

# Desarrollo de un plan de negocio de almazón modular bajo el modelo de economía circular en San Andrés Cholula

Altamirano Sánchez, Esteban

2022

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5513>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# Desarrollo de un plan de negocio de almacén modular bajo el modelo de economía circular en San Andrés Cholula

Altamirano Sánchez Esteban (octavo semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1,\*</sup>, Ascención Guerrero Andrea (octavo semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1</sup>, Cobos Caldelas Azael (décimo semestre en Ingeniería Industrial)<sup>1</sup>, Durán de la O Limihi Enos (octavo semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1</sup>, Hernández Rodríguez Emma Paola (octavo semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1</sup>, Cantú Hernández Francisco Antonio (profesor responsable)<sup>1</sup>, Lomas Montaudon Yvonne (profesor asesor)<sup>1</sup> y Jaramillo Bañuelos José David (profesor asesor)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

## Resumen

Debido al incremento de los desechos plásticos que contaminan el medio ambiente, se propuso desarrollar un plan de negocio de almacén modular bajo el modelo de economía circular en San Andrés Cholula a través de la siguiente metodología: desarrollar un almacén modular mediante impresión 3D por medio de herramientas de diseño y análisis de resistencia mecánica y de calidad; diseñar la cadena de suministro para la producción, distribución y recolección del almacén; identificar la factibilidad comercial de los almacenes por medio de un focus group y simular los aspectos financieros de costo e ingreso del modelo con relación a los márgenes de ganancias en XLRISK. Las herramientas empleadas en este proyecto son: el software de diseño 3D CAD CATIA y software de análisis de riesgo y simulación de Montecarlo XLRISK. Los resultados obtenidos son un diseño y prototipo de un almacén modular fabricado en PLA, una cadena de suministro con enfoque desde la economía circular, estudio de mercado donde se expresa que las mayores problemáticas que representa el prototipo para el mercado son la estética, material e impacto ambiental del producto y un análisis financiero de 10 mil escenarios que determina la factibilidad del proyecto. Se concluye que el proyecto es viable y factible porque genera utilidad, teniendo valores promedios en TIR y VPN de 114.4% y \$205,034.86 respectivamente, con un tiempo de recuperación promedio de 2.03 años.

**Palabras clave:** Almacenes, Economía circular, Modular, Plan de Negocio, CATIA, XLRISK.

**\*Autor Corresponsal:** esteban.altamirano@iberopuebla.mx

## Introducción

En los últimos años, la acumulación de desechos se ha convertido en una problemática de extrema urgencia por resolver, y la acumulación de residuos de plástico no es la excepción. Una vez en la naturaleza, los plásticos se convierten en una amenaza para los ecosistemas, y México no es ajeno a la realidad en la que el planeta se encuentra. Las playas y ríos de México se encuentran repletas de microplásticos; por ejemplo, el Río Atoyac en Puebla cuenta con una gran abundancia de microplásticos entre los que encontramos fibras, fragmentos, gránulos y film plástico. Además, un estudio realizado por Greenpeace México en el año 2018 encontró que, en 42 sitios de playa estudiados en México, el 100% de ellos presentó contaminación por algún tipo de macroplástico [1]. Por lo tanto, la industria óptica, aunque a una escala menor, también colabora en este aumento de producción de residuos. Para notarlo, basta con entrar a cualquier establecimiento de óptica y observar la cantidad de objetos, ya sean lentes de contacto o lentes oftálmicas, que a la larga se convertirán en residuos. Las monturas y las lentes oftálmicas suelen estar fabricadas con una combinación de plásticos y metales; sin embargo, estos materiales representan un peligro para el ecosistema cuando estos objetos han dejado de ser útiles para una persona, ya que la población en general no sabe dónde depositar sus gafas antiguas, fomentando el número de residuos en los ecosistemas. Estos lentes suelen acabar depositados en la basura sin llevar un correcto reciclaje [2]. Por lo tanto, el

presente proyecto al desarrollarse bajo las líneas de sostenibilidad y calidad de vida espera beneficiar a las dos mil seis personas con discapacidad visual que se encuentran en San Andrés Cholula [3]. Debido a lo anterior, el consumo de anteojos en la actualidad es frecuente debido al número de accidentes que la persona pueda tener en su día a día y que conlleva a que sus almacenes se rompan o fracturen para, finalmente, acabar en la basura o en algún espacio del hogar de la persona. Por consiguiente, se espera que el presente proyecto basado en la economía circular rompa con el comportamiento de desechar a la basura o almacenar en el hogar almacenes obsoletos, con la finalidad de reciclarlos para crear unos nuevos. Elaborar unos lentes modulares con la capacidad de ser reconstruidos con base en materiales sostenibles, fomentará a la disminución del impacto ambiental por plásticos, ya que para el 2050 el mundo consumirá lo equivalente a tres planetas, por lo que, al diseñar unos lentes modulares se reducirán los impactos y desechos ambientales, ya que el 80% de estos impactos se determinan en la fase de diseño [4]. Por lo tanto, a diferencia de unos lentes convencionales que se desechan una vez que presenta defectos, este almacén podrá desarmarse a través de sencillos pasos para que el consumidor pueda generar los cambios necesarios para que vuelvan a su estado óptimo. Debido a lo anterior, se decidió desarrollarlo desde la perspectiva de la economía circular ya que tiene por objetivo principal el saber cómo aprovechar los recursos que se desechan para evitar seguir fomentando la contaminación ambiental. Busca reducir al máximo la dependencia a los

recursos naturales para tener la capacidad de optimizar los recursos que ya se han extraído y así, dar respuesta a las necesidades de todos los agentes socioeconómicos [4]. Por lo tanto, dentro del área de economía circular se aplicó el concepto de ecodiseño para el prototipo, ya que consiste en un proceso de diseño que, además de criterios técnicos, de usuario y de entorno, integra aquellos requerimientos ambientales durante el proceso técnico y creativo para definir y solucionar problemáticas concretas [4].

