

Integración entre Ingeniería, Diseño y Tecnología Asistiva

CDIO en sprints para la prototipación conceptual



Maria Lilian Araújo Barbosa
Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Ficha Editorial

Autoras

Maria Lílian de Araújo Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-9061>

Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1968-1964>

Instituciones involucradas:

Universidad Federal de Paraná – UFPR

Programa de Posgrado en Ingeniería Mecánica – PGMec/UFPR

Laboratorio de Ergonomía y Usabilidad – LabErg/UFPR

Núcleo de Investigación en Tecnología Asistiva (NAPI-TA) | Fundación Araucária

License: Attribution–NonCommercial–NoDerivatives 4.0 International

 **CC BY-NC-ND 4.0**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

B264i

1.ed.

Barbosa, Maria Lílian Araújo

Integración entre Ingeniería, Diseño y Tecnología Asistiva [livro eletrônico] : CDIO en sprints para la prototipación conceptual / Maria Lílian Araújo Barbosa, Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto ; tradutores Gilda Luisa Mac-Lean Meneses, Laureano Vallese Pelegrin. — 1.ed. – Curitiba, PR : ABPTA, 2026.
PDF

Título original: Integração entre engenharia, design e tecnologia assistiva : CDIO em sprints para prototipagem conceitual.

Bibliografía.

ISBN 978-65-975756-0-2

DOI 10.52050/9786597575602

1. Design. 2. Engenharia. 3. Prototipagem. 4. Tecnologia assistiva (TA). I. Okimoto, Maria Lúcia Leite Ribeiro. II. Meneses, Gilda Luisa Mac-Lean. III. Pelegrin, Laureano Vallese. IV. Título.

05-2026/28

CDD 620

Índice para catálogo sistemático:

1. Protótipos : Design : Engenharia : Tecnologia 620

Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129

ABPTA - Associação Brasileira de Pesquisadores em Tecnologia Assistiva

<https://abpta.com.br> – Curitiba/PR – Brasil

Presentación

Esta obra presenta un método adaptado del modelo CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar), desarrollado mediante sprints e integrando fundamentos de la Ingeniería y del Diseño en el ámbito de la Tecnología Asistiva (TA).

La metodología expuesta en este volumen fue aplicada inicialmente en un proyecto de Iniciación Científica dirigido a estudiantes de pregrado del curso de Ingeniería Mecánica.

El curso fue concebido, estructurado y ejecutado en el marco de la estancia posdoctoral de la Dra. Maria Lílian de Araújo Barbosa, realizada en el Programa de Posgrado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Paraná (PGMec/UFPR).

Las actividades se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ergonomía y Usabilidad (LabErg/UFPR), con el apoyo del NAPI-TA (Nuevos Arreglos de Investigación e Innovación en Tecnología Asistiva), de la Fundación Araucária.

La estructura del método es transversal y multidisciplinaria, con un enfoque de aprendizaje activo, y puede ser utilizada en distintos contextos, tanto educativos como empresariales y en espacios de innovación.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al NAPI de Tecnología Asistiva y a la Fundación Araucária por la beca de estancia posdoctoral que hizo posible el desarrollo de esta obra.

Supervisión Académica

Prof. Dra. Ing. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Coordinadora del Programa de Posgrado en Ingeniería Mecánica (dic. 2024 – dic. 2026).

Coordinadora del NAPI-TA – Nuevos Arreglos de Investigación e Innovación en Tecnología Asistiva, Fundación Araucária (2022–2027).

Presidenta y Miembro del Comité Asesor COENG-Design del CNPq (2024–2027).

Coordinadora del Laboratorio de Ergonomía y Usabilidad (LabErg, UFPR).

Cómo usar este libro

Este libro fue desarrollado para apoyar a educadores, facilitadores y profesionales en la conducción de procesos estructurados y basados en evidencias para la creación de prototipos conceptuales en Tecnología Asistiva, en las dimensiones física, digital y gráfica.

El contenido está organizado en cuatro encuentros, en formato de sprints. Cada capítulo orienta al facilitador en cuanto a los objetivos, entregables, herramientas y decisiones de cada etapa del proceso: comprender un problema real, diseñar con base en evidencias, construir prototipos conceptuales, simular el uso y reflexionar sobre las soluciones propuestas.

La adaptación de las etapas CDIO a sprints transforma la práctica docente en un espacio de co-creación, colaboración, experimentación y reflexión, favoreciendo el aprendizaje activo a lo largo del proceso.

