

Para la realización del mecanismo motorizado, se plantea el diagrama de flujo de la figura 1, donde se desglosa la metodología de Robert Mott [Mott, 2006].

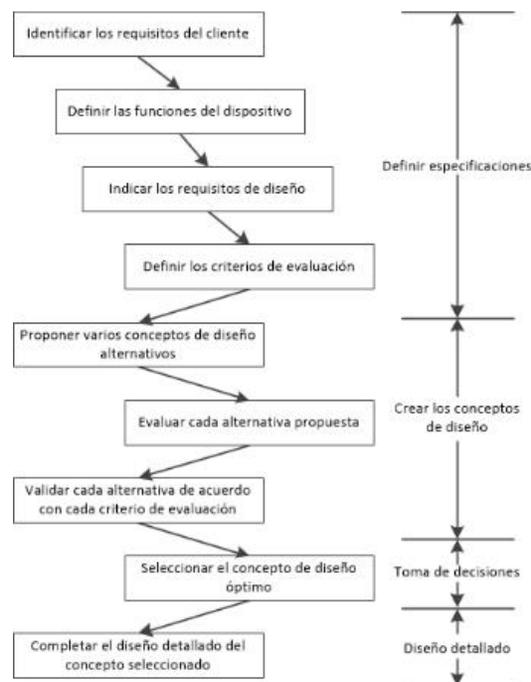
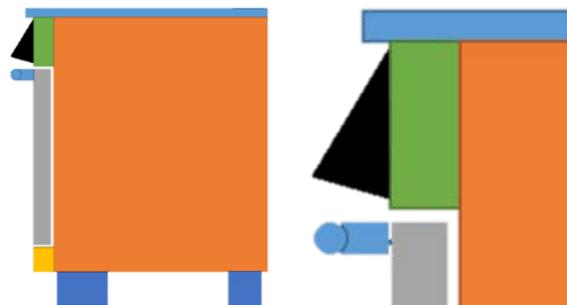


Figura 1 Diagrama de flujo metodología del diseño mecánico.

Identificar los requisitos del cliente

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades de un cliente, y que además sea seguro eficiente, confiable, económico y de manufactura práctica [Mott, 2006]. Por lo que, como se mencionó anteriormente se busca que al usuario final le resulte práctico y ergonómico el operar el control de los hornos de la estufa reemplazando el control anterior de perillas por una pantalla táctil que a su vez estará montada en un mecanismo motorizado capaz de inclinar la pantalla (figura 2) y que a su vez el mecanismo denote un acabado estético que vaya acorde con la apariencia del resto de la estufa.



a) Cuerpo completo de la estufa. b) Enfoque en el área de interés.
Figura 2 Vista lateral de la estufa con el mecanismo desplegado.

Definiendo la intención de diseño como un dispositivo mecánico para montar el ensamble de la pantalla táctil en el panel de control de la estufa, ayudando al consumidor a colocar la pantalla para su vista y campo de actuación.

Funciones del mecanismo

Las funciones del mecanismo son:

- Extenderse y retraerse cuando el usuario así lo decida.
- Recibir potencia de un motor eléctrico.
- Soportar a la pantalla con su tarjeta de control.

Requisitos de diseño

- Uso prudente de partes de diseño único.
- Disponer de un sensor que retroalimente el estado del mecanismo.

- Apariencia atractiva y adecuada a la aplicación.
- Al extenderse, el mecanismo debe sentirse rígido y no vibrar ni tambalearse notablemente de lado a lado.
- Ser capaz de inclinar la pantalla de control con una inclinación predeterminada.
- Usar materiales de fácil compra.
- Facilidad de manufactura y ensamble.
- Cumplir con dimensiones envolventes máximas disponibles en la ubicación de ensamble final, ver figura 3.

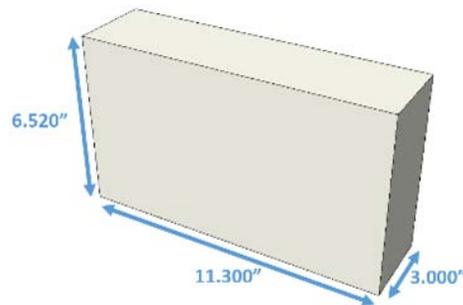


Figura 3 Medidas envolventes.

Criterios de evaluación

- Seguridad (reducir zonas de pellizco).
- Ser capaz de soportar una fuerza de 25 libras hacia adentro y no deformarse más de 0.100 pulgadas cuando se encuentra completamente extendido, y no debe dañarse con una fuerza de 50 libras (figura 4).



Figura 4 Diagrama de aplicación de las fuerzas en mecanismo, vista superior.

Generación de alternativas

Se partió en el diseño apoyándose de la ayuda de un concepto generado anteriormente que sirvió como línea base, figura 5. Así mismo se generó un diagrama de funciones que serviría para describir la interacción de cada uno de los componentes y sus funciones, figura 6. De la línea base se mantiene el principio de funcionamiento, de la base fija y la base móvil (figura 7a). Para impulsar este sistema se generan dos alternativas: mediante una leva (figura 7b) y mediante eslabones (figura 7c).