Por consiguiente, se desarrolló un plan de negocios para analizar la viabilidad económica, social, técnica y ambiental de esta propuesta [5].

El objetivo general del proyecto es desarrollar un plan de negocio de armazón modular bajo el modelo de economía circular en San Andrés Cholula. Para lograr lo anterior, se desarrollaron cuatro objetivos específicos, que consisten en lo siguiente:

1. Desarrollar un prototipo de armazón modular mediante impresión 3D.
2. Diseñar la cadena de suministro para la producción, distribución y recolección del armazón.
3. Determinar la factibilidad del mercado del armazón.
4. Determinar la rentabilidad del armazón modular mediante el software SimulAr.

Se consideraron dos casos análogos para la elaboración del prototipo. El primero consiste en unos lentes para el mercado infantil fabricados por la empresa Nanovista. La inspiración fue el modelo “indestructibles” los que consisten en armazones para niños diseñados para ser flexibles y adaptables respecto de las terminales [6]. El segundo ejemplo consiste en una propuesta enfocada a la tecnología modular desde el área tecnológica. Se trata de un celular inteligente modular llamado phoneblocks, con el propósito fundamental de reducir desechos electrónicos y dar mayor poder al usuario, el cuál consistía en módulos que se conectaban a una interfaz magnética. Cada módulo o bloque tenía una función, por ejemplo: batería, cámara, bocina, etc. Si algún bloque llegaba a descomponerse o ser obsoleto entonces sería necesario reemplazar solo esa parte y no todo el dispositivo. A pesar de que el proyecto ha sido cancelado se pudo obtener un amplio conocimiento de las ventajas de la tecnología modular como resistencia a la economía lineal, la obsolescencia programada y como una estrategia para la reducción de desechos difíciles de reciclar [7].

## Desarrollo de prototipo

### *Diseño y manufactura del prototipo*

Para realizar el diseño y manufactura del prototipo de armazón se realizó una comparación de materiales considerando sus propiedades mecánicas y térmicas.

La tabla comparativa cuenta con los materiales más populares utilizados en la impresora 3D FDM (Modelado por Deposición Fundida), dando como resultado el ABS, PLA, PETG, TPU y HIPS. En la tabla 1 se muestra una breve descripción, características y aplicaciones de estos materiales, información que será de utilidad al momento de realizar la toma de decisión del material a utilizar. La *tabla*

1 *Lista de materiales* se encuentra en la información complementaria [8][9].

Una vez que se conocen los materiales más populares para la realización de prototipos por impresión 3D, se llevó a cabo una comparación de las propiedades mecánicas y térmicas de los mismos, debido a que se requiere un prototipo a nivel funcional al cual se le realizarán pruebas de resistencia y calidad para que sea lo más cercano a un producto final. En la *tabla 2* se muestran las propiedades consideradas para su análisis y se puede encontrar en la información complementaria.

Para seleccionar el material a utilizar se realizó una tabla ponderada considerando dos tipos de criterios: obligatorios y deseados.

Como criterios obligatorios se consideran:

- Dureza
- Resistencia a la flexión
- Biodegradabilidad
- Costo  $\leq$  \$4.50 M X 4m

Como criterios deseados se consideran:

- Alargamiento a la rotura
- Alargamiento a la deformación

En la tabla 3 y 4 se muestra el análisis de los materiales respecto a los criterios obligatorios y deseado respectivamente:

*Tabla 3 Criterios obligatorios*

<b>Criterios Obligatorios</b>	<b>1 ABS</b>	<b>2 PLA</b>	<b>3 PETG</b>	<b>4 TPU</b>	<b>5 HIPS</b>
Dureza	341	627	-	95	-
Resistencia a la flexión Mpa	65	103	68	4.3	40
Biodegradable	No	Sí	No	Sí	Sí
Costo $\leq$ \$4.50 M X 4m	\$ 4.79	\$ 3.39	\$ 4.49	\$ 4.49	\$ 4.59

*Tabla 4 Criterios deseados*

<b>Criterios Deseados</b>	<b>Peso</b>	<b>2 PLA</b>	<b>4 TPU</b>
Dureza	10	10	1.52
Resistencia a la flexión Mpa	8	10	0.4
Biodegradable	10	10	10
Costo $\leq$ \$4.50 M X 4m	9	10	7.6
Alargamiento a la rotura	8	10	4
Alargamiento a la deformación	7	9	7
Coficiente de expansión térmica	5	10	7

El proceso de diseño se realizó en el software Catia y se ha considerado como criterio de mayor relevancia que el prototipo cumpla con la función de ser modular. En la figura 1 se muestra la base del armazón.

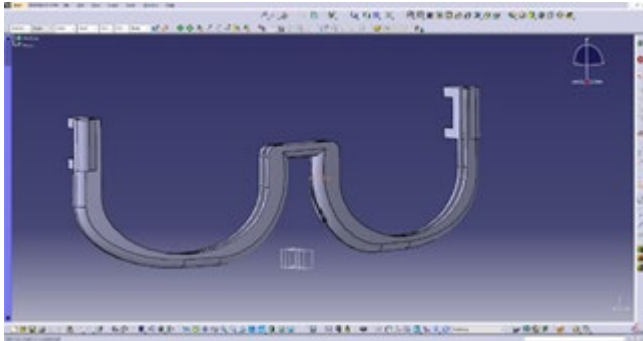


Fig. 1 Prototipo de marco, puente y talón del armazón en CATIA

Para elaborar el prototipo se consideraron dos métodos de manufactura: corte láser e impresión 3D y se compararon ambos métodos para seleccionar el proceso a utilizar. En la tabla 5 Comparación de corte láser e impresión 3D ubicada en la información complementaria se muestra la comparación realizada entre ambos procesos, considerando como factores importantes la contaminación, el tiempo y el costo.

