



Universidad Nacional de Rosario



Centro de Estudios Interdisciplinarios

Especialización en Gestión de la Innovación y la Vinculación Tecnológica.

Trabajo Integrador Final.

Título.

**“Diseño y Desarrollo de Monturas Aéreas para Anteojos Recetados.
Atención de la salud visual de personas sin servicio social a través del
Servicio de Óptica Social del Instituto Politécnico Superior Gral. San
Martín, de la Universidad Nacional de Rosario.”**

Autor.

TUPE. Sergio Mauricio Cuello.

Director.

Mg. Ing. Juan Alberto Farina.

Octubre 2023.

ÍNDICE

	Pag.
1. Resumen.	3
2. Introducción.	5
3. Justificación.	8
4. Relevamiento de antecedentes.	9
5. Planteo del problema.	11
5. Objetivos.	13
7. Aspectos teóricos.	13
8. Aspectos metodológicos.	15
9. Plan de trabajo: cronograma y presupuesto.	16
10. Desarrollo del producto.	17
10.1. Relevamiento de características de diseño, ópticas, ergonómicas y funcionales.	17
10.1.1. Antecedentes.	17
10.1.2. Características generales del producto.	18
10.2. Materiales disponibles, propiedades y aplicaciones.	21
10.3. Diseño y optimización de los modelos.	25
10.3.1. Modelos y prototipos conceptuales.	25
10.3.2. Modelos y prototipos funcionales.	26
10.4. Evaluación de los resultados.	31
10.4.1. Aspecto visual.	31
10.4.2. Ergonomía.	31
10.4.3. Durabilidad.	31
11. Proceso y planificación de la producción.	32
11.1. Recursos.	32
11.2. Producción.	35
11.3. Estructura productiva.	38
11.3.1 Diagnóstico organizacional.	38
11.3.2. Propuesta organizacional.	41
12. Fuentes de financiamiento.	48
12.1 Fuentes de financiamiento locales.	49
12.2 Fuentes de financiamiento regional / provincial / nacional.	49
12.3 Fuentes de financiamiento internacionales.	50
13. Bibliografía.	51

1. Resumen.

Esta propuesta de trabajo surge de la necesidad de fortalecer los servicios sociales, prestados desde la Universidad Nacional de Rosario a través del departamento de Óptica del Instituto Politécnico Superior "General San Martín" en la asistencia de personas con dificultades visuales que no cuentan con servicio social.

Los servicios sociales que la Universidad Nacional de Rosario brinda a través del Departamento de Óptica del Instituto Politécnico a personas que no cuentan con asistencia social, tienen una historia de más de 40 años, a lo largo de los cuales se han sostenido con el aporte y el esfuerzo de la comunidad educativa.

El trabajo que se presenta a continuación, ha desarrollado una propuesta innovadora para proveer desde la propia institución, un insumo crítico para poder prestar un servicio de calidad a los beneficiarios.

Se trata del desarrollo para la producción por fabricación aditiva SLA de una montura para anteojos aéreos de cualidades únicas que permite adaptarse a un alto porcentaje de usuarios con diferentes fisonomías, y adaptables para dar solución a distintas patologías visuales, utilizando equipos propios de la Universidad Nacional de Rosario.

El presente trabajo se desarrolló en dos ámbitos de gestión, por un lado la gestión para el desarrollo técnico del objeto propuesto que abarca el conjunto de procesos, actividades y tareas que se llevan a cabo para planificar, coordinar y ejecutar la creación del producto. Esta gestión se enfocó en asegurar el desarrollo técnico del objeto de manera eficiente, efectiva y siguiendo las metas y requisitos establecidos. Así también, en la medida que se avanzaba en el desarrollo se introdujeron modificaciones que superaron las metas establecidas al inicio del proyecto. En este documento se describen las actividades realizadas durante el proceso de desarrollo y los resultados obtenidos en el mismo.

Por otro lado, el trabajo propone una estructura de gestión sostenible del espacio productivo en referencia a todas las actividades, estrategias y procesos necesarios para mantener de manera eficiente y efectiva un ambiente de trabajo e instalaciones donde se desarrollen actividades productivas para la fabricación de las monturas entre otras actividades afines a las tecnologías empleadas para su fabricación. Esto incluye no solo la operación continua de la producción, sino también la mejora constante de los procesos y el bienestar de las personas involucradas.

El desarrollo, comenzó con el diseño y la optimización geométrica de las monturas ajustadas a los parámetros ópticos necesarios, luego se realizaron prototipos con los que se evaluaron las características ergonómicas y finalmente se determinó, en base la cantidad de servicios a brindar, la programación de la producción, los recursos necesarios y se determinaron los costos para una producción anual.

Con la finalidad de sostener la producción y provisión de las monturas al Servicio de Óptica Social, se planteó la creación e institucionalización del “Programa de Investigación, Desarrollo y Capacitación en Fabricación Digital - Tecnología Industrial 4.0 (PIDCFD - TI4.0),” en vista de la necesidad de formalizar espacio que posibilite con estructura propia y personal abocado a la producción de objetos fabricados con tecnologías digitales entre otras actividades.

A su vez se propusieron fuentes de financiamiento tanto para el inicio de las actividades productivas como para su sostenimiento. Se identificaron posibles fuentes de financiamiento para continuar con el sostenimiento del proyecto con fondos que sean específicos, a tal fin, en lugar de depender de presupuestos de la partida de fondos general de la Universidad.

Para la consecución de los resultados aquí expresados se trabajó mancomunadamente con docentes del Departamento de Óptica del Instituto Politécnico “General San Martín” de la Universidad Nacional de Rosario.

2. Introducción.

La reforma universitaria del año 1918 consagró entre las actividades universitarias la Extensión y el Compromiso con la Sociedad. En este mismo sentido la Universidad Nacional de Rosario, incluye las actividades extensionistas en el Capítulo 3 de su estatuto, y a los efectos de jerarquizarla propone en el Artículo 84, *“el desarrollo de programas y proyectos que se integren en distintas áreas:*

- a) Desarrollo social y promoción comunitaria*
- b) Desarrollo cultural*
- c) Vinculación y Transferencia Tecnológica*
- d) Comunicación social*
- e) Editorial.”*

A su vez, en el artículo 85 del estatuto se promociona *“la participación de los alumnos, graduados y demás miembros de la comunidad universitaria en actividades de Extensión, tanto sea mediante el desarrollo académico de una cátedra específica, como por programas o proyectos generados en otros organismos y dependencias universitarias.”*

Por otro lado la ordenanza 701/14 de Consejo Superior, “Reglamento General de Departamentos para los Institutos Preuniversitarios”, regula las actividades de los mismos, asigna a éstos las siguientes funciones extensionistas.

“ARTÍCULO 4º. Funciones de extensión. En materia de asistencia cultural, científica y técnica a la comunidad tendrán las siguientes funciones:

- a) Considerar las problemáticas relacionadas con la disciplina o área del conocimiento del Departamento y la comunidad y proponer medios de acción.*
- b) Prestar asistencia técnica, cultural o científica, dentro de sus posibilidades.*
- c) Efectuar publicaciones y dictar cursos y conferencias de divulgación cultural, científica y técnica.”*

Por su parte, el Departamento de Óptica del Instituto Politécnico Superior (IPS) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), lleva más de 40 años brindando el servicio social de proveer anteojos aéreos con lentes recetadas a personas

de bajos recursos o que no cuentan con servicio social, tal como se detalla en la descripción de esta actividad aunque, con datos no actualizados, en el website del Instituto Politécnico Superior, ([https://www.Instituto Politécnico Superior.edu.ar/optica](https://www.Instituto_Politecnico_Superior.edu.ar/optica)). Estos anteojos son confeccionados por estudiantes de la carrera de Técnico/a Universitario/a en Óptica, coordinados por docentes. Esta modalidad hace que las prácticas pre profesionales del estudiantado sean de relevancia social.

En conversaciones mantenidas con docentes del Departamento de Óptica se tomó conocimiento de que si bien estas prácticas son curriculares, históricamente no han contado con la debida atención institucional, en cuanto a la provisión de los insumos necesarios para su realización, tanto es así que, en la mayoría de las ocasiones, son las y los estudiantes y/o las personas beneficiarias quienes deben suministrar los materiales para la confección de los anteojos recetados, principalmente las monturas aéreas.

Las monturas aéreas comerciales para anteojos recetados, se suministran en una gran variedad de materiales, modelos y colores. Cuando una persona beneficiaria, accede a través de la compra a una montura aérea sin mediar asesoramiento profesional, muchas veces se llega a complicar o incluso imposibilitar la práctica del estudiantado durante el armado de los anteojos aéreos, ya que por ejemplo sucede, que la montura seleccionada no resulta adecuada para una lente de la graduación óptica recetada, o que la montura no resulta de lo más adecuada para las características faciales de la persona beneficiaria, o que por su calidad constructiva, componentes y/o materiales resulta baja su durabilidad, etc.

Inconvenientes aún mayores se presentan cuando las personas beneficiarias acceden a monturas aéreas usadas, ya sea a modo personal o a través de colectas o donaciones, ya que agrega la necesidad de limpieza y desinfección de éstas, antes de comenzar a confeccionar los anteojos, a fin de intentar evitar la posibilidad de transmisión de alguna enfermedad infecto contagiosa que pudiera afectar tanto a la persona beneficiaria como a algún miembro del equipo del Servicio de Óptica Social (SOS), claro está, sin poder garantizar que

eso suceda. Muchas veces además es necesario realizar ajustes o reparaciones sobre las monturas que no siempre resultan exitosas.

Por otro lado, una gran variedad de materiales y geometrías de monturas aéreas hacen que el tallado de las lentes deba adaptarse no sólo a las características faciales de cada persona beneficiaria, sino también a los distintos contornos de los distintos marcos de las monturas aéreas, lo que lentifica el proceso de armado de los anteojos, limitando la cantidad personas con posibilidad de acceder a la atención.

Esto lleva a pensar en la necesidad **diseñar, y desarrollar una montura aérea para anteojos recetados**, dotada de ciertas cualidades que permitan adaptabilidad al mayor porcentaje posible de personas, tanto adultas como infancias, de acuerdo a sus características faciales, que utilice materiales de calidad, que le otorguen un uso confortable y que resulten duraderos, cuya provisión resulte sostenible.

A su vez, en las distintas unidades académicas de la Universidad Nacional de Rosario, se cuenta con recursos, con capacidades técnicas, maquinaria y equipamiento que permitirían el desarrollo y la producción de este tipo de objetos para atender a la demanda del Servicio de Óptica Social.

Entre los recursos disponibles en la Universidad Nacional de Rosario, más relevantes para dar respuesta a un proyecto de estas características, podemos destacar las capacidades de personal, infraestructura, software, hardware y equipos relacionadas con diseño y fabricación tanto sustractiva como aditiva y conformativa, sumados a las capacidades y experticia de los profesionales ópticos y de otras especialidades.

