

Arq. Francisco Haroldo Alfaro Salazar

Director de la División

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

**Proyecto: Apoyo en el área de Manufactura Avanzada dentro de la Unidad de
Investigación de Órtesis y Prótesis en la ENES Juriquilla**

Clave: XCAD000969

Periodo: 3 de abril de 2025 al 6 de noviembre de 2025

Responsable del Proyecto: Mtro. Azael Xolalpa

Asesor Interno UAM-X: Mtro. José Leandro Mendoza Cuenca

No. Económico: 36058

Correo electrónico: jmendoza@correo.xoc.uam.mx


Firma del asesor interno

Maura Mariana Gutiérrez Vasconcelos

Matrícula: 2203022120

Licenciatura de Diseño Industrial

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Correo electrónico: 2203022120@alumnos.xoc.uam.mx

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	3
ACTIVIDADES REALIZADAS	3
PROYECTO DESTACADO	6
METAS ALCANZADAS	9
REFLEXIÓN Y CONCLUSIONES	9
ANEXOS	11

INTRODUCCIÓN

El presente informe describe las actividades realizadas durante mi Servicio Social en la Unidad de Investigación de Órtesis y Prótesis de la ENES Juriquilla en Querétaro, particularmente en el área de Manufactura Avanzada, en un periodo comprendido entre abril y noviembre del 2025.

Mi incorporación se dio en un entorno altamente especializado, donde convergen la ingeniería, la biomecánica, la rehabilitación y el diseño industrial. Este espacio me permitió trabajar con tecnologías profesionales de escaneo 3D, modelado digital, manufactura aditiva, maquinado CNC y procesos avanzados de fabricación de dispositivos ortésicos y protésicos.

Asimismo, tuve la oportunidad de desarrollar un proyecto propio de investigación y diseño: un liner/socket transfemoral personalizado con enfoque en ergonomía, confort térmico y adaptabilidad anatómica, proyecto que constituyó el eje central de mi estancia y que integró de forma profunda los conocimientos clínicos, técnicos y de diseño acumulados durante mi formación.

OBJETIVO GENERAL

Aplicar los conocimientos adquiridos en la Licenciatura en Diseño Industrial dentro de un entorno interdisciplinario vinculado al diseño, manufactura y evaluación de componentes protésicos y ortésicos; contribuyendo al desarrollo de soluciones funcionales, seguras e innovadoras, y al fortalecimiento de mis competencias profesionales en tecnologías de manufactura avanzada, diseño digital y análisis centrado en el usuario.

ACTIVIDADES REALIZADAS

A lo largo de mi servicio participé en actividades técnicas, clínicas, académicas y de investigación. A continuación se describen de manera organizada.

1. Escaneo 3D y digitalización de componentes.

Durante mi estancia adquirí dominio del escaneo tridimensional como parte fundamental del flujo de trabajo protésico y como herramienta de ingeniería inversa aplicada a piezas mecánicas y modelos anatómicos. Para ello:

- Aprendí a utilizar el HandySCAN 3D Black no solo para digitalizar componentes mecánicos, moldes de yeso y modelos anatómicos de muñones, sino también para interpretar, reconstruir y replicar piezas mediante procesos de ingeniería inversa.
- Apliqué metodologías para la captura precisa de geometrías complejas, la correcta disposición de targets, la calibración del equipo y la obtención de nubes de puntos de alta resolución.
- Realicé procesos de alineación, reconstrucción volumétrica, reducción de ruido y optimización de mallas utilizando VXScan y VXModel, asegurando que las piezas resultantes fueran aptas para manufactura aditiva o sustractiva.
- Participé como apoyo en escaneos de pacientes reales, colaborando en la toma de medidas, documentación anatómica y registro clínico.

2. Modelado avanzado y reconstrucción digital.

Desarrollé modelado especializado con diferentes softwares utilizados profesionalmente en la industria biomédica:

- **Geomagic Freeform + dispositivo háptico Touch 3D Systems:**
 - Reconstrucción orgánica de moldes transfemorales y transtibiales.
 - Corrección de imperfecciones, suavizado anatómico y digital sculpting de superficies complejas.
- **Rhino 7 y SolidWorks:**
 - Modelado paramétrico de piezas mecánicas y soportes.
 - Rediseño geométrico de articulaciones infantiles de cadera para prácticas académicas.
 - Conversión de mallas a sólidos y reparación avanzada para permitir manufactura híbrida.
- **Optimización integral de modelos:**
 - Preparación de archivos para carving, CNC y manufactura aditiva.
 - Ajustes con base en requerimientos clínicos y biomecánicos.