Pruebas de resistencia mecánica y de calidad del prototipo se analizaron en el software CATIA. Las pruebas de resistencia aplicadas sobre el prototipo evalúan el material aplicado. Se aplicó un análisis estructural donde se determinó la constante de elasticidad y fragilidad al aplicar una presión de 15 KPa. Dado que las varillas y talón generan una figura de brazo la sección de unión resulta ser quebradiza al punto de deformarse por completo a la distancia de 0.0006m. El resto del armazón puede tolerar una fuerza aplicada de 5N sin sufrir ninguna deformación. En la figura 2 se muestra la manera en la que CATIA evalúa las zonas de riesgo.

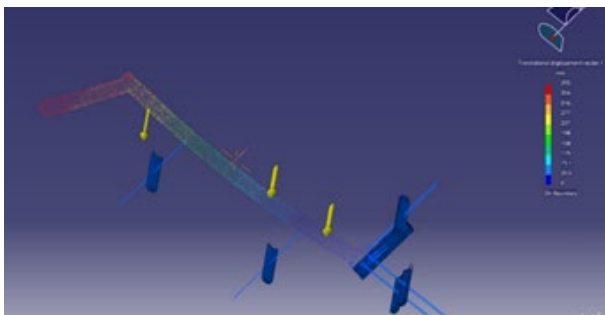


Fig. 2 Pruebas de resistencia y calidad en CATIA

Las pruebas de calidad realizadas sobre el prototipo se enfocan en la funcionalidad modular. Se ejecutó una prueba de elementos finitos sobre el ensamble de las varillas con el talón para encontrar alguna falla durante dicho proceso. El prototipo no presentó ninguna deformación dentro de un margen de 100 experimentos, por lo que aprobó la prueba de manera satisfactoria. Otras pruebas realizadas se enfocaron en analizar la facilidad del ensamble y la resistencia a caídas.

### Diseño de cadena de suministro

Debido a la naturaleza del proyecto, la cadena de suministro está enfocada a funcionar de manera circular, de tal manera que el armazón regrese al proceso de producción y se cumpla con el objetivo de la economía circular. Por lo tanto, la cadena de suministro debe seguir el siguiente proceso para que sea eficiente:

- Manufactura del armazón.
- Intermediarios.
- Cliente final.
- Reparación.
- Recolección.
- Remanufactura.

La cadena de suministro diseñada está conformada por cinco elementos fundamentales para estar en el mercado y, a su vez, para que el producto final, una vez terminada su vida útil, regrese para ser remanufacturado. En la figura 3 se muestra la cadena de suministro circular:



Fig. 3 Cadena de suministro propuesta

### Factibilidad de mercado

Se llevó a cabo un focus group para dar a conocer el armazón propuesto al mercado y obtener retroalimentaciones para conocer la aceptación que los clientes potenciales tienen de este mediante un cuestionario.

Durante el focus group se mantuvo una conversación entre moderadores y participantes y se les dio la oportunidad a los presentes de manipular el prototipo. Como evidencia se tiene una grabación para analizar cada respuesta otorgada por parte de los participantes.

### Factibilidad financiera

Se utilizó el complemento XLRISK de simulación de Montecarlo para realizar proyecciones financieras y análisis de riesgo, y a su vez, conocer el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo de recuperación (PRI) para evaluar la factibilidad financiera del proyecto. Para elaborar las proyecciones financieras se siguió la estructura mostrada en la figura 4, la cual considera las fuentes de financiamiento, proyecciones financieras, costos de operación y utilidades.