Entre los recursos enumerados en el párrafo anterior, que se pueden utilizar para la fabricación de monturas aéreas para anteojos recetados podemos distinguir entre los ya conocido métodos sustractivos (fresado, torneado, etc) los conformativos (moldeo por inyección, estampado, etc) y los más modernos aditivos Fused Deposition Modeling (FDM), Low Force Stereolithography, (LF-SLA). Con la finalidad de otorgar un carácter técnico innovador, este

proyecto centrará su desarrollo en la utilización de tecnologías de fabricación aditiva, Estereolitografía (SLA), para llevar a cabo los objetivos.

En cuanto al desarrollo y provisión de insumos para la realización de las prácticas curriculares del estudiantado desde la propia institución, esto resulta innovador e inédito para el Servicio de Óptica Social.

3. Justificación.

La planificación de cursos acción para sostener, mejorar y ampliar las capacidades del Servicio de Óptica Social se sustenta tanto en la necesidad de atender a una demanda social, consagrada como actividad universitaria desde la reforma de 1918, como en el imprescindible entrenamiento que el estudiantado debe realizar, confeccionando anteojos aéreos recetados, en cumplimiento del trayecto curricular, como experiencia fundamental para su desarrollo profesional, el que a su vez facilita el acceso a una mejor visión a personas de escasos recursos económicos sin cobertura social.

En las monturas aéreas, las dimensiones del alojamiento de las lentes y su posición relativa al puente, como así también la longitud del puente, guardan una estrecha relación con las facciones como característica de las personas usuarias.

Estas dimensiones, adquieren su relevancia al momento de posicionar el centro óptico de la lente, ya que éste debe coincidir con el centro pupilar de cada persona usuaria. Un modelo "tipo universal" de montura aérea, diseñada en base a parámetros faciales característicos de la población, relevados desde las intervenciones realizadas por el Servicio de Óptica Social, durante los últimos años, permitiría la confección de anteojos aéreos recetados con resultados aceptables para un amplio sector de la población objetivo de modo ágil, confiable y seguro.

4. Relevamiento de antecedentes.

En el año 2017 se presentó un proyecto, a través de la cuarta convocatoria de Proyectos de Vinculación Tecnológica y Desarrollo Productivo, de la Universidad Nacional de Rosario, con la finalidad de proveer monturas aéreas para anteojos recetadas al Servicio de Óptica Social, en el que se pretendía la fabricación de los mismos mediante la técnica de Moldeo por Inyección de Termoplásticos. El proyecto se ejecutó desde principios del año 2018 a principios del año 2019. ([https://www.Instituto Politécnico Superior.edu.ar/proyecto-aprobado-a-los-departamentos-plasticos-y-elastomeros-y-optica.html](https://www.InstitutoPolitécnicoSuperior.edu.ar/proyecto-aprobado-a-los-departamentos-plasticos-y-elastomeros-y-optica.html))

Dicho proyecto logró sentar las bases de diseño de las monturas para su fabricación por moldeo por inyección, definir el material termoplástico a utilizar más adecuado para las características y propiedades que se pretendían conferir al producto final como así también el herramental (moldes y dispositivos) necesario para su producción. Los altos costos del herramental sumado a la abrupta devaluación de la moneda nacional frente al dólar estadounidense (moneda de referencia de los insumos necesarios para la fabricación de herramental y materiales plásticos) ocurrida durante el período de ejecución del proyecto y los limitados recursos presupuestarios que asignaba la mencionada convocatoria, impidieron la concreción del objetivo final planteado en el proyecto.

La característica organizacional distintiva del Instituto Politécnico es sin duda la departamentalización. Ya se ha hecho referencia en la introducción de este trabajo a la Ordenanza 701/14 CS. Es la que regula las actividades de los departamentos. Esta modalidad organizativa, como ventajas, aporta autonomía y agilidad en la toma de decisiones, cuando las mismas no conllevan erogaciones presupuestarias por fuera de lo estipulado en el presupuesto anual y descentraliza parte de la administración. Como contracara, al centrarse el personal docente en las actividades y problemáticas que le son propias a su departamento, se producen situaciones de aislamiento profesional, lo que torna casi imposible la articulación y las colaboraciones en torno a

cuestiones curriculares, extensionistas, de enseñanza y aprendizaje que integren docentes pertenecientes a más de un departamento. Un ejemplo claro de esta situación se dió durante el desarrollo del proyecto de Vinculación Tecnológica mencionado al inicio de este apartado, donde una vez iniciado el mismo la ejecución de la mayor parte las tareas tuvieron que ser realizadas por el Director y Codirector del proyecto ante inasistencia a las convocatorias de trabajo del resto de los participantes.

Desde el punto de vista tecnológico, se conocen experiencias de fabricación de este tipo de objetos utilizando técnicas de fabricación aditiva, tanto a nivel hobbista como comercial como por ejemplo, entre otros, “MIMIC EYEWEAR”, que involucra además el relevamiento de las facciones de cada persona usuaria, aunque con un costo elevado y un extenso plazo de entrega, para los objetivos perseguidos en este proyecto, (https://www.optica2000.com/es_ES/mimic). Además se pueden encontrar una gran cantidad de modelos y proyectos disponibles tanto de modo gratuito como pago en la web, o que circulan por las redes sociales, que no aseguran resultados en cuanto a prestaciones de uso, versatilidad y durabilidad.

Más recientemente, dado los permanentes avances tecnológicos y la disponibilidad de un número cada vez mayor de materiales tradicionales que pueden procesarse por fabricación aditiva, fabricantes de monturas para anteojos aéreos, han incorporado a sus líneas de producción tecnologías impresión 3D Selective Laser Sintering (SLS) capaces de producir estas monturas con materiales como la Poliamida 11, material tradicionalmente utilizado en la fabricación de monturas para anteojos por métodos conformativos. La utilización de monturas aéreas fabricadas por métodos aditivos utilizando materiales tradicionales, posibilitan a los profesionales ópticos, trabajar en los ajustes de los mismos para adaptarlos a las características faciales de las personas usuarias utilizando métodos con los que están familiarizados.

5. Planteo del problema.

La inacción Institucional ante la necesidad de garantizar la provisión de insumos críticos para la realización de las prácticas preprofesionales de modo sostenible, pone en riesgo la formación profesional del estudiantado de la carrera de Técnico/a Universitario/a en Óptica y Contactología (TUOC), (<https://www.ips.edu.ar/tecnico-universitario-en-optica>) o al menos la condiciona haciendo depender las prácticas curriculares de factores externos a la institución. Además, estas condiciones impiden la programación y muchas veces el desarrollo de actividades extensionistas. Por otro lado, vulnera el acceso a la salud visual a personas con escasos recursos o sin cobertura social.

La situación deseada, en la que se pretende posicionar al Servicio de Óptica Social, es la de garantizar con recursos propios, las prácticas curriculares / extensionistas, además de asistir a la creciente demanda social, en la medida de lo posible, con la premisa de favorecer lo formativo sobre lo productivo.

Del relevamiento de antecedentes surge por un lado que si bien la Universidad Nacional de Rosario cuenta con variadas capacidades tecnológicas para lograr producir monturas aéreas para anteojos r] ecetados, las circunstancias económicas, presupuestarias, políticas y gremiales, afectan la realización de proyectos de mediano plazo que requieren de procesos complejos que involucran materiales, equipos, herramental y profesionales de distintas disciplinas, para su concreción. También se puede aseverar que no existe una planificación de cursos de acción que permita dar respuesta a las necesidades aquí planteadas con recursos generados desde la propia Universidad.

Por otro lado, los avances tecnológicos más recientes en tecnologías de fabricación aditiva como la Low Force Stereolithography (SLA) y su disponibilidad dentro de la Universidad Nacional de Rosario nos interpela sobre la posibilidad de utilización de este recurso para la fabricación de monturas para anteojos aéreos recetados de calidad y su provisión al Servicio de Óptica Social a un costo acorde a las prestaciones del producto.

Estas tecnologías, a diferencia del moldeo por inyección, prescinden de la necesidad de contar con moldes específicos para la fabricación de objetos, como así también de la utilización de máquinas y equipos accesorios costosos y de gran tamaño. A su vez se dispone de una variada oferta de resinas con diversas propiedades que podrían utilizarse para la fabricación de monturas para anteojos aéreos.

Desde el punto de vista de una provisión sostenible, se observan inconvenientes provenientes de las asignaciones presupuestarias que la Universidad Nacional de Rosario destina al Instituto Politécnico Superior. Como ejemplo, para el año 2023, el presupuesto total anual del Instituto Politécnico Superior asciende a \$15.000.000 aproximadamente y según los relevamientos realizados en base a las necesidades presupuestarias de las distintas áreas y departamentos, dicha suma apenas alcanzaría para cubrir la compra de herramientas, materiales e insumos de las prácticas obligatorias de los estudiantes de nivel secundario.

En lo aquí expresado, cobran vigencia las palabras de Matus, cuando conceptualiza la planificación, *“como una dinámica de cálculo que precede y preside la acción, que no cesa nunca, que es un proceso continuo que acompaña la realidad cambiante”*.

¿Será posible diseñar y fabricar con tecnología de impresión 3D SLA, monturas aéreas para anteojos recetados que cumplan con los requisitos ópticos y ergonómicos, y proveer al Servicio de Óptica Social para dar respuesta a la demanda actual y conseguir partidas presupuestarias para sostener la iniciativa?

¿Qué recursos se deberán asegurar para el sostenimiento de la provisión de los monturas aéreas al Servicio de Optica Social?

¿Cuáles son las posibles fuentes de financiamiento para la obtención de los recursos necesarios?

6. Objetivos.

General:

Proveer al Servicio de Óptica Social del Instituto Politécnico Superior, monturas aéreas para anteojos recetados producidos con tecnología de fabricación aditiva SLA, a fin de contribuir a dar respuesta a una demanda social específica a personas de bajos recursos y/o sin cobertura social posibilitando la realización del correspondiente trayecto curricular.

Específicos.

- Diseñar monturas aéreas para anteojos recetados en base a las características ópticas y ergonómicas necesarias, que resulte óptima para fabricarse con tecnología aditiva SLA.
- Fabricar prototipos funcionales, para evaluar prestaciones y ajustar el diseño definitivo.
- Documentar el proceso productivo, definir los recursos necesarios, para proveer las monturas aéreas para anteojos recetados al SOS.
- Proponer las fuentes de financiamiento para el sostenimiento del proyecto.

7. Aspectos teóricos.

Los avances tecnológicos en distintas disciplinas como la electrónica, informática y la mecánica de precisión, han posibilitado la fabricación y el control de modernos equipos productivos. Estos desarrollos sumados a la innovación y avances tecnológicos en la producción de materiales sintéticos y sus modos de suministro han revolucionado los métodos tradicionales de fabricación, sustractivos y conformativos, dando lugar a los métodos aditivos.