El uso de un lenguaje claro y accesible permite su aplicación incluso con grupos sin experiencia previa en Tecnología Asistiva.

El facilitador no necesita ser especialista en Tecnología Asistiva. Su función es organizar el tiempo de los encuentros, orientar el uso de las herramientas y garantizar la alineación metodológica. El método prevé la participación puntual de especialistas, según el tipo de prototipo en desarrollo. No obstante, se recomienda que el facilitador cuente con formación académica o experiencia profesional en Ingeniería y/o Diseño.

Sumario

Introducción	6
Capítulo 1 • Conceptos clave	7
Capítulo 2 • Herramientas conceptuales	22
Capítulo 3 • Orientaciones generales para el facilitador	33
Capítulo 4 • Encuentros CDIO con sprints	
– Encuentro 1 • Conceive (Concebir)	41
– Encuentro 2 • Design (Diseñar)	44
– Encuentro 3 • Implement (Implementar)	47
– Encuentro 4 • Operate (Operar)	50
Consideraciones y Perspectivas	54
Referencias	56
Notas sobre las autoras	57

Introducción

La adaptación del modelo CDIO estructurada en sprints posibilita el desarrollo de prototipos conceptuales en Tecnología Asistiva a nivel exploratorio.

La forma en que el método ha sido organizado permite que cualquier facilitador, incluso sin conocimientos previos en Tecnología Asistiva, utilice el CDIO para la TA como herramienta de razonamiento proyectual, creación colaborativa, simulación del uso y simulación del contexto de uso, promoviendo el aprendizaje activo de los participantes.

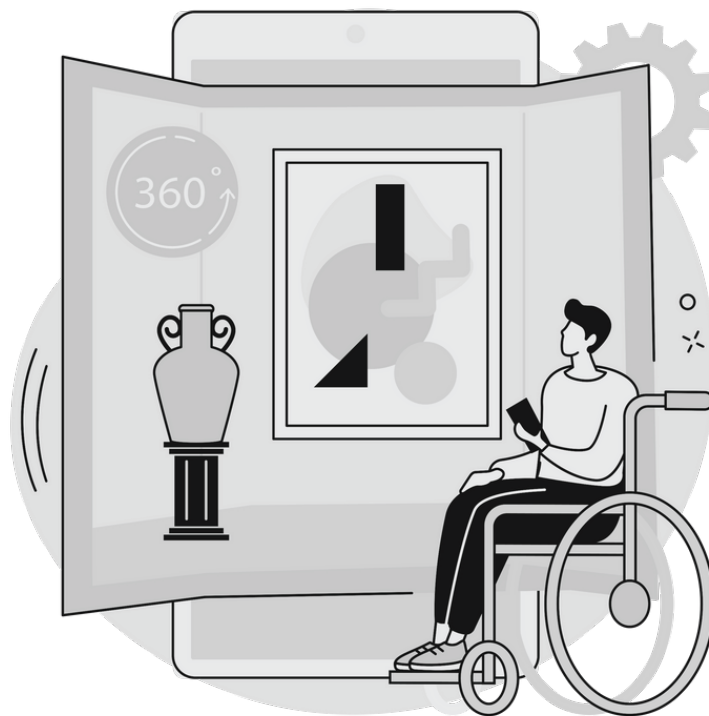
Este libro no propone evaluación con usuarios, pruebas de productos finales ni validación técnica o clínica. Cualquier estudio, simulación o interacción que involucre a personas —en especial, personas mayores o con discapacidad— debe seguir rigurosamente los protocolos éticos exigidos en el contexto institucional o de investigación en el que se aplique el método.

En los capítulos siguientes, el lector encontrará los conceptos clave, las herramientas conceptuales, las orientaciones al facilitador y el detalle para realizar los cuatro encuentros del CDIO en sprints.

Las herramientas conceptuales indicadas no son prescriptivas y se encuentran fácilmente en internet. Sugerimos el uso de la plataforma Miro (<https://miro.com/>), donde hay herramientas y recursos que pueden ser accedidos en su versión gratuita.

Capítulo 1

Conceptos clave



Este capítulo presenta los conceptos fundamentales para comprender el contexto del método CDIO aplicado a la creación de prototipos conceptuales en Tecnología Asistiva (TA).