Armazón para lentes modulares						
<b>Inversión Inicial</b> \$ 75,366.43						
<b>Financiamiento</b>						
<b>CALCULO DE COSTO CAPITAL</b>						
	FUENTES	MEZCLA	TASA BRUTA	DEDUCIBLE DE IVA/TASA NETA	T.PONDERADA	
SOCIOS	\$ 26,378.25	35.00%	10.00%	0.00%	3.50%	
FINANCIAMIENTO	\$ 48,988.18	65.00%	15.00%	30.00%	10.5%	
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 75,366.43</b>	<b>100%</b>			<b>COSTO DE CAPITAL: 10.33%</b>	
<b>Amortización</b>						
	CAPITAL INICIAL	PAGO CAPITAL	INTERES	PAGO TOTAL	SALDO FINAL	
1	\$ 48,988.18	\$ 12,247.04	\$ 7,348.23	\$ 19,595.27	\$ 36,741.13	
2	\$ 36,741.13	\$ 12,247.04	\$ 5,311.17	\$ 17,558.22	\$ 24,494.09	
3	\$ 24,494.09	\$ 12,247.04	\$ 3,674.11	\$ 15,921.16	\$ 12,247.04	
4	\$ 12,247.04	\$ 12,247.04	\$ 1,837.06	\$ 14,084.10	\$ 0	
<b>Proyección Financiera</b>						
<b>Años</b> 0 1 2 3 4 5 6						
<b>INVERSION</b> \$ 75,366.43						
<b>INGRESOS</b>						
	Precio de Venta	\$ 800.00				
Armarzones (piezas)	542	624	642	592	298	498
Ventas anuales	\$ 434,720.07	\$ 434,720.07	\$ 434,720.07	\$ 434,720.07	\$ 434,720.07	\$ 434,720.07
Costo de Venta	\$ 163,016.28	\$ 163,016.28	\$ 163,016.28	\$ 163,016.28	\$ 163,016.28	\$ 163,016.28
<b>Utilidad de ventas</b>	<b>\$ 271,693.80</b>	<b>\$ 271,693.80</b>	<b>\$ 271,693.80</b>	<b>\$ 271,693.80</b>	<b>\$ 271,693.80</b>	<b>\$ 271,693.80</b>
<b>COSTO OPERACIÓN</b>						
Salario	\$ 216,000.00	\$ 216,000.00	\$ 216,000.00	\$ 216,000.00	\$ 216,000.00	\$ 216,000.00
Renta	\$ 36,000.00	\$ 36,000.00	\$ 37,000.00	\$ 39,000.00	\$ 41,674.50	\$ 43,758.23
Luz	\$ 1,043.39	\$ 1,123.59	\$ 1,143.09	\$ 1,092.39	\$ 798.13	\$ 993.31
Agua	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
Publicidad	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00
Seguros	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Mantenimiento	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 288,043.39</b>	<b>\$ 288,123.59</b>	<b>\$ 289,943.09</b>	<b>\$ 291,782.39</b>	<b>\$ 293,472.63</b>	<b>\$ 295,751.53</b>
<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>	<b>\$ 146,666.69</b>	<b>\$ 146,586.48</b>	<b>\$ 144,767.98</b>	<b>\$ 142,927.69</b>	<b>\$ 141,237.45</b>	<b>\$ 138,958.54</b>
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>						
UT ANTAS DE IMPUESTOS	\$ 14,162.79	\$ 14,162.79	\$ 14,162.79	\$ 14,162.79		
IMPUESTOS	\$ 132,503.96	\$ 132,423.76	\$ 130,605.26	\$ 128,794.96	\$ 141,237.45	\$ 138,958.54
<b>IMPUESTOS</b>	<b>\$ 39,791.19</b>	<b>\$ 39,727.13</b>	<b>\$ 39,181.58</b>	<b>\$ 38,629.49</b>	<b>\$ 42,377.23</b>	<b>\$ 41,687.56</b>
<b>UT FINAL NETA</b>	<b>\$ 75,366.43</b>	<b>\$ 92,752.77</b>	<b>\$ 92,896.63</b>	<b>\$ 91,423.68</b>	<b>\$ 90,135.47</b>	<b>\$ 87,270.98</b>
<b>TIR</b> 122%						
<b>VPN</b> \$297,503.76						
<b>T.Rec</b> 0.2533293						

Fig. 4 Aspectos financieros usados en XLRISK

Como parte del plan de negocios se consideran conceptos como: financiamiento, gastos fijos y variables, e inversión inicial. Se consideran salarios, costo de servicios, inversión inicial con compra de maquinaria, gastos preoperativos y necesarios para trámites legales y una proyección de ventas que emplea una distribución triangular. Se considera también el pago de impuestos y del financiamiento. Para el costo de venta se utilizó el promedio de consumo eléctrico de una impresora 3D en kilowatts (KW) por hora, el precio por KW de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad y el costo del filamento PLA como materia prima. El precio de venta se ha obtenido de resultados del focus group. Tanto los costos como las ventas presentan un aumento del 5% en cada año para simular de manera más real el alza en la inflación y el aumento de las ventas conforme se posiciona el producto en el mercado. Se consideraron como variables de salida el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno, Periodo de Recuperación de la Inversión. Dichas variables se graficarán. Los resultados se obtendrán automáticamente utilizando las herramientas del programa XLRISK, donde se analizarán diez mil escenarios simulados con diferente probabilidad de ocurrencia; con el propósito de tener un acercamiento más real de escenarios óptimos, pesimistas y favorables en el crecimiento de la organización. Los diez mil resultados diferentes son graficados automáticamente a manera de histograma por XLRISK brindando un valor promedio de las variables a lo largo de los diez mil escenarios analizados con lo que se podrá determinar si el proyecto es o no viable financieramente.

## Resultados y Discusión

Se llevó a cabo el diseño y elaboración del prototipo del armazón, por lo que se realizó una comparación de materiales para la manufactura del prototipo considerando sus propiedades mecánicas y térmicas para concluir que el material factible para el prototipo es el PLA, además de llevar a cabo un proceso de diseño utilizando el software Catia para asegurarse de que el prototipo cumpla con la función de ser modular. Al realizar la comparación de propiedades mecánicas y térmicas, se ha logrado observar que los 6 materiales previamente encontrados cuentan con diversas características, sin embargo, las características fundamentales con las que debe contar el prototipo son las que se observan en la *tabla 3 propiedades mecánicas y térmicas seleccionadas* en la información complementaria. Al realizar las operaciones pertinentes en la tabla ponderada con los criterios deseados, se obtuvo como resultado que el material conveniente para realizar el prototipo fue el PLA, como se observa en la *tabla 4 resultado de la tabla ponderada* en la información complementaria.