Estos métodos de fabricación aditiva, en la actualidad, resultan una alternativa a la producción de objetos por métodos tradicionales, por el momento bajo algunas condiciones técnicas o económicas que justifican su utilización frente a los métodos sustractivos o conformativos.

Actualmente, este tipo de tecnologías por lo general, responden satisfactoriamente tanto a producciones de bajo número de artículos como a la producción de artículos personalizados, dos condiciones que son características del proyecto planteado.

Se tomó conocimiento, a través de conversaciones mantenidas con algunos docentes del Departamento de Óptica, que las intervenciones que el SOS realizaba anualmente durante los años previos al inicio de la pandemia COVID-19 desencadenada en el año 2020, promediaron las setecientas aproximadamente. Dentro de ese número de intervenciones anuales, suelen presentarse intervenciones en las que es necesario contar con monturas aéreas que no responden a las características ópticas generales de las monturas estándar, lo que hace necesario contar con monturas con características especiales para adaptarlas al uso de algún beneficiario en particular.

Para la producción de objetos por fabricación aditiva, además del equipo de producción, en la mayoría de los casos, sólo es necesario contar con un modelo tridimensional diseñado mediante un sistema CAD. En consecuencia la modificación geométrica o dimensional de un objeto y la obtención de un nuevo objeto sólo depende de la modificación del archivo CAD y la configuración de los parámetros de impresión del equipo. Esto hace que las tecnologías de fabricación aditiva resulten más ventajosas sobre otros métodos tradicionales de fabricación que por lo general necesitan de herramientas asociadas y/o dispositivos para conseguir el mismo resultado. Por otro lado, la facilidad en la modificación y personalización de los objetos que se fabrican con tecnología aditiva posibilitaría la atención a beneficiarios que demanden características especiales para las monturas de sus anteojos recetados por motivos ergonómicos y/o fisonómicos.

8. Aspectos metodológicos.

A través de consultas con profesionales ópticos se obtendrán las características ópticas, ergonómicas y funcionales que deben poseer las monturas para anteojos aéreos recetados a fin de que los mismos resulten versátiles y con capacidad de adaptación al mayor porcentaje de la población objetivo.

De la investigación sobre las propiedades de los materiales disponibles para la fabricación de objetos por SLA, se definirán el o los materiales más adecuados para la fabricación de monturas para anteojos aéreos recetados.

Se diseñarán modelos de monturas según los resultados obtenidos en las actividades descritas en los párrafos anteriores, en otras palabras el diseño de estos deberá garantizar que se cumpla con las características ópticas, ergonómicas y funcionales necesarias y que además las monturas puedan ser producidas utilizando tecnología de fabricación aditiva SLA.

Se fabricarán prototipos conceptuales que posibiliten la verificación dimensional de los diseños.

Se producirá una serie limitada de prototipos de uso, que posibiliten la evaluación en servicio de las monturas.

Se evaluarán los resultados obtenidos durante la puesta en servicio sobre la funcionalidad de las monturas y en base a ellos se introducirán las modificación necesaria para alcanzar los objetivos buscados.

Se documentará el proceso productivo y los recursos necesarios para la producción en función de la demanda especificada por el Servicio de Óptica Social.

Se propondrán las fuentes de financiamiento para sostener la iniciativa.

9. Plan de trabajo: cronograma y presupuesto.

Cronograma.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Relevamiento de características de diseño, ópticas, ergonómicas y funcionales.	x					
Investigación sobre los materiales disponibles, propiedades y aplicaciones.	x					
Diseño de modelos.	x	x	x			
Fabricación de prototipos conceptuales.		x	x			
Fabricación de prototipos funcionales.			x	x		
Evaluación de los resultados.		x	x	x	x	x
Documentación del proceso y planificación de la producción.				x	x	x

Presupuesto.

Rubros	Descripción	Costo \$
Insumos	Resina, alcohol isopropílico, pernos bisagra, elementos de limpieza, elementos para acabado, etc.	350.000
Equipamiento	Tanque de impresión, herramientas manuales, alicates, limas, etc.	200.000
EPP	Gafas, guantes, etc.	30.000
Total		580.000

10. Desarrollo del producto.

10.1. Relevamiento de características de diseño, ópticas, ergonómicas y funcionales.

10.1.1. Antecedentes

La evaluación de distintos modelos y diseños de marcos disponibles en el mercado local, permitió la identificación de los materiales comúnmente utilizados y sus propiedades más valoradas para la aplicación, como así también las características geométricas y constructivas básicas.

De la observación de los múltiples modelos estudiados, tanto fabricados íntegramente en materiales poliméricos como mixtos (polímero / metal), se tomaron ideas de diseño y/o características que se pretendían replicar en el diseño de la montura a proyectar.

En relación a lo ergonómico atendiendo a los antecedentes ya mencionados en el punto 5 de este documento, se verificaron las cotas fundamentales de la montura como la distancias del puente, las alturas respecto a la ubicación del centro de las lentes, el tamaño del alojamiento de las lentes ajustando los valores a las dimensiones generales óptimas. A su vez trabajó en la adaptación del modelo, en principio diseñado para ser fabricado por moldeo por inyección, para otorgarle al mismo las características óptimas que permitan su fabricación por el método aditivo SLA.



Fig.1 Modelo base de montura diseñado para moldeo por inyección.

En la figura 1 se observa diseño base sobre el que se realizaron las modificaciones funcionales y ergonómicas y la optimización para su fabricación por tecnología SLA. Como particularidades de este modelo se observan el sistema de encastre en la articulación de la bisagra, la posición central en el aro de la hendidura para encastre de las lentes y la tradicional patilla (varilla) curvada que ajusta por detrás de las orejas de la persona usuaria para retener la posición sobre el rostro.

10.1.2. Características generales del producto.

Dimensiones a las que debe adaptarse el modelo.

Existen tres sistemas de medidas internacionales de normalización de los métodos de medición para monturas o monturas aéreas de anteojos recetados. Estos son el Sistema Boxing, el Sistema Datum y el Sistema Gomac.

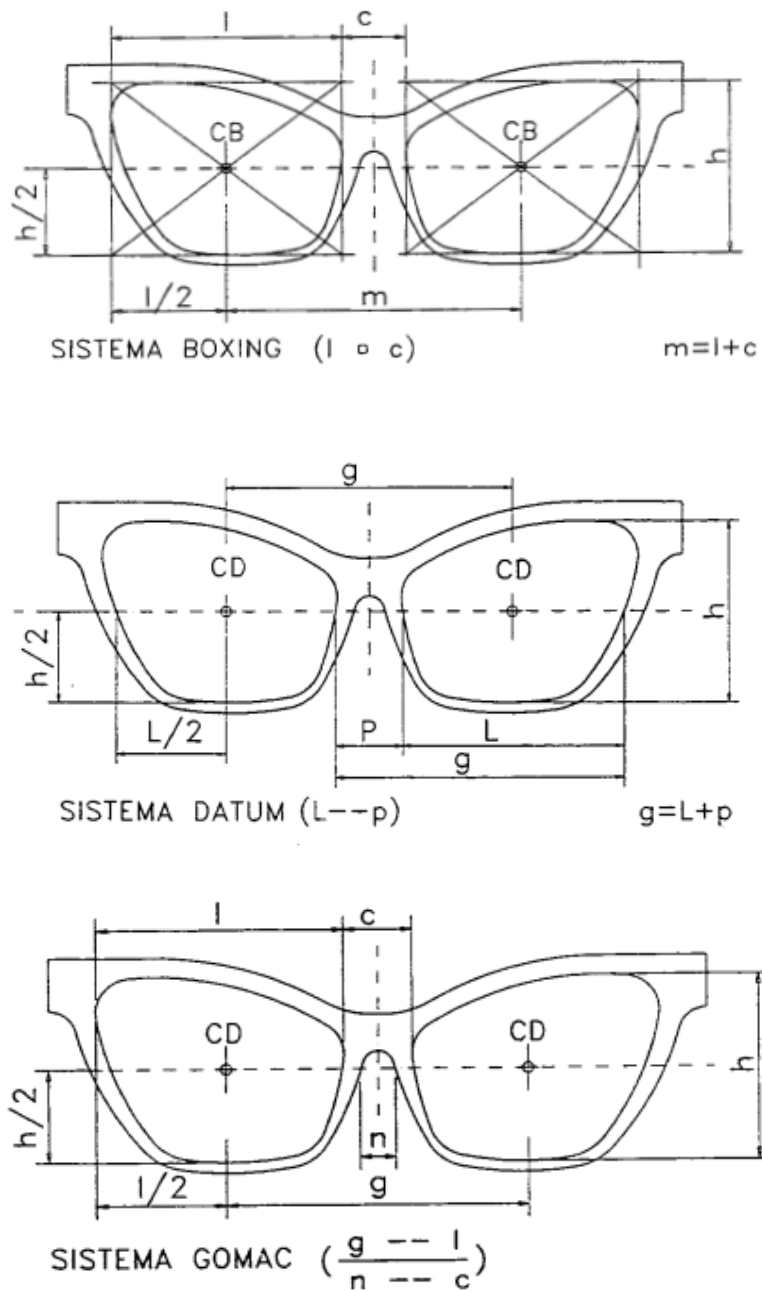


Fig. 2 Sistemas Internacionales de normalización de monturas.

Las dimensiones normalizadas que se alcanzaron para el modelo diseñado, en base a los requerimientos técnicos según la nomenclatura Boxing son 50 □ 18.

Dimensiones Normalizadas Boxing adaptadas al modelo diseñado 50 □ 18.

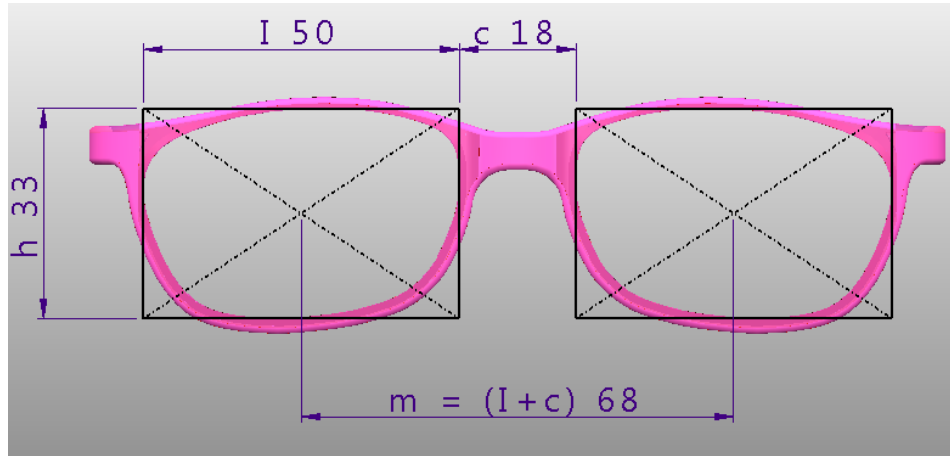


Fig.3 Parámetros de diseño ajustados al sistema internacional Boxing.

