DISEÑO Y SIMULACIÓN DE BASTIDOR PLÁSTICO

Jorge Axell Pérez Figueroa [1], Alfredo Chavez Luna [2].

***Resumen*— En el siguiente artículo se enfoca en el proceso de diseño de un bastidor plástico que pueda substitur al bastidor de madera como soporte pictórico. La necesidad de una reingeniería de los bastidores de madera es urgente ya que su diseño no ha cambiado de forma considerable desde el siglo XVII, y dado que todavía están hechos de madera conlleva un alto costo para la comunidad artística, el diseño plástico sería más económico permitiendo la misma resistencia mecánica. Para la mejora del desempeño mecánico se utilizan nervaduras moldeadas en la parte interior del bastidor. Durante la fase de diseño del bastidor plástico se definió un conjunto de alternativas de solución, variando a través de las iteraciones el espesor de pared, así como la ubicación y geometría de diferentes refuerzos. Luego, con la ayuda de un software de simulación, podemos determinar el mejor diseño posible para reemplazar el marco de madera.**

***Palabras clave*— bastidor, diseño. simulación, plástico, inyección.**

Introducción

El ser humano desde tiempos inmemoriales ha tenido la necesidad de expresar sus ideas y emociones de diversas formas y si nos remontamos a una de las civilizaciones más antiguas de las cuales se tiene registro como lo es la civilización egipcia (1895), nos daremos cuenta que desde ese entonces el ser humano se expresaba por medio de la pintura, la escritura, la danza y otras manifestaciones artísticas.

Aunque existen incontables tipos de manifestaciones artísticas, la que nos concierne para este estudio es la pintura, y más específicamente la pintura sobre lienzo, la cual nos ha regalado incontables obras maestras que son un deleite a los sentidos y se consideran parte del patrimonio de la humanidad.

Desde el siglo XVII (2012) el diseño de dichos bastidores no se ha modificado de forma significativa y eso genera que muchas de las obras de arte corran peligro de ser dañadas debido a las áreas de oportunidad en este diseño.

El presente trabajo plantea una necesidad imperativa con respecto a los bastidores para obras de arte en general, que desde hace siglos se han fabricado en base a un mismo diseño y en su gran mayoría están hechos de madera, lo cual los hace no solo pesados y frágiles, sino que impactan negativamente al medio ambiente, y representan para los artistas y creadores en general un altísimo costo.

Debido a lo anterior hemos planteado un rediseño de este componente, dándole un giro diferente al utilizar plástico como el material sustituto en el bastidor y con un diseño robusto podemos reducir la cantidad de madera utilizado para la creación de estos bastidores y los riesgos en la manipulación de las obras de arte. Debido a que los bastidores se hacen de forma casi artesanal no existe un registro de cuántos bastidores de madera se fabrican al mes.

La motivación detrás del proyecto recae fundamentalmente en la incidencia de deforestación por la tala indiscriminada de especies arbóreas para convertirlas en materia prima de bastidor para soporte pictórico, para los que sin afectar al medio ambiente podemos utilizar materiales plásticos sobre un nuevo diseño que sea funcional y económico.

Descripción del Método

Para poder llegar al método que utilizamos nos apoyamos fuertemente de trabajos previos de otros investigadores en este campo, la generación de un modelo base y su simulación fue una idea que surgió al leer el trabajo de Suárez Castrillón (2015). Y nuestro algoritmo para optimizar el diseño no estaba dando los resultados esperados si no hasta que el artículo de Candal M.V. (2005) nos ayudó a encontrar el mejor camino en el mismo.

Se comienza tomando como base un bastidor de pino de 50x30 cm, se tomaron las medidas y las propiedades del material y con ello se fija los valores de referencia. Con ayuda de NX Nastran se llevan a cabo análisis de elemento finito tanto estructurales como de frecuencia modal, estos nos ayudan a definir el modelo con un desempeño que más se acerque a nuestro bastidor de madera. (Fig. 1).