Se obtuvo que el proceso de manufactura por utilizar fue impresión en 3D, esto debido a que se pueden utilizar materiales biodegradables para el prototipo, es más económico y rápido el proceso de obtención, se obtuvo con ello un prototipo modular fabricado en PLA que cumple con la función de modularidad, cuenta con varillas que se ensamblan, soporte para la nariz y permite el cambio de micas sin la necesidad de cambiar todo el armazón, además se observa la modularidad en las varillas, el cual mediante el ensamble, podrá repararse de manera sencilla en caso de algún accidente, permitiendo así el ahorro de reparación y gasto de un nuevo armazón para evitar desechar o acumular armazones que no funcionan, también se observa que en el prototipo final con micas rompe con los diseños convencionales y permite que el usuario pueda realizar su cambio de micas sin la necesidad de comprar un nuevo armazón. En la figura 5 se observa el prototipo final.



Fig. 5 Prototipo final

Durante un análisis para la elaboración de la cadena de suministro beneficiosa para el proyecto, se logró enlistar de forma que brinda orden y tiempos óptimos para ser empleada y evitar que se vuelva un desecho el producto final.

- Manufactura del armazón.
- Intermediarios.
- Cliente final.

- Reparación.
- Recolección.
- Remanufactura

Se puede apreciar que a pesar de que todos los pasos son fundamentales, tanto manufactura/remanufactura como recolección serán aquellos pasos que diferencian y le dan un valor agregado al producto final del proyecto, esta diferenciación se deberá a que, entre más armazones recolectados, se logrará una mayor ayuda al ambiente a través de la cadena de suministro circular que se ha propuesto realizar, así evitar un consumo desmedido del producto y el desecho que podría ocasionar.

Mediante una guía de focus group se indagó sobre el tiempo que las personas llevaban utilizando lentes, así como la frecuencia con la que los cambiaban, además de conocer sus preferencias a la hora de adquirir unos nuevos lentes, finalmente se buscaba conocer su percepción hacia el prototipo propuesto en el presente proyecto, saber su disposición de adquirirlo y el precio dispuesto a pagar, con estas tres secciones juntas, se obtuvo una mejor visualización de la percepción que el mercado tendría ante esta idea.

En el focus group se contó con un total de 9 personas entre los 20 y 25 años, en la primera sección se conoció que los participantes han ocupado los lentes en promedio 13 años y rara vez tienen accidentes que han provocado que se dañen considerablemente como caídas, practicar deportes o simplemente porque olvidaron que los tenían y se durmieron con ellos, el 89% de los integrantes guardan sus lentes y el otro 11% lo desecha en un contenedor, un 56% considera que al adquirir unos lentes nuevos es más costosa una mica y un 44% consideran que es el armazón, así como el 100% considera que el diseño del armazón es un factor importante a la hora de tomar una decisión de compra, se preguntó ¿qué características consideran necesarias para un armazón? y las destacables son resistencia, comodidad y diseño.

Sobre la percepción que se tenía del prototipo presentado, se conoció que la idea es del completo agrado del consumidor, sin embargo, el diseño con el que se cuenta no es estéticamente agradable, además de que el 77.7% considera que es fácil armar los lentes, incluso este mismo porcentaje considera que se puede ahorrar dinero con el prototipo propuesto, el 88.8% de los asistentes estarían dispuestos a comprar en su óptica el armazón en caso de que se les ofrezcan entre el rango de 500 a 2500 pesos mexicanos, todos los participantes estarían dispuestos a adquirir el producto si pudieran personalizarlo, entre los comentarios que se obtuvieron respecto a si creían o no que el armazón ayudará a reducir la contaminación ambiental, algunas de las respuestas que se tuvieron fueron las siguientes:

“Sí, considerando el desecho de plásticos utilizados en la producción y reparación de armazones” - Sofia.

“Debatible, puede que se fomente el consumismo y creo que el proceso de producción sea muy caro” -Aldo.

“No, es demasiado llamativo, lo cual aumentaría el consumo de las patitas, también es difícil decir si algo ayuda a la contaminación.” -Luis Octavio.

Finalmente, se preguntó la disposición que tendrían de regresar el armazón para su reciclaje a cambio de un descuento en el próximo armazón, el 77.77% dijo estar muy dispuesto y el 23.33% estaría dispuesto a acceder a regresar su armazón para que sea reciclado.

A continuación, se presentan las gráficas de las preguntas cerradas que se presentaron en el focus group. En esta sección, en la figura 6 se muestra la frecuencia en que los participantes tienen accidentes.

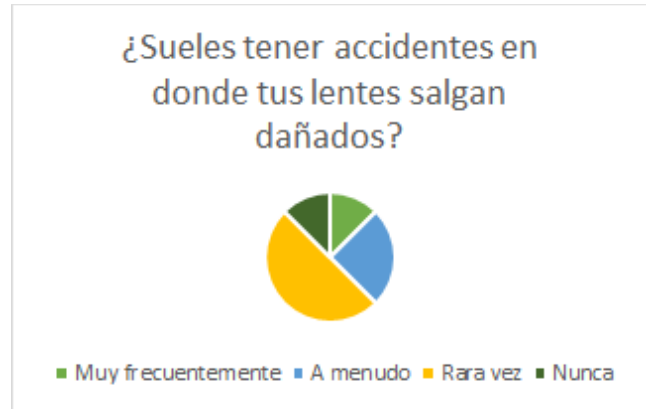


Fig. 6 Pregunta de accidentes

En la figura 7, se puede apreciar que la opción de guardar los lentes dañados es más frecuente.



Fig. 7 Pregunta de acción

En el focus group se apreció que es importante el diseño de un lente cuando se compra, esto se aprecia en la figura 8.



Fig. 8 Pregunta del diseño

En esta sección se recopilaban las características que los participantes consideran importantes en un armazón. En la figura 9 se aprecia que las que destacan son comodidad y resistencia.