Impresión del primer prototipo FDM para verificar encastre y posicionamiento de las lentes.



Fig 4. Prototipo impreso en FDM para comprobar anclaje de las lentes y dimensiones generales de la montura.

En la imagen anterior se observa un prototipo de marco fabricado por impresión 3D FDM, en el que se montó sobre el aro derecho una lente de la menor graduación y en el aro izquierdo, una lente la de mayor graduación. Si bien el montaje, la retención y la posición de ambas lentes resultaron adecuados, se propuso mover hacia el frente la ranura de alojamiento de las lentes para facilitar el montaje y optimizar prestaciones. Ver Figura 5.

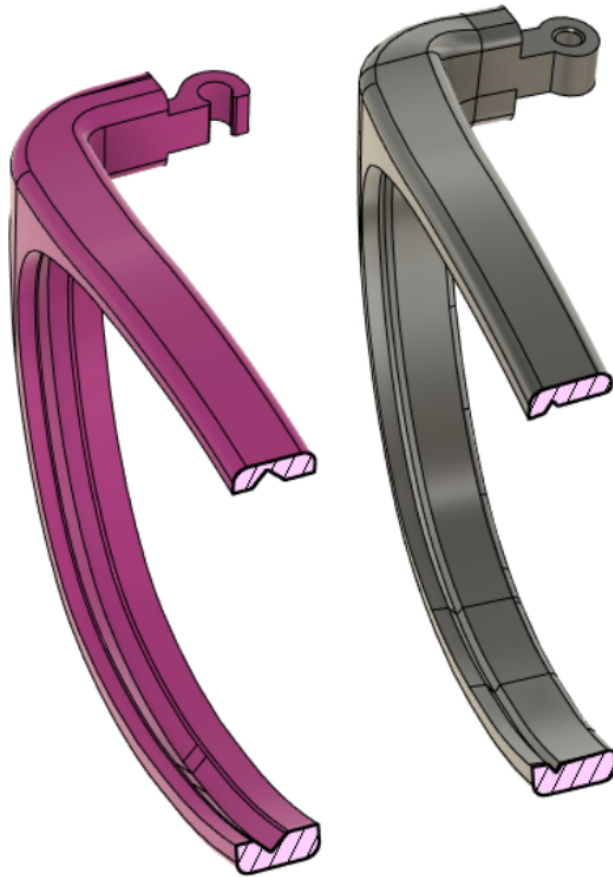


Fig. 5. Modificaciones sobre la posición y tamaño de las hendiduras para fijación de las lentes. Nuevo diseño de bisagras.

10.2. Materiales disponibles, propiedades y aplicaciones.

Los materiales poliméricos que habitualmente son utilizados para la fabricación de monturas aéreas, como la poliamida y el acetato de celulosa, corresponden a la familia de los termoplásticos. Estos materiales tienen la propiedad de fluir con el incremento de la temperatura y de deformarse cuando al incremento de temperatura se le suma la acción de una fuerza siendo capaces de conservar la deformación provocada una vez que el esfuerzo desaparece y la temperatura se equilibra con la del ambiente. Todo esto conservando sus propiedades físicas, mecánicas y su aspecto visual. Esta propiedad se conoce como moldeabilidad y es característica de los materiales empleados en procesos de fabricación conformativos.

Estas características permiten al profesional óptico realizar ajustes y modificaciones geométricas sobre las monturas aéreas para terminar de adaptar los mismos a los rasgos faciales de las personas usuarias. Asimismo, permiten la deformación de los aros para poder montar con relativa facilidad las lentes.

Las resinas poliméricas que utilizan la tecnología SLA, corresponden a la familia de los plásticos termorrígidos o termoestables, como lo son por ejemplo el fenol formaldehído o el epoxi. Su estado físico previo a la conformación de la pieza puede describirse como el de un líquido viscoso. Durante el proceso de conformación de la pieza, el material cambia su estructura química, pasando del estado de líquido viscoso a sólido, producto de reacciones químicas que bloquean la movilidad de sus cadenas moleculares lo que se conoce como “curado”. Como generalidad, una vez producido el “curado” estos materiales plásticos, son incapaces de fluir al elevar su temperatura. Si bien bajo aplicación de una fuerza y el incremento de la temperatura, dentro de ciertos límites, pueden deformarse, al retirar la fuerza deformante y la fuente de calor esta deformación no se conserva, siempre que no se sobrepasen los límites admisibles por el material. En el caso que los límites de resistencia mecánica y/o resistencia térmica del material sean superados, se evidenciará la rotura del objeto y/o se visualizarán zonas quemadas en el mismo. En el caso de que esto último suceda, tanto las propiedades físicas y mecánicas como el aspecto visual del objeto no se conservarán.

La tecnología de fabricación aditiva SLA de Formlabs ha revolucionado la fabricación de objetos mediante la utilización de resinas líquidas que se solidifican con luz láser a precios accesibles comparados con los anteriores proveedores de esta tecnología de fabricación que tiene su origen a principios de los años noventa del siglo pasado. Aunque los materiales disponibles para esta tecnología no presentan una gran cantidad de datos sobre sus propiedades físicas y mecánicas en comparación con los materiales tradicionales, es posible realizar una comparativa en base a ejemplificaciones de uso y analogías con los materiales convencionales que provee la misma compañía como parte de la información técnica de cada material y se

encuentra disponible en forma libre y gratuita en su sitio web, <https://formlabs.com>.

Como generalidad, entre ventajas y desventajas de la utilización de este tipo de materiales y su proceso de fabricación asociado podemos mencionar:

Ventajas.

Personalización y diseño complejo:

Los materiales de Formlabs ofrecen la posibilidad de imprimir piezas altamente personalizadas y con diseños complejos que serían difíciles o costosos de lograr con técnicas tradicionales. Esto es especialmente relevante para la fabricación de prototipos, productos personalizados y piezas con geometrías complejas.

Rendimiento y resistencia:

Aunque los datos específicos disponibles de las propiedades mecánicas pueden ser limitados, los materiales de Formlabs han demostrado, cada uno dentro de su campo de aplicación recomendado, buenos rendimientos en términos de resistencia y durabilidad. Dentro de la variedad que el fabricante dispone, existen tipos adecuados para aplicaciones donde se requiere cierto nivel de resistencia a la tensión, compresión o flexión.

Versatilidad de materiales:

Formlabs ofrece una variedad de materiales, desde resinas estándar hasta resinas especializadas con características únicas. Esto permite adaptar los materiales a diferentes aplicaciones y necesidades, abarcando desde aplicaciones dentales y médicas hasta ingeniería y diseño industrial.

Proceso rápido:

La tecnología SLA de Formlabs permite la fabricación de objetos en tiempos relativamente cortos en comparación con los métodos tradicionales. Esto es beneficioso para proyectos con plazos ajustados o para iterar rápidamente en el desarrollo de prototipos.

Desventajas.

Limitaciones en tamaño y escala:

La tecnología SLA tiene limitaciones en términos de tamaño de impresión, lo que puede ser una desventaja cuando se requieren piezas más grandes. Los procesos tradicionales, como el moldeo o el mecanizado, pueden ser más apropiados para piezas de mayor tamaño.

Costos de producción:

La impresión SLA, en general, puede ser más costosa en términos de materiales y equipos en comparación con los procesos tradicionales, especialmente para la producción en masa de piezas.

Gama limitada de materiales:

Aunque Formlabs ofrece una variedad de resinas para múltiples usos, la gama de materiales disponibles puede ser menor en comparación con la amplia selección de opciones disponibles en el mundo de los materiales tradicionales.

Selección del material:

De los materiales ofrecidos por el proveedor para utilizar con el equipamiento disponible en la Universidad Nacional de Rosario, dadas sus propiedades de flexibilidad y resistencia al impacto, utilizamos para el desarrollo de las monturas aéreas la resina DURABLE. Observamos también que la resina TOUGH 1500, aunque algo más rígida que la DURABLE puede ser adecuada para el uso.

Dadas las características de fabricación de las tecnologías SLA, una vez culminado el diseño con la resina DURABLE, utilizando el mismo modelo, o realizando sobre el mismo pequeños ajustes, se pueden fabricar los monturas aéreas con la resina TOUGH 1500, simplemente realizando el cambio de material en la impresora y reescribiendo el código de configuración de impresión con los parámetros correspondientes al nuevo material.

10.3. Diseño y optimización de los modelos.

10.3.1. Modelos y prototipos conceptuales.

Los primeros modelos fueron concebidos en base a las características ópticas generales, tomando parámetros comunes de la población según registros de las prestaciones realizadas por el SOS en los últimos años previo a la pandemia COVID-19. A estas características generales se les agregaron otras particulares con la finalidad de otorgar versatilidad y facilidad de ensamblado. Estos primeros modelos se fabricaron utilizando tecnología de impresión FDM, la cual resulta más económica que la SLA y permiten validar características geométricas con precisión y en menor medida evaluar algunas características ergonómicas. Ver Figura 1 y Figura 4.

La forma de los aros, se definió ajustando el diseño en base a una geometría, que responde a parámetros ópticos, sugerida por los mismos profesionales del Departamento de Óptica. Esta geometría permite posicionar el centro focal de la lente dentro de un amplio rango dimensional lo que posibilita en conjunto con las otras características de la montura la adaptabilidad a un gran porcentaje, de las persona usuarias (alrededor del 90%, según las características faciales de la población relevadas desde las propias prácticas históricas realizadas por el Servicio de Óptica Social). Además, una lente con la geometría de contorno propuesta resulta posible de tallar con el equipamiento disponible en los laboratorios del departamento de óptica del Instituto Politécnico Superior. Ver figura 2 y figura 3.

Como se adelantara precedentemente en este documento, una singularidad que se buscó otorgar al montura aérea es la capacidad de poder alojar en sus aros lentes de la mayor amplitud de graduación posible. Para ello, se engrosaron los aros en el sentido axial al foco de la lente, estableciendo la primera característica distintiva de diseño. Ver figura 4 y figura 5.

Esta característica permite alojar en los aros del montura lentes con aumento de las más variadas graduaciones posibilitando atender además distintos tipos de patologías de la salud visual.

10.3.2 Modelos y prototipos funcionales.

Sin dudas una de las características sobresalientes de los procesos de fabricación aditiva es la facilidad y velocidad para realizar iteraciones a partir de la evaluación de las prestaciones del objeto fabricado, el rediseño de los modelos, la fabricación de un nuevo objeto y la posterior evaluación de los resultados conseguidos en base a las modificaciones introducidas al modelo.

Este proceso de iteración, permitió la optimización de los modelos, sobre todo, adaptando el diseño a las características y el comportamiento del material elegido para su fabricación.

En la medida que se avanzó con los diseños y las modificaciones surgidas del proceso de iteración se fueron agregando características a las monturas aéreas que en un principio, no parecían de importancia.