Los términos reunidos y presentados aquí funcionan como punto de partida para que cada facilitador adquiera un conocimiento básico, pero relevante, para la aplicación del método propuesto.

Los términos fueron organizados de lo general a lo específico, iniciando por los conceptos más amplios y avanzando hacia definiciones más detalladas.

Tecnología Asistiva (TA)

La Tecnología Asistiva (TA) es un conjunto de recursos, productos, servicios y sistemas y es definida por la OMS (2022) como un subconjunto de las tecnologías de la salud. La TA sirve para ampliar la funcionalidad, la autonomía, la independencia y la inclusión de personas con distintos tipos de dificultades funcionales (motoras, cognitivas, sensoriales), ya sean permanentes o temporales.

Para los fines de este libro, hemos adaptado y adoptado tres categorías:

TA física: creación o adaptación de dispositivos simples, como pinzas, asas o extensores;

TA digital: interfaces accesibles, como aplicaciones simplificadas, lectores de pantalla o PDF interactivos;

TA gráfica: libros, folletos, materiales informativos y etiquetas.

Esta clasificación ayuda a los participantes a identificar rápidamente qué clases de artefactos asistivos pueden crearse para cada contexto, incluso sin experiencia previa en Ingeniería, Diseño, TA o áreas afines. No obstante, para una profundización sobre el tema, sugerimos consultar informes técnicos como el **Global Report on Assistive Technology** (OMS, 2022).

A continuación, se presentan algunos contextos actuales prioritarios para la TA.



Tecnología Asistiva (TA)

Contextos prioritarios



Fuente: WHO (2017)

CDIO

El CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) es un modelo creado a comienzos de los años 2000 por educadores del MIT y de universidades suecas con el objetivo de aproximar la enseñanza de la ingeniería a la práctica profesional. En la actualidad, es adoptado por instituciones como el MIT, Stanford y la Universidad de São Paulo (USP).

El marco organiza el desarrollo de productos, sistemas y servicios en cuatro etapas:

Conceive (Concebir): identificar el problema, definir necesidades prioritarias y comprender el contexto de uso.

Design (Diseñar): generar alternativas, traducir los requisitos en decisiones de diseño y desarrollar soluciones.

Implement (Implementar): construir prototipos funcionales y analizar aspectos técnicos y de usabilidad.

Operate (Operar): simular situaciones de uso y analizar y discutir los ajustes necesarios, siempre a nivel exploratorio, sin carácter de validación técnica o clínica.

CDIO Standards

En este libro no se abordan los estándares de acreditación del CDIO. Los CDIO Standards son directrices creadas para orientar a las instituciones que desean implementar el modelo de manera estructurada. Tratan temas como buenas prácticas pedagógicas, infraestructura mínima para la prototipación, formación de educadores y evaluación de competencias a lo largo del ciclo CDIO.

Los estándares se mencionan únicamente para situar al lector que desea conocer más sobre la metodología, su origen y su credibilidad. El facilitador no necesita estudiarlos ni aplicarlos para conducir los sprints. El énfasis de este libro es la adaptación del modelo para el desarrollo de prototipos conceptuales de Tecnología Asistiva en un formato ágil.

CDIO

para Tecnología Asistiva

La Tecnología Asistiva (TA) implica desafíos específicos relacionados con la diversidad funcional y los distintos contextos de uso. La aplicación del CDIO con sprints a la Tecnología Asistiva permite transformar necesidades reales en soluciones funcionales mediante un proceso con rigor metodológico y etapas rastreables.

Sprint 1 – Conceive (Concebir): orienta la identificación precisa del problema, de las barreras funcionales y de las demandas contextuales de la persona usuaria. Esta etapa fomenta comprender “qué falta” y por qué la solución es necesaria, considerando la vida cotidiana de la persona, sus limitaciones y riesgos.

Sprint 2 – Design (Diseñar): estructura la generación y selección de alternativas a partir del problema delimitado, utilizando fuentes confiables como artículos científicos, estudios de caso, normas e informes técnicos para fundamentar el artefacto asistivo propuesto. Temas como ergonomía, accesibilidad, seguridad, interacción, contexto de uso y materiales se definen a partir del relevamiento realizado. Ingeniería y Diseño convergen para sustentar las decisiones, que deben ser documentadas. Los ciclos de revisión evitan propuestas superficiales o desalineadas con el problema identificado.