Fig. 9 Pregunta de características

Se preguntó la facilidad que los participantes consideraban al armar los lentes propuestos del proyecto, en la figura 10 se aprecia lo que ellos respondieron.

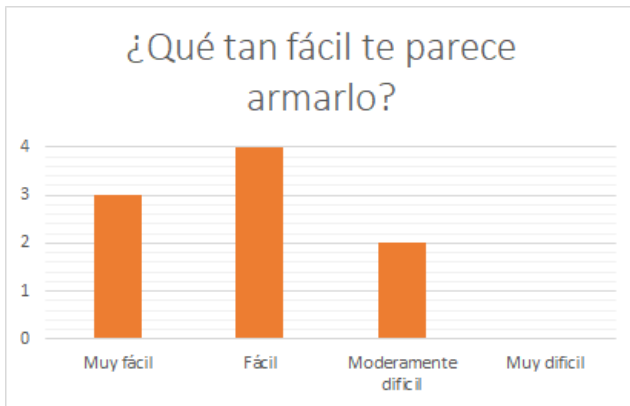


Fig. 10 Pregunta de facilidad

En la figura 11, se presentan las respuestas a cinco preguntas cerradas que consistían únicamente en responder “sí” o “no”, sus resultados son los siguientes.

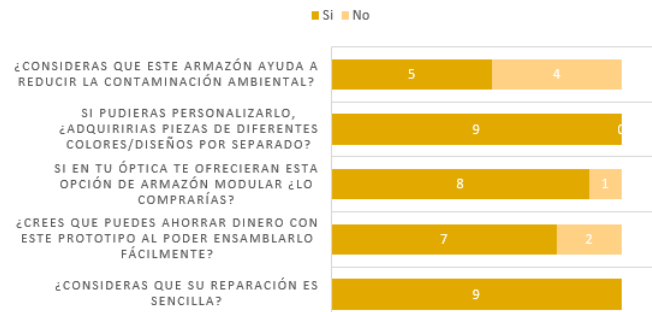


Fig. 11 Preguntas segunda sección

Finalmente se preguntó la disposición que tendrían los participantes en regresar su armazón para reciclaje, a lo que ellos respondieron que sí estarían muy dispuestos. Esto lo apreciamos en la figura 12.



Fig. 12 Pregunta de disposición

Se ha utilizado el software de XLRISK para determinar si el proyecto es viable. Como se detalló con anterioridad dentro del proyecto se analizaron tres variables de salida, el Valor Presente Neto (VPN, la Tasa Interna de Recuperación (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

Las tres variables de salida se han graficado y se han simulado en diez mil escenarios posibles para determinar la factibilidad del proyecto en un escenario conservador, uno optimista y pesimista con una distribución triangular en venta de armazones. Los resultados promedio de las variables de salida son: VPN de \$205,034.86, TIR de 114.4% y un tiempo de recuperación de 2.03 años. Los escenarios se han graficado a manera de histograma y se presentan en las siguientes imágenes.

La primera variable de salida es la Tasa Interna de Retorno (TIR) donde se obtuvo un valor promedio y más probable de suceder de 114.4%, un valor mínimo de -83.59% mostrando el peor escenario posible bajo las condiciones actuales de la simulación y un valor máximo de 311.05%, correspondiente al mejor escenario posible, como se muestra en la figura 13.

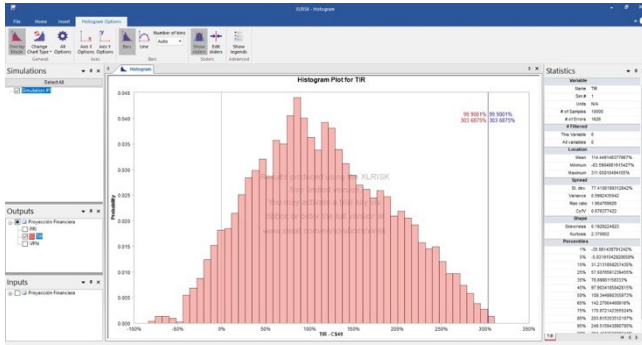


Fig. 13 Tasa Interna de Retorno

La segunda variable corresponde al Valor Presente Neto (VPN), valor que refleja si el proyecto nos dará una ganancia o una pérdida. Como valor promedio se obtuvo \$205,034.86. En el peor de los escenarios se obtuvo una pérdida de \$451,250.67 y como valor máximo un VPN de \$852,426.21, como se muestra en la figura 14.

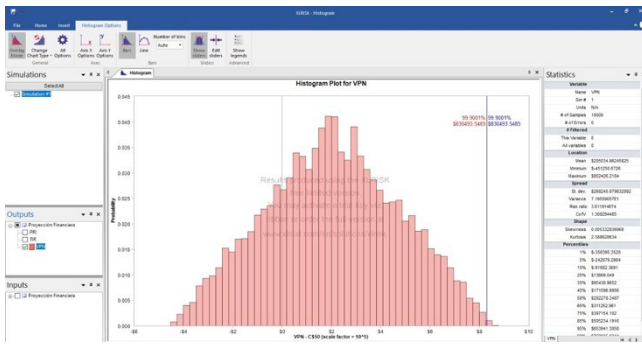


Fig. 14 Valor Presente Neto

La tercera variable es el Tiempo de recuperación de la inversión inicial representado en años. En esta variable de salida se considera un menor tiempo de recuperación como un mejor indicador, a diferencia de las otras dos variables de salida. Como valor más probable de suceder se obtuvo como tiempo de recuperación 2.03 años. Como valor máximo 6,387 años y como valor mínimo -0.08 años, ambos escenarios con muy poca probabilidad de ocurrencia, como se muestra en la figura 15.