Entre las primeras modificaciones funcionales referidas a las lentes, su anclaje, facilidad de armado y posicionamiento dentro de los aros, se desplazó hacia el frente de la montura la hendidura de anclaje para lentes. Ver Figura 5.

Como ya se mencionó, en reiteradas ocasiones, la resina “DURABLE” que se utiliza en este desarrollo, no permite realizar modificaciones geométricas aplicando calor y fuerza como en las monturas tradicionalmente utilizadas por los profesionales ópticos por tratarse de una resina termoestable. Esta incapacidad del material se suple recurriendo al diseño y a las ventajas del proceso de fabricación aditiva.

Por otro lado, también se adelantó que el profesional óptico, termina de ajustar los anteojos a las persona usuarias valiéndose de las propiedades de moldeabilidad de los materiales. (Propiedad de un material de adquirir una determinada forma por efecto de esfuerzos externos y de conservarla cuando éstos cesan de actuar)

Esto hace necesario encontrar alternativas de diseño que teniendo en cuenta el comportamiento de material aporten soluciones ante la imposibilidad de corrección de la posición de los anteojos respecto de las facciones de las personas usuarias, realizando ajustes mecánicos sobre los mismos.

Habitualmente, la distancia entre la lente y el ojo de la persona usuaria viene dada por la longitud de la patilla desde su anclaje en la bisagra sobre el marco y la curvatura sobre el otro extremo que ajusta por detrás de las orejas de la persona usuaria. El primer modelo diseñado contaba con este tipo de patillas tradicionales con fijación por detrás de las orejas. Como ya mencionamos, el material utilizado no permite modificaciones geométricas por deformación, imposibilitando la práctica habitual de ajuste por parte del profesional óptico. Esto motivó el rediseño de las patillas las que fueron reemplazadas por patillas envolventes, tipo vincha, que posicionan la montura sobre la cara de la persona usuaria ajustando en la zona trasera de la cabeza.

Continuando con la optimización de diseño de las patillas, en una nueva modificación, se agregó en el extremo de las mismas una hebilla que permite el paso de una correa de sujeción estándar, lo que brinda seguridad de uso, ya que reduce la movilidad de los anteojos al poder ajustar la posición una vez colocados. Esta particularidad, sumado a las características de flexibilidad y resistencia al impacto, hace que los anteojos resulten aptos tanto para el uso en niños, como en adultos que los utilicen para tareas que requieran movimientos durante el uso, como por ejemplo la práctica de actividad física.

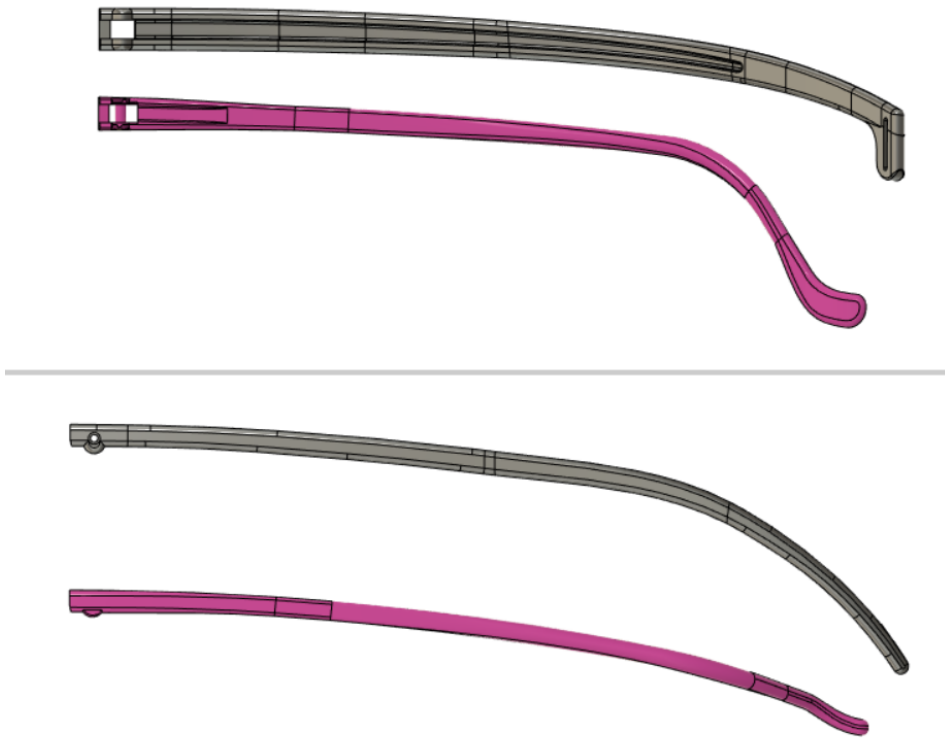


Fig 6. rediseño de las patillas, vista frontal y superior.

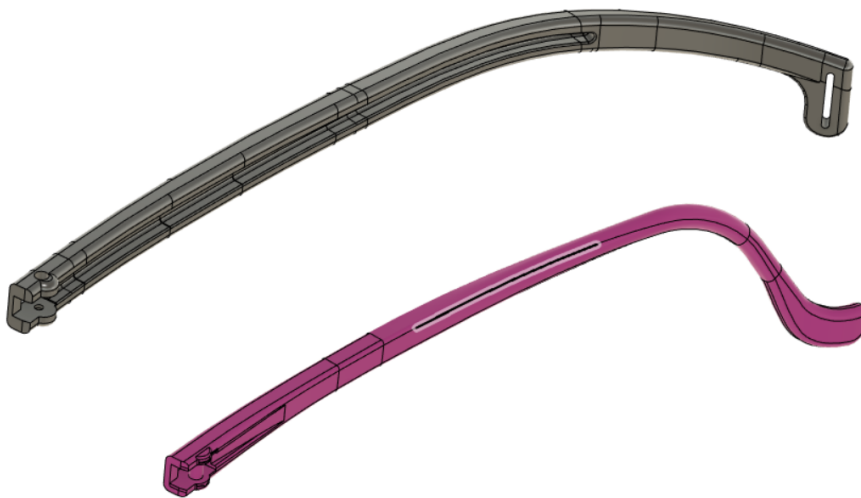


Fig.7. Patilla con ajuste tradicional vs patilla envolvente con hebilla.

Otras dos características geométricas que suelen ser ajustadas por el profesional óptico con la finalidad de adaptar los anteojos a la persona usuaria son el ángulo facial que es el ángulo formado entre el frente de la montura y la cara de la persona usuaria y el ángulo pantoscópico que es el ángulo de inclinación del frente del montura respecto de la vertical hacia la cara de la persona usuaria.

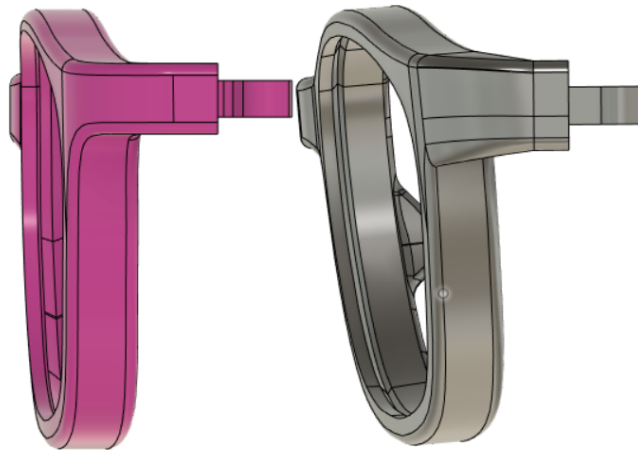


Fig. 8, modificación del ángulo pantoscópico.



Fig. 8 Modificación del ángulo de facial. En la figura se observa además la inclusión de plaquetas nasales que mejoran el apoyo de la montura sobre la nariz de la persona usuaria y contribuyen a evitar desplazamientos.

Basado en los datos estadísticos provenientes de las prácticas del SOS, se adoptaron los valores de 7° para el ángulo facial y 5° para el ángulo pantoscópico.

Todos los ajustes y modificaciones realizadas desde la obtención del primer modelo, utilizando el método de iteración, dan como resultado un modelo estándar que tiene las características necesarias para atender aproximadamente el 90% de las demandas del Servicio de Óptica Social, según las consideraciones de los profesionales ópticos consultados.

Para el supuesto caso del 10% de las demanda de los servicios que no puede atenderse utilizando estas monturas, se dispondrá, en menor cantidad, de monturas con distintos valores de ángulo facial y pantoscópico, como así también con patillas de diferentes longitudes. Esto es posible, gracias a que la fabricación aditiva, en este caso la SLA, sólo necesita de un modelo tridimensional generado en un sistema CAD, para poder obtener el objeto físico. Estas monturas especiales se dispondrán en el momento que sean necesarias, bajo requerimiento de acuerdo a los parámetros indicados por los profesionales ópticos.

Comparativamente para el caso de monturas fabricadas con materiales termoplásticos, como por ejemplo las fabricadas por métodos conformativos como la inyección o de termoplásticos, se necesita tener un molde para cada una de las monturas con los distintos ángulos pantoscópico y facial y todas sus posibles combinaciones como así también para las distintas longitudes de patillas. Estos moldes por lo general son de costo elevado, al igual que los equipos de producción (máquinas inyectoras) y para que la producción resulte rentable se deben fabricar miles de piezas con cada uno de ellos. Es por esto que el ajuste de este tipo de monturas se realiza por los profesionales ópticos de forma manual, a partir de un modelo promedio estándar, aplicando calor y temperatura para conformar la geometría definitiva de los anteojos para cada persona usuaria.

10.4. Evaluación de los resultados.

10.4.1. Aspecto visual.

El aspecto visual del producto obtenido tanto en lo geométrico como en las características del material empleado resulta aceptable. Su contorno resulta agradable y se adapta bien a la variedad de las características faciales de las personas convocadas para su testeo.

Durante las pruebas, las personas usuarias calificaron las líneas geométricas como *“clásicas y atemporales”*, comentando que *“brindan un aspecto elegante y sofisticado que se adapta bien a diferentes tipos de rostro”*. A su vez indicaron en relación al color, que *“esta montura de material plástico claro translúcido muestra un aspecto moderno y vanguardista. El material translúcido le otorga un aspecto elegante y sofisticado, al tiempo que permite que la luz pase a través de él, creando un efecto visual interesante”*.

10.4.2. Ergonomía.

Las monturas se ajustaron correctamente a la forma del rostro de las personas usuarias. Resultaron cómodos de llevar durante períodos de tiempo prolongados. La presión sobre los puntos de contacto con el usuario fue adecuada y no causó molestias. Su bajo peso sumado a la longitud y flexibilidad de las patillas permitieron sostener los anteojos en su posición sin ejercer presión sobre las sienes, orejas y nariz.