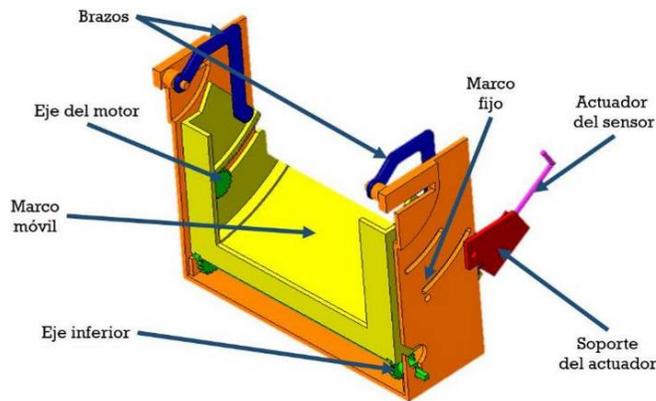


Figura 5 Línea base del mecanismo.

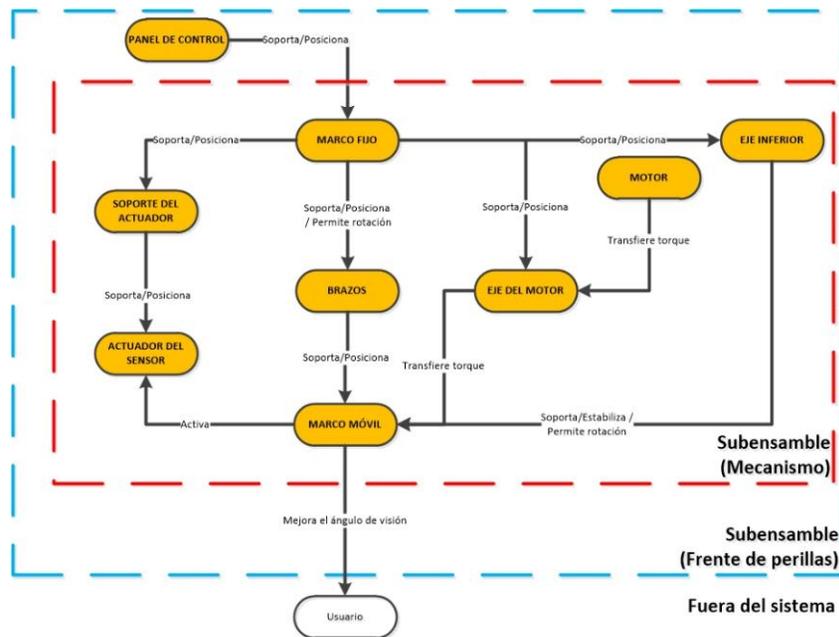
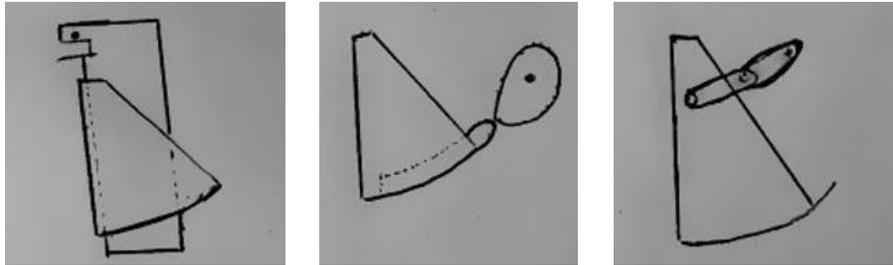


Figura 6 Diagrama de bloques funcionales del subensamblado del mecanismo.



a) Base fija y base móvil.

b) Impulso con leva.

c) Impulso por eslabones.

Figura 7 Bocetos.

Evaluación y validación de alternativas

Para ayudar con la evaluación de alternativas se realizó una matriz ponderada (tabla 1) con los factores que a criterio serán los que más determinen un óptimo funcionamiento del sistema. Dentro de estos factores están:

- Rigidez.
- Movimiento armónico.
- Control de posición.
- Estabilidad.
- Durabilidad.

Tabla 1 Matriz ponderada modo de accionamiento del mecanismo.

Factores		Alternativas	
Descripción	Peso	Eslabones	Leva
Rigidez	10	9	8
Movimiento armónico	10	8	6
Control de posición	8	9	9
Estabilidad	9	9	6
Durabilidad	7	9	7
Puntaje Total		386	315
Porcentaje		87.73%	71.59%

De esta evaluación se concluyó que el accionamiento por eslabones es la opción óptima para el método de funcionamiento del mecanismo.

Así mismo se realizó un estudio de ergonomía para seleccionar la inclinación adecuada de las que se encontraba 30° y 45° y que por medio de un software de simulación humana se obtuvo que la inclinación óptima asegurando un mejor ángulo de visión independientemente de la estatura del usuario es de 30°, figura 8.