Después procedimos a definir las variables a utilizar para generar las distintas iteraciones de bastidor plástico, las cuales serán evaluadas con el software ya descrito, los valores en los que nos enfocaremos son la primera frecuencia natural y el esfuerzo máximo bajo una carga de 3g's sobre el eje X y después Y.

[1] Jorge Axell Pérez Figueroa es Alumno del Posgrado Maestría en Manufactura Avanzada CIATEQ A.C., Toluca de Lerdo, Estado de México. axell.perez@homail.com **(autor corresponsal)**
[2] Alfredo Chavez Luna es docente de Manufactura Virtual, Lean y CAD CAE/IVM en CIATEQ A.C.Quéretaro Av. Retablo No. 150, col. Constituyentes Fovissste, Querétaro, 76150, México. alchavez@ciateq.mx

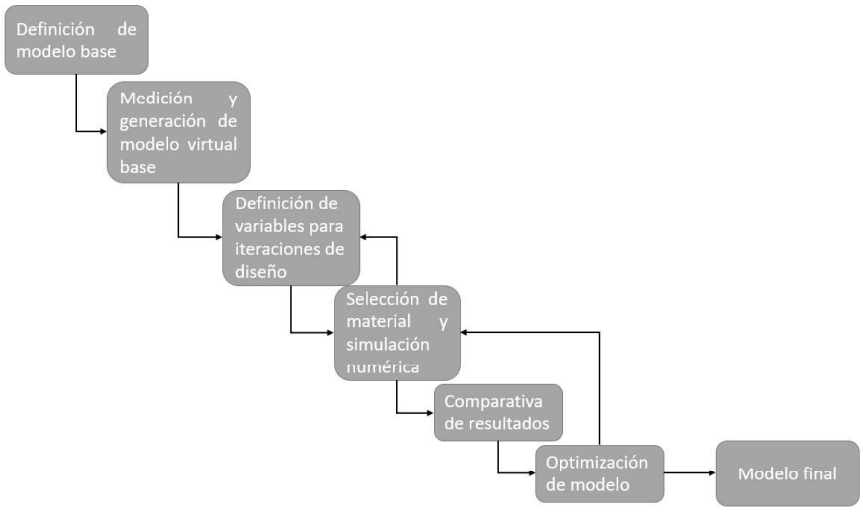

Figura 1 Diagrama de flujo que ilustra el método utilizado en este estudio
Fuente Elaboración propia

CAD

Con las medidas y valores obtenidos del bastidor base y con ayuda del software de diseño NX, procedemos a modelar este diseño base (Fig. 2). Este modelo base nos servirá como referencia y con los resultados de este evaluaremos a cada una de las iteraciones de diseño de bastidor plástico. Se utiliza el material Polipropileno debido a que es un material muy comercial el cual podemos encontrar en un sinnúmero de aplicaciones en el mundo modero, no es un plástico caro y es capaz de resistir la corrosión que pueden causar algunas de las sustancias que se usan al momento de pintar sobre un lienzo textil.

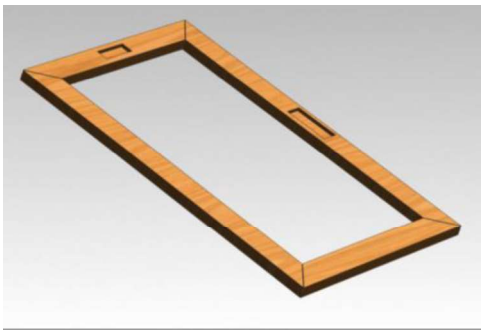

Figura 2 Modelo de bastidor de madera
Fuente Elaboración propia

A continuación, se diseñaron las diversas iteraciones de diseño, en la Fig. 3 se puede observar las variables a considerar para la generación de los diseños. Con ello se generan 16 diferentes modelos.