3. Manufactura aditiva e impresión 3D profesional.

Trabajé activamente en la preparación, impresión y acabado de piezas:

- Uso de Eiger.io para preparar trayectorias, espesores y soportes.
- Impresión en Markforged Mark Two utilizando filamento Onyx, produciendo:
 - Piezas reconstruidas para restauración de un auto clásico.
 - Medallas personalizadas para un evento institucional de la ENES.
 - Articulaciones infantiles de cadera rediseñadas para estudiantes de la Licenciatura de Órtesis y Prótesis.
- Operé un socket edge trimmer (rectificadora/pulidora de bordes) para post procesos como lijado y pulido de los bordes superiores de sockets protésicos previamente manufacturados en termoformado.

4. Manufactura sustractiva y maquinado CNC.

Colaboré en procesos de maquinado de alta precisión:

- Capacitación de seguridad y asistencia en la operación de la HAAS UMC-750, máquina de 5 ejes utilizada para fabricación de componentes complejos.
- Creación de código G mediante Mastercam para carving de moldes anatómicos.
- Operación y supervisión del Robot Víctor Rodín 4D para el tallado de espuma de poliuretano, fabricando:
 - Moldes de muñones para fabricación de sockets.
 - Moldes para órtesis AFO previamente digitalizados.
- Manejo de maquinaria de taller: sierras, taladros de banco y herramientas rotativas.

5. Actividades clínicas y de interacción con pacientes.

Mi participación dentro de la Unidad de Investigación de Órtesis y Prótesis también incluyó actividades vinculadas al ámbito clínico y a la comprensión profunda de los procesos de producción protésica desde el enfoque médico-técnico. En este sentido:

- Asistí a cursos impartidos por las marcas líderes internacionales en tecnología protésica, Össur y Ottobock, donde se detallaron los procesos

completos de fabricación de sockets transtibiales y transfemorales, desde la toma de molde hasta el acabado final.

- Estos cursos me permitieron observar de primera mano:
 - Técnicas de alineación y adaptación del socket.
 - Herramientas, materiales y principios utilizados en la producción clínica.
 - Consideraciones biomecánicas para optimizar la marcha y reducir puntos de presión.
- Durante dichas sesiones tuve la oportunidad de entrevistar a pacientes, escuchar sus experiencias y documentar sus necesidades reales, lo que enriqueció mi entendimiento del impacto cotidiano que tiene un diseño protésico en su calidad de vida.
- Esta formación externa, combinada con la práctica clínica interna, me permitió integrar conocimientos de factores humanos, biomecánica, ergonomía, ingeniería de materiales y manufactura avanzada, los cuales fueron esenciales para el desarrollo de mi proyecto del liner/socket transfemoral personalizado.

6. Apoyo docente y académico.

Participé como apoyo en sesiones prácticas y teóricas dirigidas a:

- Estudiantes de preparatoria interesados en la Licenciatura en Órtesis y Prótesis.
- Estudiantes de la Licenciatura en Órtesis y Prótesis en talleres vinculados a manufactura avanzada y diseño asistido por computadora.

PROYECTO DESTACADO: LINER/SOCKET PROTÉSICO TRANSFEMORAL PERSONALIZADO.

Este proyecto fue el eje principal de mi estancia en la unidad. Su propósito fue investigar, diseñar y fundamentar un liner/socket transfemoral personalizado, adaptable a la anatomía específica del paciente y con mejor desempeño térmico, ergonómico y de confort.

El proyecto implicó un proceso integral de análisis clínico, investigación de materiales, diseño digital y validación preliminar.

1. Fundamentación clínica y problemática detectada.

A partir de mi participación en cursos impartidos por Össur y Ottobock, y del contacto directo con pacientes durante sus procesos de valoración, documenté las problemáticas más comunes en usuarios transfemorales:

- Fluctuación volumétrica del muñón.
- Acumulación de calor y sudoración excesiva.
- Irritación dérmica, fricción y puntos de presión.
- Inestabilidad y fatiga derivadas de desalineaciones.

Estos hallazgos guiaron la toma de decisiones respecto a geometrías, zonas de carga y materiales.

2. Investigación técnica y de materiales.

Realicé una investigación extensa sobre:

- Tipos de amputación y de sockets protésicos.
- Tipos de suspensión, vacío y componentes protésicos.
- Tecnologías utilizadas en sockets contemporáneos.
- Materiales poliméricos y textiles.
- Procesos de manufactura como toma de molde, corrección de molde, laminado, termoformado, escáner 3D y carving.

Esta información permitió construir una base sólida para proponer un sistema más adaptable, cómodo y eficaz.