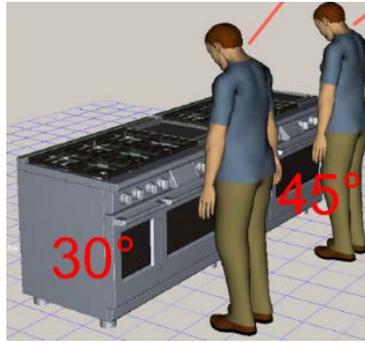


Figura 8 Simulación humana para determinar inclinación de pantalla.

Selección de concepto de diseño óptimo

Para esta primera etapa preliminar de selección se usaron requerimientos específicos, expuestos en el punto de criterios a evaluar, para sin necesidad de un análisis a fondo, rápidamente se pudiera escoger alguna opción, juntamente con la matriz ponderada, por lo que se seleccionó el método de impulso por eslabones.

Completar el detallado del concepto seleccionado

Una vez decidido el modo de accionamiento del mecanismo por medio de eslabones se realizaron los cálculos de síntesis de mecanismos [Mabie & Reinholtz, 2014] para una configuración biela manivela balancín (figura 9.)

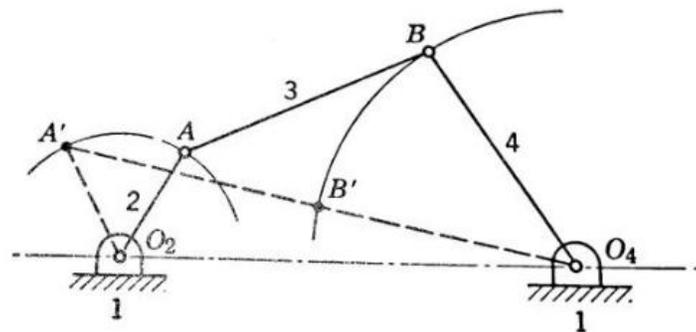


Figura 9 Mecanismo de 4 barras.

Con ayuda de las ecuaciones y modelando el mecanismo (figura 10) de acuerdo con lo que se necesitaba se obtuvieron las ecuaciones para obtener así las medidas del mecanismo con las consideraciones de las medidas máximas.

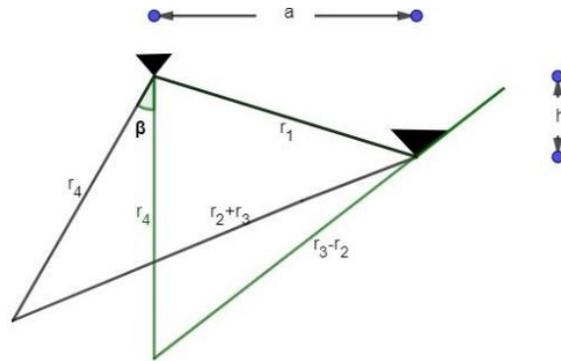


Figura 10 Diagrama del mecanismo a resolver.

Con ayuda del diagrama anterior se obtuvieron las ecuaciones 1 a 6.

$$r_1 = \sqrt{a^2 + h^2} \quad (1)$$

$$\beta = 30^\circ \quad (2)$$

$$(r_2 + r_3) * \cos(\beta) = a + r_4 * \sin(\gamma) \text{ \{x abierto\}} \quad (3)$$

$$(r_2 + r_3) * \sin(\beta) = h - r_4 * \cos(\gamma) \text{ \{y abierto\}} \quad (4)$$

$$(r_3 - r_2) * \cos(\beta - \alpha) = a - r_4 * \sin(\delta) \text{ \{x cerrado\}} \quad (5)$$

$$(r_3 - r_2) * \sin(\beta - \alpha) = h - r_4 * \cos(\delta) \text{ \{x abierto\}} \quad (6)$$

Se procedió a resolver las ecuaciones y a modelar las geometrías con los valores obtenidos, tabla 2.

Tabla 2 Valores del sistema 1.

Variable	Valor (pulgadas)
r_1	2.76
r_2	0.69
r_3	2.13
r_4	3.00

Así mismo se decidieron los métodos de fabricación de cada uno como los materiales. También se realizaron prototipos de cada uno de estos para hacer la validación. Cada concepto se revisó junto con su prototipo y su análisis de manera que retroalimentaban al siguiente concepto.

El primer concepto (figura 11) consta de una base rígida donde pivotea una base móvil sobre un eje, impulsado proporcionado por 2 eslabones unidos al cigüeñal al cual se le transmite un torque a través del motor, el motor es uno que se utiliza

actualmente en un sistema de seguridad de bloqueo de puerta del horno porque lo que se tiene certeza de la confiabilidad de este. Las geometrías prácticamente son simétricas con respecto al plano medio, si se realiza un corte transversal podemos observar la relación de cada componente con la configuración del mecanismo biela manivela balancín (figura 12) y también cómo se logra la inclinación de los 30° .