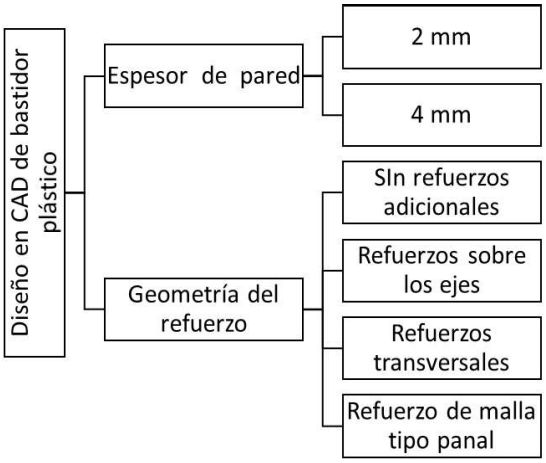

Figura 3 Variables usados para las iteraciones de diseño
Fuente Elaboración propia

Como resultado se modelaron 16 versionas de diseño de bastidor plástico, a continuación, en las Figuras 4-7 podemos ver algunos ejemplos

Figura 5 Modelo #9 de bastidor plástico con refuerzos
Fuente Elaboración propia

Figura 4 Modelo #3 de bastidor plástico con refuerzos
Fuente Elaboración propia

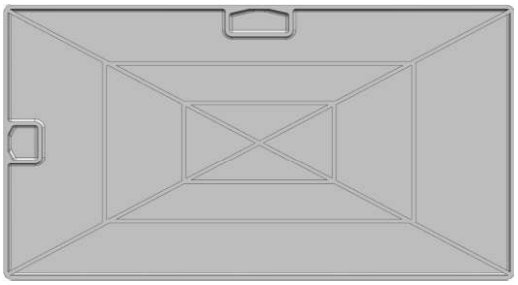

Figura 6 Modelo #7 de bastidor plástico con refuerzos
Fuente Elaboración propia

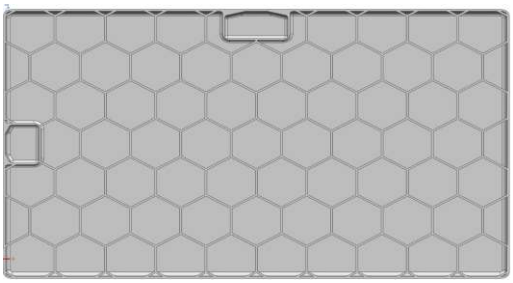

Figura 7 Modelo #17 de bastidor plástico con refuerzos
Fuente Elaboración propia

Simulación

Para las simulaciones se usa el solver NX Nastran, el tipo de análisis de elemento finito es estático estructural, con un comportamiento lineal. Se usa una malla 3D de tetraedros con tipo de elemento CTETRA (10), el tamaño del elemento es de 1.5 mm con una variación en la superficie de la curvatura de 20.4 y una graduación de malla interna de 1.05, con una tolerancia de malla del 10 % del tamaño del elemento.

Se realizan 4 condiciones de carga al bastidor de madera para la obtención de los parámetros de diseño y obtener el medio para evaluar las diferentes alternativas de solución del bastidor. Se somete a 2 pruebas de esfuerzo, primera prueba se fija el barreno cuadrado en la parte angosta del bastidor y se somete a una fuerza de 3g's sobre el eje X (Fig. 8), en la segunda se fija en barreno cuadrado en la parte ancha del bastidor y se somete a una fuerza de 3g's sobre el eje Y (Fig. 9).

Para el segundo par de pruebas la configuración es similar, la diferencia es que no se usa una solución de estadística lineal sino una solución de eigenvalores reales, y no se aplica la fuerza de 3g's a lo largo del eje con ello nos arroja la frecuencia natural del bastidor. Se fija el barreno cuadrado en la parte angosta y se calcula la frecuencia natural, y en la última prueba se fija el barreno en el lado ancho y se calcula de la misma forma la frecuencia natural.