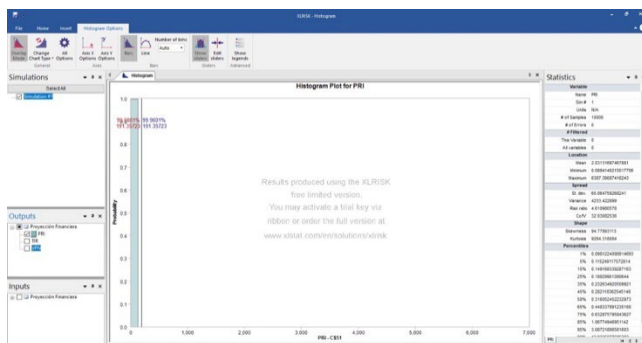


Fig. 15 Tiempo de recuperación

### Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Se concluyó que el material que se presentó para la realización del presente proyecto no es factible, ya que se necesita de un material más resistente para que este pueda cumplir con sus finalidades, sin embargo, utilizar PLA fue útil para observar una perspectiva completa del modelo en cuestión e identificar que el diseño cumple con el propósito del proyecto de ser modular.

De manera similar en la propuesta de cadena de suministro se cumple con los requisitos de economía circular ya que se está trabajando en un producto cuyo material se esté remanufacturando, con el fin de alargar el ciclo de vida del producto final y de los materiales a utilizar, la cadena de suministro busca no solo la satisfacción del cliente sino la concientización para el cuidado del ambiente y que los materiales a trabajar son elegidos cuidadosamente para un proceso de remanufactura eficiente. En la estrategia para promover el producto se determinó que los intermediarios destacan la parte de diseño del producto sobre el cliente final para sentirse interesado y atraído en aceptar la nueva propuesta de armazones modulares sobre los convencionales, por ello durante el proceso de compra se les explicará el concepto del producto.

Con base en los resultados obtenidos en el software de análisis de riesgo XLRISK se concluye que el proyecto es viable financieramente ya que presenta una ganancia en los primeros 5 años, esta proyección se ha simulado en diez mil escenarios con diferentes probabilidades de ocurrencia para asegurar el éxito del proyecto.

Finalmente se puede decir que el presente proyecto logró un prototipo disruptivo que permite que la experiencia del consumidor sea distinta respecto de su relación habitual con lentes convencionales, mejorando su economía y estilo de vida, además de aportar a la disminución de la contaminación ambiental por plásticos al estar orientados a su remanufactura y su modularidad.



## Referencias

1. Rivas M. y Ornela G. **Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México**. Heinrich Böll Stiftung (ING, México). <https://mx.boell.org/es/2021/03/10/impacto-de-la-contaminacion-por-plasticos-en-la-biodiversidad-y-patrimonio-biocultural> (Activo Febrero de 2022).
2. Garrido, X. **Óptica y reciclaje**. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 2021. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342793/TFG\\_Xavier%20Garrido%20Exposito.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342793/TFG_Xavier%20Garrido%20Exposito.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Activo Febrero de 2022)
3. S/A (Redacción). **Dificultad para realizar actividades cotidianas**. Data México (IG, México). <https://datamexico.org/es> (Activo Marzo de 2022).
4. Fernández, J. **¿Cómo repensar la fabricación en una economía circular? - Curso básico de economía circular para la Ciudad de México**. SEDEMA (IG, México). <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/cursoeconomia/login/index.php> (Activo Diciembre de 2021).
5. Weinberger, K. **Plan de negocios. Herramienta para evaluar la viabilidad de un negocio**. *USAID/PERU/MYPE COMPETITIVA*. 2017. <https://www.nathaninc.com/wp-content/uploads/2017/10/LIBRO-PLAN-DE-NEGOCIOS-2.pdf> (Activo Marzo 2022).
6. S/A (Redacción). **Gafas para niños indestructibles y flexibles**. Nanovista (ING, España). <https://nano-vista.com/> (Activo Marzo 2022).
7. Hankammer, S; Jiang, R; Kleer, R; Schymanietz, M. **From Phoneblocks to Google Project Ara. A Case Study of the Application of Sustainable Mass Customization**. *Elsevier*, 2016. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212827116303973?token=C74D7329FBE4B767C7BAA469C99324FBCC7824EA514A797DA624D416C2E8F5160FEDD5F3D3BDA253642A96B7462FD531&originRegion=us-east-1&originCreation=20220422211015> (Activo Marzo 2022).
8. (S/A) (Redacción). **Ficha de datos técnicos TPU 95A**. Ultimaker (ING). <https://jimdo-storage.global.ssl.fastly.net/file/4fd1cf10-5a87-4703-947e-96540a5aa56b/TDS%20TPU%2095A%20v3.010-spa-ES.pdf> (Activo Marzo de 2022).
9. Gómez, E. **Análisis de la resistencia a la fatiga ultrasónica del plástico industrial ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)**. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 2013. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/5498](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/5498)