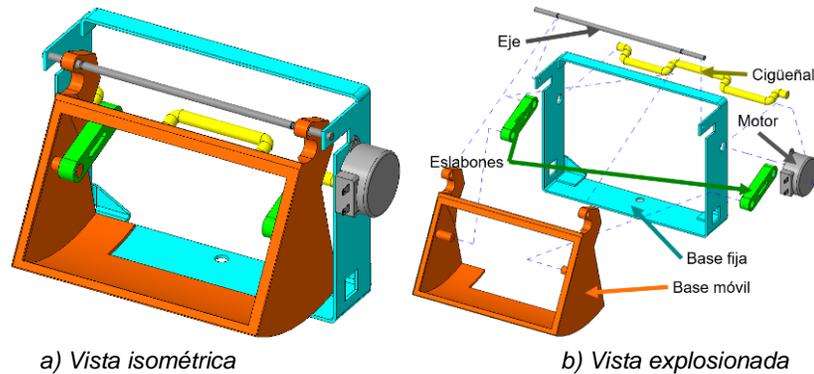


Figura 11 Concepto 1.

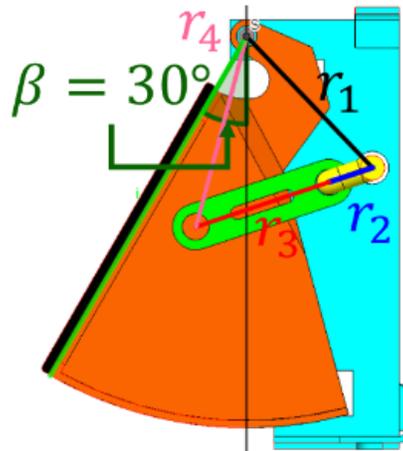


Figura 12 Vista de sección transversal con relación de cada componente.

La base fija se planeó realizarse de una placa de aluminio 5086-H32 troquelada, mientras que la base móvil y cigüeñal son de inyección de zamak 3, los eslabones también son por inyección, pero con polímero lexan 940, dejando así el eje a un proceso de maquinado en acero inoxidable 306. Todos estos materiales fueron seleccionados debido a sus propiedades mecánicas y que son usados para piezas actuales, por lo que ya se cuenta con proveedores de estos.

Dentro de las especificaciones el mecanismo debe ser capaz de soportar una carga de 25 lb perpendiculares a la pantalla, teniendo un desplazamiento máximo de 0.100 pulg y 50 lb perpendiculares a la pantalla sin dañarse, esto, simulando que algún usuario se llegase a recargar cuando el mecanismo este desplegado. Se simularon las cargas con los materiales definidos para el proyecto y se recurrió a tablas para obtener las propiedades mecánicas (Tablas 3 a 5).

Tabla 3 Propiedades mecánicas del Lexan 940 (Prospector, 2018).

Mecánica	Valor Nominal (Ingles)	Valor Nominal (SI)	Método de Prueba
Resistencia a la tensión			ASTM D638
A la cadencia	8990 psi	62 MPa	
Al rompimiento	7980 psi	55 MPa	
Módulo de Flexión	325 kpsi	2240 MPa	ASTM D790
Coeficiente de Poisson	0.38	0.38	ASTM D638

Tabla 4 Propiedades mecánicas del acero inoxidable 306 (MatWeb, 2020).

Mecánica	Valor Nominal (Ingles)	Valor Nominal (SI)	Método de Prueba
Resistencia a la tensión			ASTM D638
A la cadencia	31200 psi	215 MPa	
Al rompimiento	73200 psi	505 MPa	
Módulo Elástico	28000 kpsi	193 MPa	ASTM D790
Coeficiente de Poisson	0.29	0.29	ASTM D638

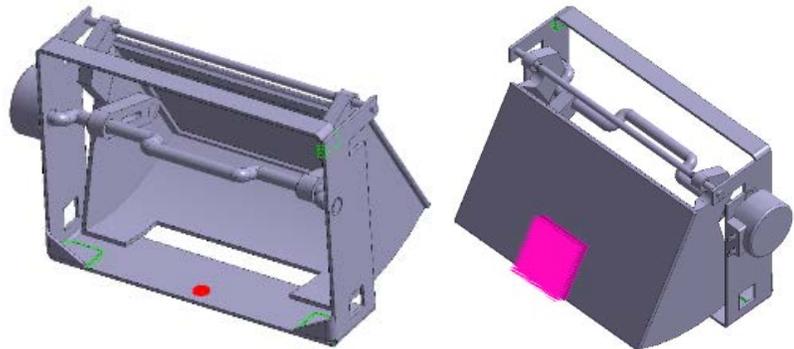
Tabla 5 Propiedades mecánicas del Zamak 3 (Azom, 2013).