3. Modelado digital anatómico y diseño del sistema liner/socket.

El proceso de diseño involucró:

- Escaneo 3D del muñón mediante HandySCAN 3D Black para obtener una geometría precisa y utilizable para modelado paramétrico.

- Reconstrucción anatómica detallada en Rhino 7 y Geomagic Freeform, utilizando el dispositivo Touch para esculpir zonas críticas.
- Definición de zonas de:
 - carga principal,
 - alivio de presión,
 - flexibilidad,
 - regulación térmica.
- Diseño conceptual del socket multicapa con variaciones de espesor, densidad, composición y rigidez acorde a las necesidades del usuario.

4. Estado del proyecto al cierre del servicio social.

Debido a la complejidad técnica y clínica del proyecto, así como al tiempo limitado de la estancia, no se alcanzó la etapa de prototipado físico del socket multicapa.

Sin embargo, se logró:

- La construcción completa del marco teórico y clínico.
- La delimitación del problema y la justificación técnica.
- El modelado digital preliminar del muñón y del sistema propuesto.
- Pruebas iniciales de materiales, evaluando su comportamiento, flexibilidad y potencial de uso en un socket multicapa.
- La documentación de un proceso metodológico que permitirá continuar con el diseño y validación en el futuro.

Este avance representa una primera fase sólida para un proyecto de alto nivel, interdisciplinario y con impacto clínico.

5. Proyección futura del proyecto.

El desarrollo de este liner/socket transfemoral permanece abierto y con un potencial significativo de investigación y aplicación real.

Aunque el prototipado no fue posible durante mi servicio social, mi intención es retomar este proyecto al concluir la licenciatura y regresar como voluntaria a la Unidad de Órtesis y Prótesis de la ENES para continuar:

- la evaluación avanzada de materiales,
- la iteración del diseño digital,
- el desarrollo de prototipos funcionales,
- y la validación clínica con especialistas.

Mi objetivo es transformar esta línea de investigación en una propuesta asequible de diseño con beneficio tangible para los usuarios de prótesis transfemorales.

METAS ALCANZADAS.

Durante mi servicio social logré consolidar competencias técnicas, metodológicas y profesionales en áreas como:

- Escaneo 3D de precisión.
- Modelado avanzado orgánico y paramétrico.
- Manufactura aditiva y sustractiva.
- Análisis clínico–funcional aplicado al diseño..
- Desarrollo de proyectos complejos con enfoque en innovación biomédica.
- Trabajo interdisciplinario con ingenieros, ortesistas protesistas y docentes.
- Comunicación técnica y apoyo académico a nuevos estudiantes.

Estas metas representan un crecimiento significativo de mis capacidades profesionales y una comprensión más profunda del diseño aplicado al cuerpo humano.

REFLEXIÓN Y CONCLUSIONES.

La experiencia obtenida durante mi servicio social en la Unidad de Investigación de Órtesis y Prótesis representó un punto de transformación personal y profesional. Más allá del dominio técnico adquirido, esta estancia me permitió comprender la magnitud y profundidad del campo protésico en México y en América Latina.

Me hice consciente de que nuestro país cuenta con un porcentaje significativo de población amputada, resultado de diversas causas como diabetes, accidentes laborales y de tránsito, enfermedades vasculares y violencia. A pesar de esta realidad, observé que el diseño, investigación y desarrollo de prótesis sigue siendo

un campo poco abordado, especialmente si se compara con la alta demanda de soluciones funcionales, accesibles y ergonómicas que requiere la población.

Esta brecha evidenció para mí la necesidad urgente de innovación aplicada, pero no únicamente innovación tecnológica de alto costo, sino innovación que sea asequible, adaptable y pertinente para el contexto social y económico de México y Latinoamérica. Diseñar para este sector implica reconocer las limitaciones del usuario, del sistema de salud y de los recursos disponibles, y aun así, buscar soluciones inteligentes, seguras y técnicamente sólidas.

Durante mi trabajo comprendí también que el diseño de dispositivos protésicos es un mundo complejo, en el que intervienen variables mecánicas, anatómicas, materiales, térmicas y biomecánicas, además de factores humanos, psicológicos y culturales. Es un campo que exige sensibilidad, precisión y una profunda comprensión del cuerpo humano, pero también apertura al diálogo y a la colaboración.

La convivencia profesional con ingenieros, diseñadores, ortesistas protesistas, fisioterapeutas, estudiantes y pacientes me permitió confirmar que este trabajo no puede hacerse de manera aislada. La ortopedia técnica y el diseño de prótesis requieren una colaboración interdisciplinaria constante, donde cada área aporta conocimientos esenciales para crear soluciones realmente útiles y seguras.