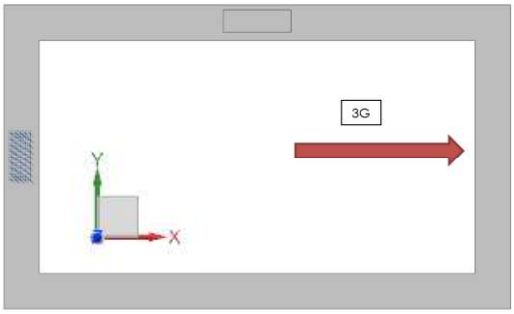

Figura 8 Diagrama de cuerpo libre para prueba de esfuerzo sobre el eje X
Fuente Elaboración propia

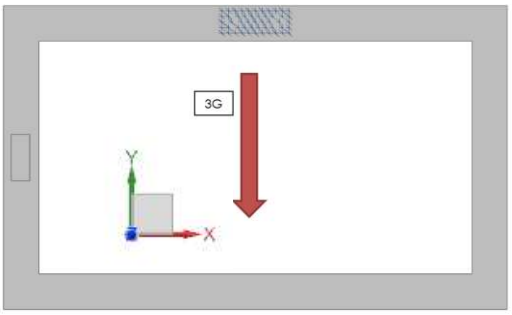

Figura 9 Diagrama de cuerpo libre para prueba de esfuerzo sobre el eje Y
Fuente Elaboración propia

Después de someter al modelo base a los 4 análisis ya mencionados obtenemos los siguientes resultados (Tabla 1).

Análisis	Resultado
Esfuerzo máximo (eje X)	0.0862 MPa
Esfuerzo máximo (eje Y)	0.0139 MPa
Frecuencia modal (eje X)	25.408 Hz
Frecuencia modal (eje Y)	38.125 Hz
Masa	.508 kg

Tabla 1 Resultados de la simulación de modelo base
Fuente Elaboración propia

Partiendo de los resultados de la tabla 1 y conociendo las propiedades mecánicas necesarias del Poliporpileno (Tabla 2) podemos proceder a realizar las simulaciones de elemento finito. Los modelos se configuran con el polipropileno como el plástico del cual está inyectado el bastidor y se someten a las 4 pruebas pertinentes en nuestro estudio. Bajo este principio se simularon 16 iteraciones de bastidor plástico con los diferentes niveles de variables ya definidas (Fig. 10).

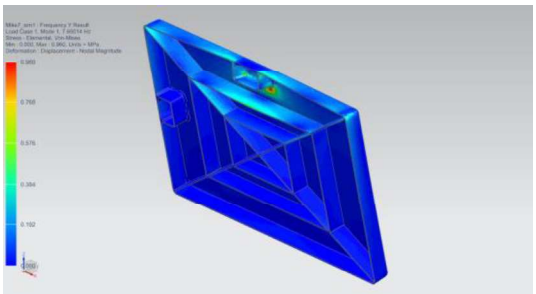

Figura 10 Simulación en NX Nastran de bastidor plástico

Polipropileno	
Tipo de material	Isotrópico
Sub-categoría	Termoplástico
Densidad (RHO)	1.2e-06 kg/mm³
Módulo de Young	2000000 kPa
Coeficiente de Poisson	0.4
Esfuerzo de fluencia	26 MPa

Tabla 2 Propiedades mecánicas del polipropileno

Resultados

Como resultado para cada iteración de diseño tenemos 4 valores que evaluar comparándolo con el diseño base. El condensado de los resultados de las 16 pruebas se pueden apreciar en la Tabla 3.

.	Base	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16
Esfuerzo máximo (X) Mpa	0.0862	0.29	0.266	0.302	0.327	0.449	0.503	0.619	0.557	0.243	0.174	0.216	0.22	0.269	0.288	0.619	0.179
Esfuerzo máximo (Y)Mpa	0.0139	0.28	0.317	0.382	0.46	0.383	0.423	0.451	0.306	0.167	0.195	0.263	0.316	0.236	0.257	0.451	0.214
Frecuencia modal (X) Hz	25.408	2.58	6.22	7.66	8.88	3.17	3.15	3.77	11.82	4.94	7.741	10.01	12.58	5.91	5.89	3.71	14.96
Frecuencia modal (Y) Hz	38.125	3.98	6.33	8.2	8.88	5.62	6.19	7.65	14.354	7.8	9.59	11.39	12.58	10.36	10.85	7.65	25.16