Mecánica	Valor Nominal (Ingles)	Valor Nominal (SI)	Método de Prueba
Resistencia a la tensión			ASTM D638
A la cadencia	30200 psi	208 MPa	
Al rompimiento	38900 psi	268 MPa	
Módulo Elástico	14000 kpsi	96 MPa	ASTM D790
Coeficiente de Poisson	0.27	0.27	ASTM D638

Se procedió a aplicar las condiciones de frontera (figura 13) y se simuló, obteniendo los valores de desplazamiento y de esfuerzos mostrados en la tabla 6.

De los análisis se aprecia que estos no cumplen con uno de los criterios de evaluación siendo que este presenta una deformación máxima de 0.1384 pulg estando un 38.4% arriba del límite. Y para el segundo criterio los esfuerzos máximos se encuentran en el eje de acero inoxidable por lo que este al tener un esfuerzo

máximo a la cedencia de 31,200 no llegaría a dañarse. Se realizó un prototipo funcional (figura 14) con ayuda de impresión 3D para poder verificar el comportamiento del sistema, así como el funcionamiento.



a) Restricción de cara fija.

b) Aplicación de fuerza.

Figura 13 Condiciones de frontera en concepto 1.

Tabla 6 Resultados de simulación del concepto 1.

Fuerza	Desplazamiento máximo	Esfuerzo máximo
25 lb	0.1384 pulg	15,107 psi
50 lb	0.2594 pulg	28,326 psi



Figura 14 Prototipo concepto 1.

Se utilizó el motor seleccionado y se usó la base fija de una placa como en la intención de diseño. Esta muestra un gran desplazamiento al aplicarle una pequeña fuerza en los extremos inferiores de la base móvil por lo que se procedió a replantear la configuración de cada uno de los componentes, considerando que los materiales del que está hecho el prototipo tienen una rigidez menor a la de los materiales

finales, agregando que el control dimensional de los procesos también afecta las medidas nominales, generando mayor holgura entre ensambles. Para la segunda iteración nuevamente se usaron las ecuaciones de síntesis y se obtuvieron los valores de la tabla 7.

Tabla 7 Valores del sistema 2.

Variable	Valor (pulg)
r_1	4.89
r_2	0.37
r_3	2.89
r_4	2.38

El segundo concepto (figura 15) con las modificaciones resultantes de la primera iteración consta de una base móvil, reforzada en los puntos de pivote, esta a su vez pivotea alrededor de un eje soportado por una base fija. La base móvil nuevamente es impulsada por eslabones, que se encuentran alineados perpendicularmente a la base móvil de tal manera que soporten las fuerzas frontales aplicadas al mecanismo, a su vez están conectados a un cigüeñal impulsado por el motor.

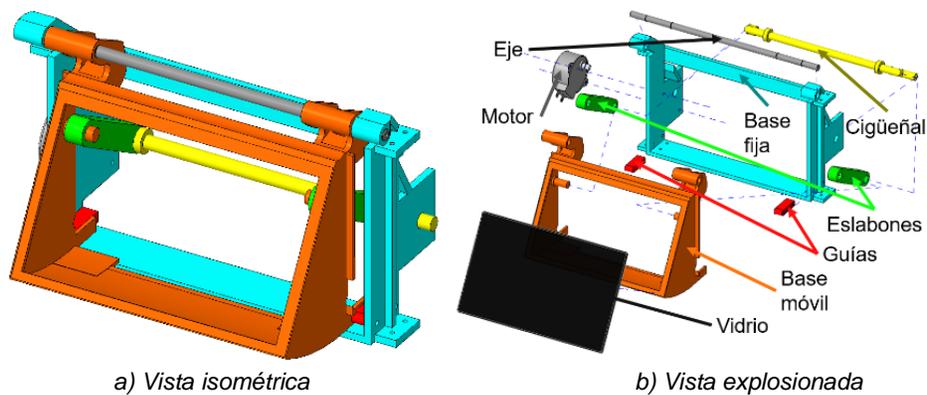
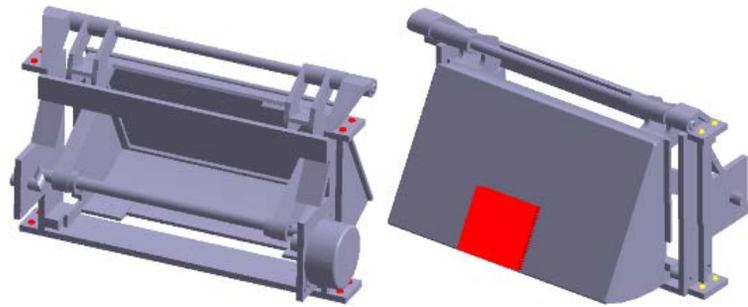


Figura 15 Concepto 2.

La base fija se reforzó y se producirá del mismo material y con el mismo modo de fabricación que el marco móvil y el cigüeñal siendo de inyección de zamak 3, los eslabones y el eje permanecen del mismo material y modo de fabricación.

De igual manera se analizó el concepto 2 para cargas de 25 y 50 lb con las condiciones de frontera de figura 16, y simulando se obtienen valores de la tabla 8.



a) Restricción de cara fija

b) Aplicación de fuerza

Figura 16 Condiciones de frontera en concepto 2.