La adición de hebillas al diseño de las patillas para la utilización de cintas estándar de sujeción otorgan mayor funcionalidad, ya que con la utilización de estas se asegura el posicionamiento de los anteojos evitando su deslizamiento sobre el rostro, lo que permite ser utilizados en tareas que requieren dirigir la mirada hacia abajo. Ver figura 8.

10.4.3. Durabilidad.

Durante los testeos no se observaron alteraciones de las monturas tanto nivel de aspecto visual y geométrico. Tampoco se observó desgaste ni inconveniente de ajuste de las bisagras.

En adelante, se prestará especial atención al comportamiento de uso durante tiempos prolongados para obtener datos que permitan optimizar el diseño y/o la utilización de nuevos materiales que garanticen una durabilidad aceptable de las monturas. El Servicio de Óptica Social, lleva registro de las intervenciones y servicios prestados. Para garantizar el feedback respecto de las prestaciones de las monturas aéreas, se informará a las personas usuarias sobre el estado de evaluación de largo plazo de los mismos y se les solicitará que informen sobre las probables anomalías que pudieran surgir durante el uso.

11. Proceso y planificación de la producción.

11.1. Recursos.

Unidad productiva.

- Impresora SLA de escritorio Formlabs Form3 .
- Unidad de lavado automático Formlabs Form Wash.
- Unidad de curado Formlabs Form Cure.
- Accesorios.

Computadora de escritorio.

Especificaciones Mínimas.

- Sistema operativo Apple® macOS macOS 13 Ventura - (Versión 2.0.15289 o posterior) macOS 12 Monterey macOS 11 Big Sur.
- Microsoft® Windows® Windows 11. Windows 10 (64 bits) versión 1809 o posterior
- CPU Procesador de 64 bits basado en x86 (por ejemplo, Intel Core i o la serie AMD Ryzen), 4 núcleos, 1,7 GHz o superior.
- Memoria 4 GB de RAM (los gráficos integrados recomiendan 6 GB o más).
- Tarjeta gráfica DirectX11 (Direct3D 10.1 o versión superior). GPU dedicada, con 1 GB o más de VRAM. Gráficos integrados, con 6 GB o más de RAM.

- Resolución de pantalla 1366 x 768 (se recomienda 1920 x 1080 o superior con una escala del 100%)
- Dispositivo señalador compatible con HID o trackpad, tableta Wacom® opcional y compatibilidad con 3Dconnexion SpaceMouse®.
- Dependencias se requiere SSL 3.0, TLS 1.2+, .NET Framework 4.5 o versiones posteriores.
- Monitor 27". FullHD, 1ms, 144Hz, Adaptive-Sync.

Especificaciones Recomendadas.

- Tipo de CPU Procesador de 64 bits de varios núcleos, como Intel® Core™ i7 o Intel® Core™ i9
- Memoria 16 GB de RAM o superior
- Gráficos GPU NVIDIA o tarjeta gráfica de su gama profesional, como Quadro® al menos 2 GB totalmente compatibles con OpenGL® 2.0
- Cámara web, micrófono.

Infraestructura edilicia.

- Superficie afectada 35 m², con ventilación natural cruzada. Climatización frío calor.
- Mesada con cubierta vidriada para instalación de Impresora más unidades de lavado y curado con bajo mesada para guardado de accesorios e insumos 1 puesto. Dimensiones 2,4 m x 0,6 m x 0,75 m.
- Mesa para trabajo de terminación, ajustes y armado con tablero de herramientas 2 puestos. Dimensiones 1,2 m x 0,6 m x 0,75 m. con sillas ergonómicas.
- Muebles de guardado. Armario 0,45 m x 0,45 m x 1,8 m. Biblioteca con estantes y puertas 0,90 m x 0,45 m x 1,80 m.
- Puesto de trabajo para PC escritorio 1,4 m x 0,7 m x 0,75 m con silla ergonómica 1 puesto.
- Cajonera móvil bajo escritorio 0,9 m x 0,45 m x 0,5 m.
- Energía Eléctrica, Monofásica red domiciliaria.
- Servicios de internet descarga de 2,5 Mbps o más rápida; carga de 500 Kbps o más rápida.

- Servicio de agua corriente, bacha para higienizado de manos.

Software.

- Sistema CAD, Autodesk Fusion 360.
- Software de preparación de la impresión, PreForm.

Insumos.

- Resina para impresión "Durable".
- Pernos bisagras.
- Tanque de Impresión.
- Alcohol Isopropilico (IPA).
- Elementos de limpieza, trapos, papel absorbente, etc.

Elementos de Protección Personal.

- Guantes de Nitrilo.
- Guardapolvo.
- Gafas de seguridad.

Personal.

Una o dos personas. Dedicación horaria semanal total 20 hs.

11.2. Producción.

Como objetivo de producción, en base a las necesidades relevadas desde el Servicio de Óptica Social, se plantea una cantidad máxima anual de 700 unidades de monturas aéreas.

Para alcanzar dicho objetivo, con los recursos disponibles, se propone una producción semanal de 18 monturas, distribuida en 40 semanas, comenzando en el mes de marzo y finalizando en el mes de diciembre. Esto da como resultado una producción anual de 720 unidades que pueden obtenerse según la planificación semanal que sigue.

Cronograma de Producción Semanal						
Horas Reloj /Dia de la semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes
Preparación	1	1	1	1	1	1
Impresión	21	20.5	15.75	15.75	15.75	21
Lavado		1	1	1	1	1
Curado		1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
Acabado		2	2	2	2	2
Producción						
Marcos				6	6	6
Patillas derechas			18			
Patillas Izquierdas		18				
Armazones						18

Horas de impresión por semana y de dedicación del personal afectado.

Total Horas Impresión Semanal	88.75
Total Horas Personal Semanal	16

Batch por componentes. Tiempo de Impresión. Consumo de Resina.

Batch	Cantidad	Tiempo de Impresión	Tiempo de Lavado	Tiempo de Curado	Cantidad de Resina
	Unidades	Horas			ml
Marcos	6	15.75	1	1	78
Patillas Derecha	18	20.5	1	1	120
Patilla Izquierda	18	21	1	1	128

Tiempo de Producción Unitario. Consumo de Resina.

Unitario	Cantidad	Tiempo de Impresión	Tiempo de Lavado	Tiempo de Curado	Cantidad de Resina
	Unidades	Horas			ml
Marcos	1	2.63	0.17	0.17	13.00
Patilla derecha	1	1.14	0.06	0.06	6.67
Patilla Izquierda	1	1.17	0.06	0.06	7.11
Armazón	1	3.76	0.22	0.22	19.67

Costos de Insumos por Unidad.

Insumo	Provisión	Costo		Consumo por Unidad	Costo por Unidad \$
		Local \$	Origen u\$s		
Resina (ml)	1000	242,550	462	19.67	4770
Tanque (unidad)	1	157500	300	0.008	1250
IPA (L)	20	34000		0.04	68
Perno Bisagra (unidades)	50	5000		2	200
Costo Total Armazón					\$6,288.15

Cronograma de Provisión de Insumos.

Insumo	Semana												
	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Resina (cantidad)	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2
Tanque (cantidad)	1		1		1		1		1		1		1
IPA (cantidad)	1				1				1				1
Perno Bisagra (cantidad x50)	5		5		5		5			5		5	

Disponibilidad Presupuestaria.

Insumo	Semana												
	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Resina	\$485,100.00	\$242,550.00	\$242,550.00	\$242,550.00	\$485,100.00	\$242,550.00	\$242,550.00	\$242,550.00	\$485,100.00	\$242,550.00	\$242,550.00	\$242,550.00	\$485,100.00
Tanque	\$157,500.00		\$157,500.00		\$157,500.00		\$157,500.00		\$157,500.00		\$157,500.00		\$157,500.00
IPA	\$34,000.00				\$34,000.00				\$34,000.00				\$34,000.00
Perno Bisagra	\$25,000.00		\$25,000.00		\$25,000.00		\$25,000.00			\$25,000.00		\$25,000.00	
Total Semanal	\$701,601.00	\$242,550.00	\$425,050.00	\$242,550.00	\$701,600.00	\$242,550.00	\$425,050.00	\$242,550.00	\$676,600.00	\$267,577.00	\$400,050.00	\$267,583.00	\$676,636.00
Total Anual.	\$5,511,947.00												

11.3. Estructura productiva.

“La planificación debe asumir que el medio en el que se desarrolla es UN MEDIO RESISTENTE que se opone a nuestra voluntad y que tal oposición no proviene de la naturaleza, sino de otros hombres con distintas visiones, objetivos, recursos y poder” (MATUS 1987).

11.3.1. Diagnóstico organizacional.

Hacia el interior del Instituto Politécnico Superior, las estructuras departamentales no cuentan con espacios dedicados a tareas productivas. Si bien departamentos como los de Mecánica, Electrotecnia, Informática, Formación Tecnológica y otros cuenta con multiplicidad de maquinaria y equipos que podrían ser utilizados con fines productivos, las funciones correspondientes a las categorías y niveles para los cargos de docentes pre universitarios, instituidas en el Convenio Colectivo de Trabajo, no contemplan tareas productivas para el sus agremiados/as. Por este motivo, resulta conflictivo desde el aspecto gremial asignar o reasignar tareas al personal docente en ejercicio para realizar la producción de las monturas aéreas para su provisión al Servicio de Óptica Social.

Una experiencia reciente tuvo lugar durante el comienzo de la pandemia COVID-19. Dada la necesidad de producir protectores faciales para el sistema de salud local, se propuso a docentes del Instituto Politécnico, especialmente a los integrantes del Departamento de Formación Tecnológica, conformar un equipo colaborativo a tal fin. Para ello, la dirección del Instituto, dispuso la utilización de los recursos existentes, que según las autoridades departamentales estaban conformados por cinco impresoras 3D de tecnología FDM. Debido a las restricciones a la circulación, estos equipos deberían ser retirados de la institución y utilizados en los domicilios de los docentes que aceptaran sumarse a la propuesta como voluntarios. La provisión de insumos y los traslados de la producción estaría a cargo de personal autorizado a circular, pertenecientes al Área de Extensión y Territorio de la Universidad Nacional de Rosario.

Sorprendentemente, no sólo no se consiguió interesar a una mínima cantidad de docentes que garantizara la atención de una impresora por docente voluntario, sino que de las cuatro impresoras, al momento de retirarlas de la institución, sólo dos estaban en condiciones de funcionamiento.

Avanzada la pandemia, y siguiendo con el interés de adquirir experiencia en la fabricación aditiva y de contar con espacios formativos para la comunidad de la Universidad Nacional de Rosario en estas nuevas tecnologías, por intermedio de la escuela de Oficios del Área de Extensión y Territorio, se diseñan y se inicia el dictado de los cursos de Fabricación Digital.

Estos cursos fueron diseñados y están siendo dictados ininterrumpidamente desde el año 2021 por docentes del Instituto Politécnico y voluntarios externos que participaron de la fabricación de los protectores faciales para la provisión del sistema de salud municipal. En el mismo sentido, los equipos para la formación en oficio fueron adquiridos con presupuesto correspondiente al Área de Extensión y Territorio de la Universidad Nacional de Rosario.