Tabla 3 Comparativa de resultados de simulaciones de bastidor plástico

Los menores esfuerzos se presentaron en los diseños 16 y 10 con lo cual podemos proponer un nuevo diseño que mejore sobre las áreas de oportunidad del diseño 16, a este nuevo diseño lo denominaremos diseño 16A, aumentando el espesor de pared del diseño 16 por 2 mm, resultando en lo que los manuales de inyección recomiendan como el máximo grosor para inyección de plástico de polipropileno y obtuvimos los resultados de la Tabla 4.

	Bastidor de madera	Diseño 16	Diseño 16A
Esfuerzo máximo X (Mpa)	0.1	.179	.153
Esfuerzo máximo Y (Mpa)	0.217	.214	.145
Frecuencia modal X (Hz)	23.79	14.96	15.72
Frecuencia modal Y (Hz)	35.93	25.16	30.90
Peso (kg)	.508	1.58	2.231

Tabla 4 Comparativa entre bastidor base y diseño 16A

Comentarios Finales .

Resumen de resultados

En el presente trabajo se llevó a cabo el diseño y la simulación de una serie de iteraciones de diseño bastidor plástico queriendo acercarnos lo más posible al desempeño mecánico de un bastidor de madera para lienzo. Los resultados incluyen los datos generados por las diversas simulaciones y en análisis para determinar el modelo con el mejor desempeño. Así como una optimización de diseño variando aún más algunas de las variables de diseño.

El material seleccionado, aunque puede llegar a tener el mismo desempeño mecánico, hace que el peso del modelo que tratamos de optimizar se dispare hasta casi 5 veces el peso del diseño base lo cual no es ideal. Se opta por dejar como ganador al diseño 16 ya que, aunque se corrió un procedo de optimización aumentado el espesor de pared del mismo diseño, la simulación nos arroja que aunque los números mejoran, no son suficientemente buenos para aumentar casi 1 kg de peso al bastidor.

Conclusiones

Durante la realización del proyecto nos encontramos con diversos obstáculos que logramos superar de la mejor manera, desde el problema de no tener datos para tomar como referencia del modelo base de madera y tener que simularlas hasta la optimización de un modelo final. Estuvimos expuestos a las tecnologías de diseño y simulación que abren diversas oportunidades para el mismo diseño, tanto la geometría del mismo como el material a utilizar de forma rápida y paramétrica.

En cuanto a la implementación del bastidor plástico, vemos viable su implementación independientemente de no haber alcanzado los objetivos de frecuencias modales ya que una de las grandes diferencias que hará mas confiable el bastidor plástico a la hora de pintar en la pared continua a través del mismo bastidor mientras que el bastidor de madera es solo una estructura y su centro es hueco.

Referencias

Fontanals. (1895). Historia general del arte, Historia de la pintura y escritura. Marzo de 2020, de Univrsidad autónoma de Barcelona Sitio web: https://ddd.uab.cat/pub/llibres/1886-1897/56958/hisgenart_a1895t4r1.pdf

Thaïs Rodés Sarrablo. (2012). El soporte de tela en la Pintura Europea de los siglos XVI, XVII y XVIII . 2019, de Ximo Company Climent Sitio web: https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/46448/trodess.pdf?sequence=1.

Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos Albert Miyer Suárez Castrillón, Wilson Tafur Preciado, Pedro Rodolfo Calderón Nieves, Tecnura, vol. 19, núm. 46, octubre-diciembre, 2015, pp. 115-121Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia

Candal, M. V. Integración CAD/CAE/CAM-PR en la optimización del diseño de productos plásticos: caso de estudio Ciencia e Ingeniería, vol. 26, núm. 3, 2005, pp. 121-130 Universidad de los Andes Mérida, Venezuela