Tabla 8 Resultados de simulación del concepto 2.

Fuerza	Desplazamiento máximo	Esfuerzo máximo
25 lb	0.1121 pulg	10,739 psi
50 lb	0.2242 pulg	21,479 psi

De los análisis se aprecia que estos no cumplen con uno de los criterios de evaluación siendo que este presenta una deformación máxima de 0.1121 pulgadas estando un 12.1% arriba del límite. Y para el segundo criterio los esfuerzos máximos se encuentran nuevamente en el eje de acero inoxidable por lo que este al tener un esfuerzo máximo a la cedencia de 31,200 este no llegaría a dañarse. Se realizó un prototipo funcional de este nuevo concepto (figura 17) con componentes impresos. Este mostraba nuevamente un desplazamiento muy notorio al aplicarle una pequeña fuerza en los extremos inferiores de la base móvil por lo que se procedió a replantear la configuración de cada uno de los componentes.



Figura 17 Prototipo concepto 2.

Para la tercera iteración nuevamente se usaron las ecuaciones de síntesis replanteando el colocar el agarre de la base móvil lo más cercana a la parte inferior y se obteniendo los valores de la tabla 9.

Tabla 9 Valores del sistema 3.

Variable	Valor (pulg)
r_1	4.38
r_2	1.19
r_3	3.05
r_4	5.43

Con los nuevos valores se generó el concepto 3 (Figura 18) que está conformado por una base móvil que pivotea en dos ejes sujetos por una base fija.

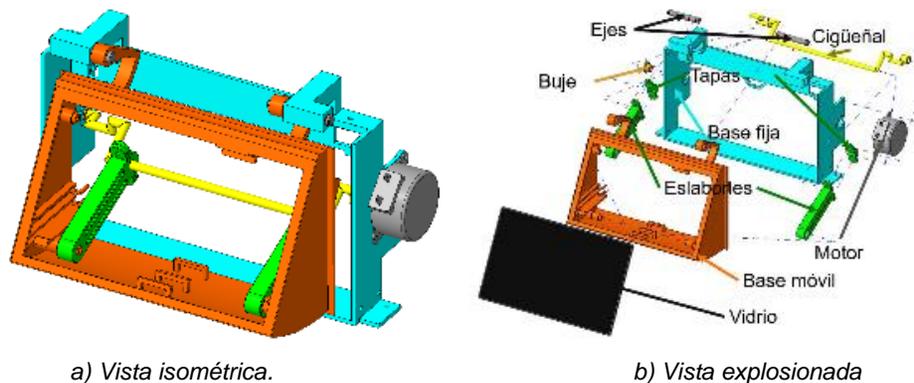


Figura 18 Concepto 3.

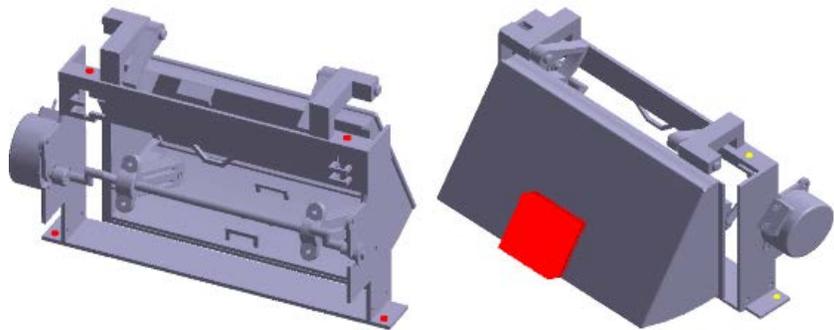
La base móvil es impulsada por dos eslabones unidos a un cigüeñal que gira por acción de un motor. A la base móvil se le agregaron soportes en la parte interior de las paredes laterales para poder soportar un sensor de posición, de igual manera se le agrego un marco lateral que cierra el espacio que queda entre el frente de perillas y el mecanismo cuando este se encuentra desplegado. Los materiales y procesos de fabricación permanecen iguales para todos los componentes, agregando un componente nuevo que es el buje que se realizara por inyección de lexan 940.

Finalmente, se analizó el concepto 3 bajo las mismas condiciones para poder superar los criterios de evaluación. En la figura 19 se muestran las condiciones de frontera y simulando se obtienen los valores de la tabla 10.

Tabla 10 Resultados de simulación del concepto 2.

Fuerza	Desplazamiento máximo	Esfuerzo máximo
25 lb	0.0912 pulg	9,572 psi
50 lb	0.1806 pulg	17,243 psi

Como se puede apreciar el concepto 3 solamente muestra un desplazamiento máximo de 0.0912 estando un 8.8% por debajo del desplazamiento máximo permitido. También tiene un esfuerzo máximo localizado en el eje del motor que al ser de acero inoxidable 306 no tendría ninguna deformación permanente.



a) Restricción de cara fija

b) Aplicación de fuerza

Figura 19 Condiciones de frontera en concepto 3.