Según Kotter (2007), en su obra *Al Frente del Cambio*, *“las iniciativas de cambio más destacadas han ayudado a algunas organizaciones a adaptarse adecuadamente a condiciones cambiantes, han mejorado la situación competitiva de otras y han situado a unas pocas para disfrutar de un futuro mucho mejor. Pero en muchísimos casos, las mejoras han sido decepcionantes y la masacre espantosa, dejando tras de sí un rastro de recursos desperdiciados y de empleados quemados, aterrados o frustrados.”*

De los ocho errores repetitivos a los que Kotter atribuye los fracasos del cambio se identifican los siguientes cinco con grandes probabilidades de reproducción dentro de la organización y de atentar contra el éxito de esta propuesta:

Permitir un exceso de complacencia.

Kotter lo define como un error que la gente comete cuando intenta cambiar una organización lanzándose *“en picado a realizar ese cambio sin que entre los directivos y los empleados se establezca previamente el carácter de urgencia necesario”*. Se sobrevalora la capacidad individual para forzar los grandes cambios en las organizaciones y se infravalora lo difícil que es expulsar a la

gente de su zona de bienestar. A lo largo de este documento se han descrito situaciones que identifican este problema dentro del seno de la actual organización.

No crear una coalición rectora suficientemente fuerte.

“Las coaliciones rectoras sin un liderazgo funcional fuerte nunca logran acumular el poder necesario para superar lo que a menudo suelen ser corrientes de inercia gigantescas”. (Kotter 2007)

Según el autor, *“para que una transformación tenga éxito, es necesario que el presidente, el director general de la división o el jefe del departamento, más otras cinco, quince o cincuenta personas comprometidas en mejorar el rendimiento, funcionen como un equipo”*. Si bien, la dotación de personas a la que se refiere el autor es excesiva para la finalidad de este proyecto, se evidencia la necesidad de contar con la anuencia y el compromiso de autoridades y personal necesario para alcanzar el objetivo. Por otro lado, en cuanto a la conformación del equipo reconoce que *“en la mayoría de casos de éxito, la coalición es fuerte en cuanto a cargos formales, información y experiencia, reputación y relaciones, y capacidad de liderazgo”*, distintivo que deberá caracterizar a la organización que lleve adelante la fabricación y provisión de las monturas, ya que además el autor sostiene que, *“un individuo por sí solo, por competente o carismático que sea, nunca dispondrá de todos los activos necesarios para superar la tradición y la inercia que se espera de las organizaciones muy pequeñas”*.

El trabajo de desarrollo de la montura se realizó en palabras de Kotter por *“un subgrupo pequeño y entregado de personas”*, quienes motivados por la disponibilidad una nueva tecnología de fabricación dentro de su ámbito de trabajo y comprometidos con resolución de una problemática permanente y recurrente de la propia organización busca dar una respuesta concreta y sostenible. Es evidente que para sostener la actividad no basta con seguir contando con la voluntad los integrantes de dicho subgrupo.

Infravalorar el poder de la visión.

“La visión corresponde al futuro deseado de la organización. Se refiere a cómo quiere ser reconocida la entidad, representa los valores con los cuales se fundamentará su accionar público” (M.Armijo 2009). Para Kotter, de los elementos encontrados *“en las transformaciones llevadas a cabo con éxito, ninguno es más importante que el de especificar una visión sensata”*, ya que ésta *“ayuda a dirigir, alinear e inspirar las acciones de un gran número de personas”*. La importancia de una expresión clara de la visión de la organización permite encauzar el esfuerzo de transformación evitando que los proyectos se disuelvan fácilmente, convirtiéndose en una lista de acciones confusas, incompatibles y lentas que van en la dirección equivocada o que no llevan a ninguna parte.

Dedicar solamente un esfuerzo del 10% a comunicar la visión (o del 100%, o incluso del 1.000%).

“Nadie hace sacrificios, aun estando descontento con el estado de cosas imperante, a no ser que encuentre atractivos los beneficios potenciales del cambio y que realmente crea que la transformación es posible. Sin una comunicación creíble y sin la ayuda de grandes cantidades de comunicación, capturar el corazón y la cabeza de los empleados se convierte en tarea imposible”. Comunicar no sólo a través de las palabras, sino también a través de los hechos es valor consolidado de este trabajo, ya que se ha logrado desarrollar el producto deseado y a su vez se han podido establecer las condiciones necesarias para que el mismo pueda sostenerse por algún período de tiempo, con los mismos recursos y actores participantes. El sostenimiento y mejora continua a través del tiempo de lo hasta aquí desarrollado, dependerá de la formalización de un espacio organizativo sólidamente estructurado.

Permitir que los obstáculos bloqueen la nueva visión.

“Las nuevas iniciativas fracasan a menudo cuando los empleados, aun aceptando la nueva visión, se ven bloqueados por los enormes obstáculos que encuentran en su camino”. Planificar en conocimiento que los obstáculos se presentarán, identificarlos, ponderarlos y exponerlos frente al equipo de trabajo

para darles debido tratamiento permitirá accionar colectivamente la búsqueda de su solución.

11.3.2. Propuesta organizacional.

En un intento por capitalizar las experiencias narradas anteriormente y de reconocer el trabajo de los actores que desde un inicio se comprometieron las actividades productivas con fines sociales, se propone para la producción de las monturas para anteojos aéreos, institucionalizar un espacio específico del que participen áreas de gobierno de la Universidad Nacional de Rosario y junto a los docentes desarrolladores de la montura.

En resumen, la propuesta es la de crear un “Programa de Fabricación Digital” conformando un equipo de trabajo multidisciplinar del que participen distintas áreas y unidades académicas de la Universidad Nacional de Rosario. En principio, este “programa” estaría integrado por un integrante designado por el Área de Extensión y Territorio de la Universidad Nacional de Rosario (aportante de los recursos tecnológicos para la producción de las monturas aéreas), un Integrante designado por el Centro de Estudios Interdisciplinarios de la Universidad Nacional de Rosario (responsable de la aprobación de los trayectos formativos de la escuela de oficios, entre ellos el de Fabricación Digital), un representante del Departamento de Óptica del Instituto Politécnico Superior y los docentes del curso de Fabricación Digital de la Escuela de Oficios de la Universidad Nacional de Rosario que desarrollaron la montura en colaboración con docentes del Departamento de Óptica.

Claro está que instituir un espacio que sólo se encargue a la producción de un objeto no resulta atractivo ni pertinente para una casa de altos estudios como la Universidad Nacional de Rosario. Como contrapartida, los trayectos transitados hasta el momento y auge de las tecnologías de fabricación aditivas y su relación con la llamada cuarta revolución industrial, Industria 4.0, resultan desafiantes para la creación de un ámbito de estudios, e investigación que además utilice estos recursos para la producción de bienes que les son útiles a la propia comunidad.

Completando y ampliando la idea de institucionalización de un espacio que se involucre en la utilización, investigación, desarrollo y capacitación de las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, seguidamente se describen los alcances y estructura organizativa para su implementación.

Programa de Investigación, Desarrollo y Capacitación en Fabricación Digital - Tecnología Industrial 4.0 (PIDCFD - TI4.0).

Misión.

Generar conocimiento científico y tecnológico sobre las nuevas tecnologías habilitadoras relacionadas con la Industria 4.0; contribuir a su difusión e implementación en organizaciones industriales y educativas, diseñar instancias formativas para el desarrollo de aptitudes, habilidades y destrezas que permitan el aprendizaje personal y comunitario y la apropiación de los saberes que aporten al desarrollo de actividades productivas sustentables en la región.

Visión.

Ser referente de excelencia en las disciplinas y tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 asociadas a la fabricación digital en el campo de la producción de bienes y servicios, la formación, capacitación y acompañamiento a las organizaciones industriales del sector productivo público y privado en los procesos de implementación tecnológica hacia la cuarta Revolución Industrial.

Objetivos.

General.

- Disponer de un programa universitario para desarrollar, investigar y socializar tecnologías que involucren procesos de fabricación digital abarcando las dimensiones de gestión, producción, control de procesos, recolección y procesamiento de datos, control de calidad, medición y evaluación del grado de satisfacción de los usuarios.

Específicos.

- Producir bienes y servicios utilizando tecnologías de fabricación digital.
- Investigar, utilizar y evaluar plataformas digitales de diseño, ingeniería, gestión y fabricación.
- Recolectar datos sobre los procesos productivos en general y los relacionados a la fabricación aditiva y sustractiva en particular, gestionados desde entornos digitales. Analizar los datos obtenidos para proponer mejoras y/o modificaciones de los procesos productivos a través de la programación y utilización de algoritmos.
- Investigar los procesos productivos de fabricación aditiva, sus materiales asociados y los productos obtenidos mediante la utilización de estas tecnologías para distintas aplicaciones y validar sus usos a través de ensayos y evaluaciones en servicio.
- Fomentar actividades de investigación y desarrollo, de difusión científico-técnica, de formación y capacitación, sustentados en el diálogo de saberes provenientes de personas, organizaciones industriales e instituciones educativas y de investigación y desarrollo.
- Fomentar el trabajo colaborativo a través del uso de las herramientas que integran la Industria 4.0.
- Acompañar a las organizaciones industriales en los procesos de transformación e implementación de tecnologías de fabricación digital.
- Crear un ámbito colaborativo que favorezca la vinculación entre la Universidad Nacional de Rosario, organizaciones estatales, organizaciones industriales, instituciones educativas formales y no formales, asociaciones y colegios profesionales y cámaras empresariales con la finalidad de afrontar el desafío que conlleva la implementación del nuevo paradigma Industria 4.0.
- Formar capital humano que incorpore saberes, actitudes, habilidades y destrezas específicas que les permitan desempeñarse eficientemente en la industria moderna.
- Establecer un espacio de trabajo colaborativo con asistencia profesional, abierto a la comunidad para el desarrollo de productos y servicios

innovadores que requieran del empleo de tecnologías relacionadas con la industria 4.0 (Espacio Maker).

Capacidades y fortalezas.

- Ubicación estratégica por su inserción territorial en cercanía con los principales polos productivos nacionales de la industria automotriz, metalmecánica, plásticos, caucho, maquinarias agrícolas, proveedores de maquinarias, equipos y software, desarrolladores de software y proveedores de servicios industriales.
- Relaciones institucionales con el sector público y privado, centros de investigación, cámaras y organizaciones industriales, entes gubernamentales y no gubernamentales, proveedores de máquinas, herramientas, software y equipos, etc, del orden, local, regional, nacional e internacional.
- Proyectos en desarrollo en el ámbito de la Universidad Nacional de Rosario con actividades de investigación aplicada, extensión y prestación de servicios que involucran la gestión y producción de piezas y partes con la utilización de tecnologías habilitantes 4.0: diseño colaborativo, fabricación aditiva.
- Personal con formación de excelencia científica y tecnológica en procesos de fabricación aditiva y sustractiva, conocimiento de materiales, sistemas de control y automatización, diseño e implementación de sistemas de control de calidad y diseños curriculares para la formación de capital humano en todos los niveles de la educación formal y en la educación no formal.
- Personal con una vasta experiencia en el uso de plataformas digitales de diseño, ingeniería y fabricación.
- Infraestructura de red informática y edilicia.
- Licencias de software legal para el desarrollo de las actividades.