**Información Complementaria**

Tabla 1 Lista de materiales

Material	Descripción	Características	Aplicaciones
ABS (acrilonitrilo butadieno estireno).	Polímero amorfo procedente de la emulsión o polimerización en masa de acrilonitrilo y estireno en presencia de polibutadieno.	Tenaz y duradero. Resistente a impactos y al calor. Necesita una plataforma caliente para imprimirse,	Prototipos funcionales.
PLA (ácido poliláctico).	Termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar.	Los materiales de modelado por deposición fundida más fáciles de imprimir. Rígidos, fuertes pero frágiles. Menos resistentes al calor y a los productos químicos. Biodegradables. Inodoros.	Modelos conceptuales. Prototipos estéticos.
PETG (tereftalato de polietileno glicolizado)	Es el copolímero más famoso y utilizado en el mundo de la impresión. Combinación de PET con glicol. Mejora las propiedades del PET con un proceso de glicolizado.	Compatible con temperaturas de impresión más bajas para una producción más rápida. Resistentes a la humedad y a los productos químicos. Alta transparencia. Puede ser apto para la alimentación.	Aplicaciones impermeables. Componentes de fijación mediante presilla.
TPU (Poliuretano termoplástico).	Copolímero en bloque que consta de secuencias alternas de segmentos duros y blandos. Su adaptabilidad responde a la presencia tanto de segmentos duros como blandos en su composición química.	Flexible y estirable. Resistente a impactos. Excelente amortiguación de vibraciones.	Prototipos flexibles.
HIPS (poliestireno de alto impacto).	Polímero termoplástico basado en una mezcla de poliestireno y caucho de polibutadieno. Más duro y resistente a los impactos.	Material de soporte soluble que se usa a menudo con ABS. Se disuelve en limoneno químico.	Material para soportes.

Tabla 2 Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales

Propiedades Mecánicas	ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno)	PLA (Ácido polilactico)	PETG (Tereftalato de polietileno glicolizado)	TPU (Poliuterano termoplástico)	HIPS (Poliestireno de alto impacto)
Módulo de elasticidad a la tracción	2300 MPa	2346.5 MPa	2027 MPa	26 MPa	2000 Mpa
Esfuerzo de tracción a la deformación	45 MPa	49.5 MPa	-	8.6 MPa	-
Esfuerzo de tracción a la rotura	-	45.6 MPa	-	39 MPa	-
Alargamiento a la deformación	10%	3.3 %	54%	55%	-

Alargamiento a la rotura	-	5.2 %	228%	580%	20 - 65%
Resistencia a la flexión	65 MPa	103.0 MPa	68 MPa	4.3 MPa	40 MPa
Módulo de flexión	2551 MPa	3150.0 MPa	2075 MPa	78.7 MPa	2100 MPa
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C)	26 kJ/m <sup>2</sup>	5.1 kJ/m <sup>2</sup>	11.5 kJ/m <sup>2</sup>	34.4 kJ/m <sup>2</sup>	180 J/m
Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)	22 kJ/m <sup>2</sup>	-	10 kJ/m <sup>2</sup>	-	17 kJ/m <sup>2</sup>
Dureza	341 HB	627 HB	-	95 A	-
<b>Propiedades Térmicas</b>	<b>ABS</b> (Acrilonitrilo butadieno estireno)	<b>PLA</b> (Ácido poli láctico)	<b>PETG</b> (Tereftalato de polietileno glicolizado)	<b>TPU</b> (Poliuretano termoplástico)	<b>HIPS</b> (Poliestireno de alto impacto)
Índice de fluidez (MFR)	6.5 g/10 min	6.09 g/10 min	8 g/10 min	15.9 g/10 min	6.0g/10 min
Deformación térmica (HDT) a 0,455 Mpa	80°C	-	170°C	74 °C	75 2/A °C
Deformación térmica (HDT) a 1,82 Mpa	92°C	-	-	49°C	75 2/A °C
Transición vítrea	-	60°C	-	-24°C	85 - 105 °C
Coefficiente de expansión térmica	0.8-1.1 E-4/°C	-	6.8 K-1 x 10-5	100.10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	parallel 1/°C = 1,0 E <sup>-04</sup>
Temperatura de fusión	240°C	145-160°C	260°C	220 °C	-
Contracción térmica	-	-	220-250°C	-	0,4% - 0,7%

Tabla 3 Propiedades mecánicas y térmicas seleccionadas

<b>Propiedades Mecánicas</b>	<b>ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno)</b>	<b>PLA (Ácido poliláctico)</b>	<b>PETG (Tereftalato de polietileno glicolizado)</b>	<b>TPU (Poliuretano termoplástico)</b>	<b>HIPS (Poliestireno de alto impacto)</b>
Alargamiento a la deformación	10%	3.3 %	54%	55%	-
Alargamiento a la rotura	-	5.2 %	228%	580%	20 - 65%
Resistencia a la flexión	65 MPa	103.0 MPa	68 MPa	4.3 MPa	40 MPa
Dureza	341 HB	627 HB	-	95 A	-
<b>Propiedades Térmicas</b>	<b>ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno)</b>	<b>PLA (Ácido poli láctico)</b>	<b>PETG (Tereftalato de polietileno glicolizado)</b>	<b>TPU (Poliuretano termoplástico)</b>	<b>HIPS (Poliestireno de alto impacto)</b>
Coeficiente de expansión térmica	0.8-1.1 E-4/°C	-	6.8 K-1 x 10-5	100.10^-6 °C^-1	parallel 1/°C = 1,0 E ^-04

Tabla 4 Resultado de la tabla ponderada

<b>2 PLA</b>	<b>4 TPU</b>	
100	15.15	
80	3.34	
100	100.00	
90	67.95	
80	32.00	
63	49.00	
50	35.00	
<b>563.00</b>	302.44	Total ponderado

<b>La alternativa que conviene es:</b>	<b>2 PLA</b>
--	--------------

*Tabla 5 Comparación de corte láser e impresión 3D*

<b>Factor</b>	<b>Corte láser</b>	<b>Impresión 3D</b>
Contaminación	Gases tóxicos al cortar plásticos	PLA- Biodegradable ABS- Contaminante
Tiempo	3-5 días	5 hrs
Costo	\$7.00 minuto	\$1.20 minuto