Mi participación en procesos clínicos, en manufactura avanzada y en investigación aplicada me permitió ver el impacto que un buen diseño puede tener en la vida diaria de una persona amputada: mejorar su movilidad, reducir su dolor, devolverle independencia. Esta visión reafirmó mi compromiso con seguir estudiando, investigando y creando en este campo.

Finalmente, esta experiencia despertó en mí un interés profundo por continuar desarrollando proyectos que respondan a esta realidad. Sé que el camino es amplio y complejo, pero también sé que es un campo profundamente necesario, humano y transformador, al que deseo seguir aportando desde el diseño industrial y la investigación aplicada.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

La elaboración de este informe se basó principalmente en la experiencia práctica directa adquirida durante mi estancia en la Unidad de Investigación de Órtesis y Prótesis de la ENES Juriquilla. No obstante, se incluyen referencias técnicas y electrónicas consultadas como apoyo contextual sobre manufactura avanzada, diseño protésico, escaneo tridimensional, materiales y fundamentos clínicos.

- Össur. (s.f.). Prosthetic Solutions and Clinical Resources. Recuperado en noviembre de 2025 de: <https://www.ossur.com/en-us/prosthetics>
- Ottobock. (s.f.). Lower Limb Prosthetics: Technology and Clinical Application. Recuperado en noviembre de 2025 de: <https://www.ottobock.com/en-us/prosthetics>
- Radcliffe, C. W. (1994). The biomechanics of below-knee prostheses. Prosthetics and Orthotics International.
- ISO 10328:2016. Prosthetics — Structural testing of lower-limb prostheses. International Organization for Standardization.
- Creaform. (s.f.). HandySCAN 3D Black – Technical Specifications and Applications. Recuperado en noviembre de 2025 de: <https://www.creaform3d.com/en/portable-3d-scanner-handyscan-3d>
- VXelements – Creaform Software Suite. (s.f.). VXscan and VXmodel Documentation. Recuperado de: <https://www.creaform3d.com/en/software>
- 3D Systems. (s.f.). Touch Haptic Device for Freeform Modeling. Recuperado de: <https://www.3dsystems.com/haptics-devices/touch>
- Geomagic. (s.f.). Freeform Software – Organic Engineering Design Tools. Recuperado de: <https://www.3dsystems.com/software/geomagic-freeform>
- Markforged. (s.f.). Mark Two Industrial Composite 3D Printer. Recuperado en noviembre de 2025 de: <https://markforged.com/3d-printers/mark-two>
- Markforged. (s.f.). Onyx Material Datasheet. Recuperado de: <https://markforged.com/materials/onyx>
- Eiger Software. (s.f.). Preparation of Additive Manufacturing Files. Recuperado de: <https://www.eiger.io/>
- Norman, D. A. (2013). The Design of Everyday Things. Basic Books.
- ISO 9241-210:2019. Human-centred design for interactive systems. ISO.

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Assistive Technology and Prosthetic Access. Recuperado de: <https://www.who.int/health-topics/assistive-technology>
- INEGI. (2020). Estadísticas sobre discapacidad y movilidad en México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/discapacidad/>

RECOMENDACIONES

A partir de la experiencia adquirida durante mi servicio social en el área de Manufactura Avanzada de la Unidad de Investigación de Órtesis y Prótesis, considero pertinente compartir algunas recomendaciones que podrían contribuir al fortalecimiento de futuros proyectos y a la integración de próximos prestadores de servicio social:

1. Dar continuidad a proyectos de investigación de mediano y largo plazo, como el desarrollo de sistemas personalizados de liner/socket, ya que estos requieren etapas extensas de análisis clínico, evaluación de materiales y validación funcional que pueden superar el periodo de una estancia semestral.
2. Fomentar la documentación sistemática de procesos digitales y de manufactura, especialmente en flujos de trabajo que involucran escaneo 3D, reconstrucción anatómica y fabricación híbrida, con el fin de facilitar la transferencia de conocimiento entre generaciones de estudiantes.
3. Mantener e impulsar la vinculación con empresas líderes del sector protésico, como Össur y Ottobock, ya que los cursos y capacitaciones externas complementan de forma significativa la formación técnica y clínica del equipo dentro de la unidad.
4. Continuar promoviendo el trabajo interdisciplinario, fortaleciendo la colaboración entre áreas clínicas, ingeniería, manufactura y diseño industrial, dado que el desarrollo de dispositivos protésicos eficientes depende de la integración de múltiples perspectivas profesionales.