Áreas de incumbencia y afines.

- Procesos Industriales de fabricación Aditiva / Sustractiva.
- Ingeniería. Diseño. Análisis. Simulación. Metrología dimensional digital trazable. Control de calidad.
- IIOT. Internet Industrial de las Cosas. Sensorización. Sistemas de Control y Automatización integrados en red.
- Robótica. Automatismo. Manipuladores.
- Big Data y Analytics. Recolección y Análisis de Datos.
- Inteligencia Artificial. Machine Learning. Deep learning.
- Computación en la nube. Trabajo en entornos digitales colaborativos.
- Realidad aumentada. Creación de objetos virtuales a partir de objetos físicos de referencia.
- Realidad virtual. Generación de entornos de objetos y escenas de apariencia real a través del uso de tecnología informática.

Estructura operativa.

Programa de Investigación, Desarrollo y Capacitación en Fabricación Digital - Tecnología Industrial 4.0 (PIDCFD - TI4.0) se propone un espacio de cogestión del que participen el Centro de Estudios Interdisciplinarios (CEI - UNR) y el Instituto Politécnico Superior "General San Martín" (Instituto Politécnico Superior - UNR), el Área de Extensión y Territorio (AET - UNR) y el Polo Educativo General Lagos "Sara Rietti" (PEGL - UNR) sin perjuicio de la incorporación de otras áreas e instituciones afines al programa.

La dirección del programa estará a cargo de un Director y de dos Coordinadores generales. Participarán de este programa como miembros: docentes, investigadores y profesionales de otras organizaciones públicas y privadas. Las actividades se organizan en áreas y proyectos.

Sede del programa.

El personal docente de la Universidad Nacional de Rosario y otros miembros integrantes del programa, desarrollan sus actividades en las sedes de las Instituciones participantes o donde se establezca por convenio o a requerimiento de otras instituciones.

Metas 2023 / 2024.

- Implementar la producción de las monturas aéreas para proveer al Servicio de Óptica Social.
- Articular las diferentes áreas del programa.
- Profundizar en el conocimiento y entrenamiento de las herramientas y equipos disponibles en el ámbito de la Universidad Nacional de Rosario.
- Difundir usos y aplicaciones tecnológicas, convocar a docentes y estudiantes de distintas especialidades dentro del ámbito de la Universidad Nacional de Rosario para el desarrollo multidisciplinario de objetos y/o equipos con la utilización de tecnologías de fabricación digital.
- Diseñar y ejecutar programas de capacitación y difusión en el uso de las herramientas y equipos de fabricación digital.
- Promover nuevos convenios con organizaciones públicas y privadas para la adquisición de software, instrumentos, equipos, etc, para entrenamiento docente, investigación, desarrollo y aplicación de las “tecnologías habilitadoras 4.0” relacionadas con la fabricación digital.
- Promover la incorporación de nuevos marcos de referencia para la educación técnica de nivel secundario y superior (terciario) que especialicen y habiliten a profesionales con competencias específicas en temáticas relacionadas con la fabricación de objetos bajo el paradigma de la Industria 4.0.

12. Fuentes de financiamiento.

Como iniciativa integradora para la obtención de recursos aplicables a la producción de los monturas aéreas, se sostiene que la formalización del “Programa de Investigación, Desarrollo y Capacitación en Fabricación Digital - Tecnología Industrial 4.0 (PIDCFD - TI4.0)” y su puesta en funcionamiento, posibilitará mediante la monetización de sus actividades a través la prestación de servicios a terceros, la obtención de recursos que podrán destinarse entre otros al fin perseguido en este trabajo.

Para llevar adelante el proyecto durante el primer período anual, determinados los recursos económicos necesarios para la producción de las monturas aéreas a utilizar en la atención de beneficiarios del Servicio de Óptica Social de la Universidad Nacional de Rosario, se propone elevar al Rectorado la solicitud de una partida presupuestaria especial. Esta partida de fondos especiales, puede dar respuesta a la ampliación de beneficios para la comunidad estudiantil incluyendo entre los beneficiarios del SOS a estudiantes de bajos recursos con disminución visual.

La actual gestión de gobierno de la Universidad Nacional de Rosario cuenta con un área específica de Bienestar Universitario, la que alberga en su estructura a las direcciones de Comedores Universitarios, Educación Física, Bienestar Docente, Orientación Estudiantil, Bienestar Estudiantil y Salud. Acciones coordinadas entre el Servicio de Óptica Social, y las direcciones de Salud y Bienestar Estudiantil del Área de Bienestar Universitario, podrían atender las problemáticas de salud visual de Estudiantes que se encuentren atravesando dificultades económicas, que necesiten de anteojos aéreos para mejorar su salud visual. Este beneficio, podría sumarse también a los beneficios de los que ya gozan los estudiantes de la Universidad Nacional de Rosario como las becas de estudio, alojamiento en residencias universitarias y menús económicos entre otros.

El financiamiento a través de partidas específicas para este fin asegura el sostenimiento de la actividad para el período proyectado, dado que los recursos se asignan mediante resolución de rector o consejo superior.

Para el sostenimiento de la actividad a largo plazo, en conocimiento de la multiplicidad de necesidades que la universidad debe atender con presupuestos anuales cada vez más escasos, la propuesta se basa en la investigación de las fuentes de financiamiento detectadas a la que la Universidad pudiese aplicar a través de proyectos y/o convocatorias para conseguir fondos específicos para la actividad en lugar de atender la misma asignando fondos correspondientes a partidas generales.

12.1. Fuentes de financiamiento locales.

Convocatorias para financiar proyectos desde la propia universidad nacional de Rosario a través del Área de Ciencias y Vinculación, mediante la convocatoria “Vinculación Inclusiva” o a través del Área de Extensión y Territorio utilizando como instrumento la convocatoria para el financiamiento de Proyectos de Extensión Universitaria.

En la presente búsqueda no se han identificado fuentes de financiamiento a través del municipio de Rosario.

12.2. Fuentes de financiamiento regional / provincial / nacional.

Desde la secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la provincia de Santa Fe, recientemente se ha dado promoción a convocatorias de financiamiento del Ministerio Nacional homónimo, para la presentación de “Proyectos de Tecnologías para la Inclusión Social”. Como parte de este trabajo, se propuso a las autoridades del Departamento de Óptica del Instituto Politécnico a realizar la presentación a la convocatoria lo que finalmente se concretó sobre finales del mes de junio de 2023. Al momento de la escritura de este trabajo final se aguarda por aprobación de la idea-proyecto elaborada. La convocatoria financia proyectos de hasta \$10.000.000 y entre los rubros financiados se encuentran materiales, insumos y equipamiento.

12.3. Fuentes de financiamiento Internacionales.

Se han detectado numerosas organizaciones internacionales a las cuales se podría recurrir para la consecución de los fondos necesarios para sostener la actividad. Se ha tomado contacto con algunas de ellas que tienen representación local.

Por otro lado, la firma Formlabs, proveedora tanto de la tecnología de fabricación como de los materiales e insumos necesarios para la producción de los monturas para anteojos aéreos, lleva adelante una política comercial en la que promociona las aplicaciones tecnológicas novedosas de sus sistemas productivos. Para ello disponen de un espacio exclusivo dentro de su sitio web denominado "Customer Stories", en la que publican casos exitosos de desarrollos de productos utilizando tecnología Formlabs. Como incentivo para que los clientes y usuarios continúen experimentando y desarrollando productos con tecnología Formlabs, la compañía suele proveer gratuitamente materiales e insumos. Al momento de la escritura de este trabajo se están realizando las primeras tratativas con el representante en Argentina de Formlabs para realizar la presentación del proyecto ante la compañía con la intención de que esta experiencia sea incluida en el espacio "Customer Stories"

13. Bibliografía

- Ana Luz Abramovich ... [et.al.] (2012) En carrera: escritura y lectura de textos académicos y profesionales - Coordinado por Lucía Natale. - 1a ed. - Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Bordignon, Fernando - Iglesias, Alejandro Adrián - Hahn, Ángela (2018)- Diseño e impresión de objetos 3D : una guía de apoyo a escuelas. Unipe. Buenos Aires.
- Carlos Matus. Política, Planificación y Gobierno. Fundación Altadir. Caracas. ISBN 980-300-316-X (1987).
- Diccionario de óptica ocular y optometría : conceptos y fundamentos para la atención sanitaria / Mario Garavaglia ... [et al.] ; coordinación general de Mario Garavaglia. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2019. Libro digital, PDF - (Libros de cátedra) Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-34-1824-6
Recuperado de <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/1313/1297/4251-1> (07/2023)
- Dra. Marianela Armijo (2009). Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública ILPES/CEPAL.
- Estatuto de la Universidad Nacional de Rosario, recuperado de "<https://unr.edu.ar/wp-content/uploads/2023/04/estatutoweb2023.pdf>" Junio de 2023.
- Hernández Meléndrez, E. (2006). Cómo escribir una tesis. Recuperado de http://biblioteca.ucv.cl/site/servicios/documentos/como_escribir_tesis.pdf.
- Impresoras 3D de alto rendimiento <https://formlabs.com/resources/#collection> (07/2023)
- John P. Kotter. Al frente del Cambio. Ediciones Urano SA. Barcelona .ISBN 978-84-96627-24-6.(2007)

- Mikell P. Groover (2007) FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA Materiales, procesos y sistemas. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.VI. México.
- Ordenanza 701/14 CS Universidad Nacional de Rosario. Disponible en Secretaría Administrativa del Instituto Politécnico Superior.
- Pascal Antoine....(2011) Documentos cotec sobre oportunidades tecnológicas Fabricación Aditiva. ISBN: 978-84-92933-15-0.Gráficas Arias Montano, S. A.
- Samaja Juan. (2004). Proceso, diseño y proyecto en investigación científica. JVE ediciones.
- Saravia Gallardo Marcelo Andrés. (2006). Metodología de la investigación Científica. Universitat de Barcelona.
- Tecnología óptica. Lentes oftálmicas, diseño y adaptación. Joan Salvadó Arqués / Marta Fransoy Bel y otros - Edicions UPC, 1996, ISBN: 84-8301-474-2.
- VINCULACIÓN PRODUCTIVA Y SOSTENIBILIDAD REGIONAL <https://2030.unr.edu.ar/vinculacion-productiva-y-sostenibilidad-regional-2/> (07/2023)