Con esta base de datos se realizó un prototipo con impresión 3D (figura 20a) y se obtuvieron las piezas donde ensambla y se colocó para examinar cuestiones de interferencias, siendo que se unió correctamente en su ubicación final y funcionó de manera adecuada. Con esto se aseguró que el mecanismo se encuentra dentro de los parámetros funcionales y cumple con las intenciones de diseño.



a) Prototipo.



b) Ensamble con frente de perillas

Figura 20 Prototipo concepto 3.

3. Resultados

Finalmente, tras estas 3 iteraciones el último concepto mantiene el mismo principio de funcionamiento y las mismas dimensiones, figura 21. Simplemente se modificaron agregando radios y ángulo de desmoldeo a las piezas de inyección. También se agregaron retenedores para asegurar la posición de ciertos componentes Para facilitar el ensamble los eslabones se dividieron en 2 partes. Se mantuvo el buje para afianzar que el cigüeñal de una manera más fluida. También se realizó un diagrama de bloques funcionales para corroborar la interacción con los demás componentes (figura 22).

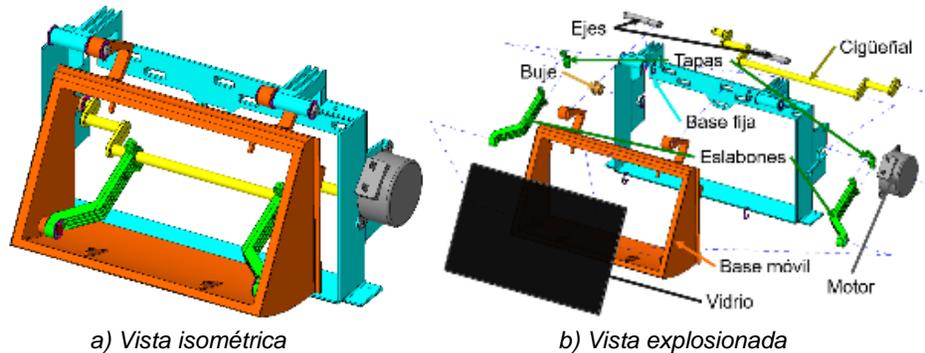


Figura 21 Concepto Final.

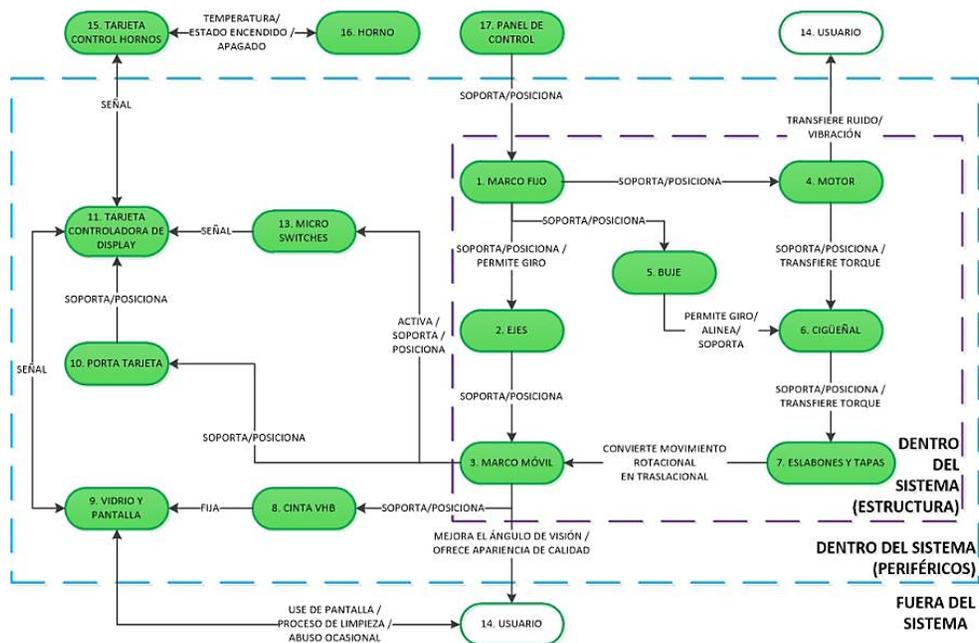


Figura 22 Diagrama de bloques funcionales concepto final.

Al igual que los conceptos anteriores, este fue probado con las mismas cargas de 25 y 50 libras para corroborar que no hubiera cambios en el comportamiento del sistema. En figuras 23 y 24 se muestran las condiciones de frontera y simulando se obtienen los valores de la tabla 11.

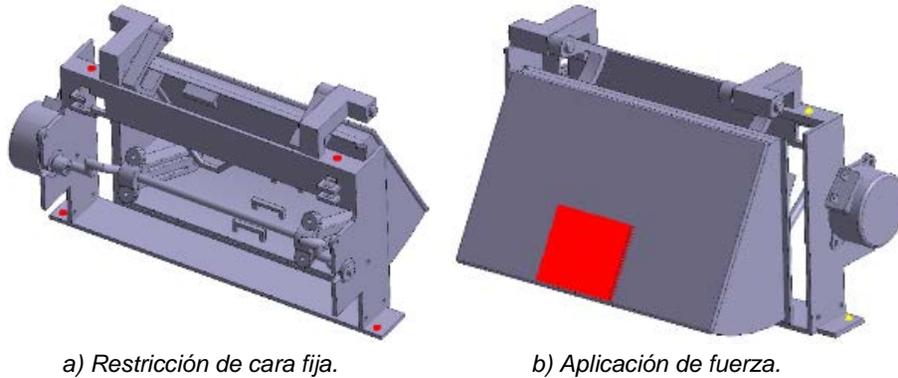


Figura 23 Condiciones de frontera en concepto final.

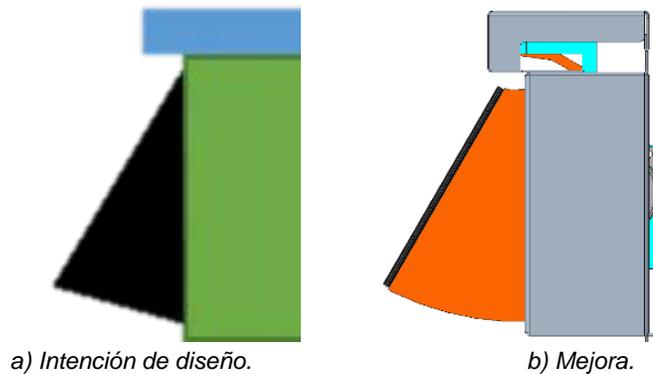


Figura 24 Condiciones de frontera en concepto final.

Tabla 11 Resultados de simulación del concepto 2.

Fuerza	Desplazamiento máximo	Esfuerzo máximo
25 libras	0.0850 pulgadas	9,692.3 psi
50 libras	0.1699 pulgadas	18,461.53 psi

El mecanismo soporta de manera adecuada las cargas teniendo una reducción con respecto al desplazamiento máximo de 15% y en el punto donde se acumulan los esfuerzos máximos, cuenta con un factor de seguridad de 1.69. Algo que también se logró fue el mejorar el recorrido de la pantalla ya que al principio la intención de diseño era simplemente permitir que la pantalla se inclinara a un ángulo

predeterminado, pero con el nuevo mecanismo se logró que la pantalla también tenga un recorrido que la proyecta por delante del frente de perillas lo que ocasiona que el usuario tenga una mejor visión de esta. Con esta base de datos se mandó fabricar un prototipo maquinado para obtener un mejor desempeño en las pruebas de funcionamiento físicas, figura 25.



Figura 25 Prototipo maquinado.

Finalmente, el proyecto se entregó a las personas adecuadas para que siguiera su desarrollo.

4. Discusión

De los resultados se puede observar que, para la condición de 25 libras, la cual estaba limitada a un desplazamiento máximo de 0.100 pulgadas, este presentó una mejora del 15% al tener un desplazamiento máximo de 0.085 pulgadas y que para la condición de 50 libras se cuenta con un factor de seguridad de 1.69. Así mismo se encontró que:

- La metodología de diseño permitió, bajo varias iteraciones, realizar el diseño de una forma ordenada y concisa dando seguimiento a cada uno de los requerimientos.
- Las herramientas de diseño (CAD), las de análisis numérico por el método sin malla (CAE) y las de prototipado rápido fueron fundamentales para la toma de decisiones.
- Los análisis por métodos numéricos para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en la estructura del mecanismo fueron muy importantes,

observando si los materiales propuestos eran los adecuados para cada uno de los componentes debido a las cargas a las que estarían sometidos.

De igual manera el mecanismo presentó una mejora en cuanto a los requerimientos ya que este no solo inclinaba la pantalla, sino que la proyecta hacia delante con respecto a su lugar donde se ensambla permitiendo así una mejor visualización.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] KitchenAid Inc. (1976). Service access control panel having electrical component array, interlock switch and fuse block. United States. US3967164A.
- [2] KitchenAid Inc. (1981). Easy access oven control panel and panel seal. United States. US4250865A.
- [3] Raab, A. (2007). Domestic appliance having a swiveled display screen. China, Germany. CN1946978A.
- [4] Miele und Cie KG. (2011). Cooking device and method. Germany. EP2397770A1.
- [5] Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas (4th ed., pp. 2-28). México: Pearson Educación.
- [6] Mabie, H., & Reinholtz, C. (2014). Mecanismos y dinámica de maquinaria (2nd ed.). México: Limusa Willey.
- [7] Prospector (2018), LEXAN Homopolymer 940 Technical Data: https://www.protolabs.com/media/1014592/lexan_-940-resin.pdf
- [8] MatWeb (2020), 304 Stainless Steel: <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=abc4415b0f8b490387e3c922237098%20da&ck=1>.
- [9] AZoM (2013), Grade Zamak 3: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=9565>.