Sprint 3 – Implement (Implementar): permite construir modelos funcionales de baja o media fidelidad, probar hipótesis y posibilidades de simulación. Esta etapa es esencial para alinear al grupo con el problema inicial y funciona como un punto de verificación, reduciendo errores y desviaciones de alcance antes de la siguiente fase.

Sprint 4 – Operate (Operar): consiste en simular la solución lo más cerca posible de la situación real de uso. Esta etapa revela si el prototipo conceptual cumple su función y atiende la necesidad de la persona usuaria, considerando la simulación del contexto. Todo el proceso se documenta y, aun sin validez técnica o clínica ni pruebas con usuarios, puede servir de base para el desarrollo de un producto final.

El CDIO aplicado a la TA desarrolla competencias de Ingeniería y Diseño, como el análisis de contexto, el registro de decisiones y la evaluación simulada del uso, los riesgos y la comunicación de resultados.

El modelo favorece un proceso creativo con base técnica, en el cual los participantes aprenden haciendo, simulando y reflexionando sobre la prototipación conceptual, al mismo tiempo que se sensibilizan con la inclusión social de personas con discapacidad y personas mayores.

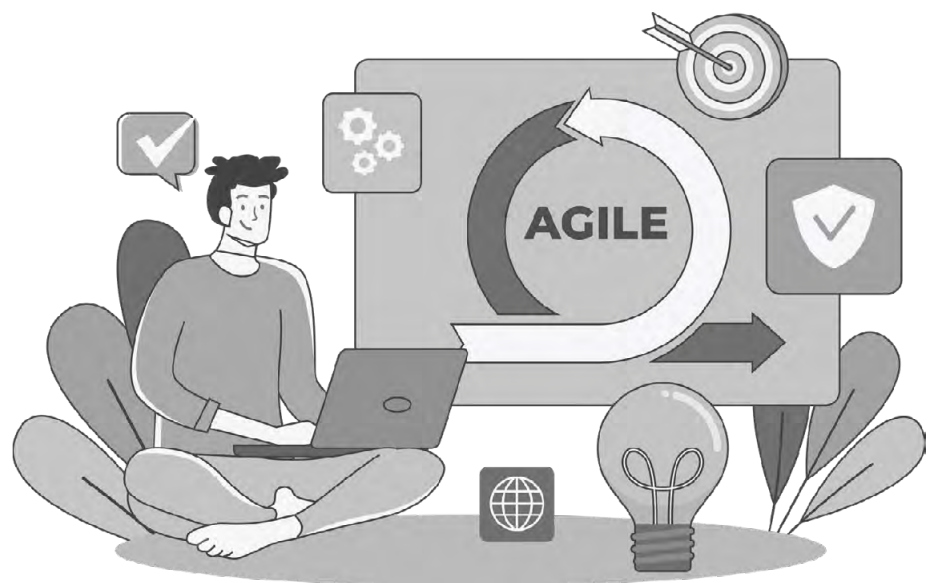
Sprints

Los sprints son ciclos ágiles de trabajo organizados para conducir a un equipo desde la comprensión de un problema hasta la construcción de una solución tangible en un período limitado de tiempo. Estructuran el proceso en etapas claramente delimitadas, con objetivos y entregables definidos, favoreciendo decisiones fundamentadas y rápidas, además de promover el aprendizaje activo.

El concepto de sprint surgió en el campo del diseño y la innovación, pero fue sistematizado por Jake Knapp en Google Ventures en la década de 2010. En el modelo original, el sprint comprime meses de trabajo en una sola semana, combinando foco, colaboración y experimentación rápida para reducir riesgos antes de realizar mayores inversiones en el desarrollo de productos. Este formato se consolidó como una práctica recurrente en proyectos de ingeniería, diseño y tecnología.

El CDIO en formato de sprints para la Tecnología Asistiva prioriza el rigor metodológico. A diferencia del modelo de Knapp, la adaptación propuesta no presupone pruebas con usuarios reales ni validación técnica o clínica. Aquí, los sprints operan a nivel conceptual y exploratorio, con foco en la simulación, la lógica de uso y la reflexión sobre si la solución responde al problema identificado.

Cada sprint corresponde a una etapa del ciclo CDIO y da lugar a entregables documentados que organizan el proceso, reducen o eliminan las desviaciones de alcance y hacen que el proceso sea rastreable y replicable, factores que caracterizan el rigor metodológico.



Entrega mínima (del Sprint)

En las metodologías ágiles, la entrega mínima corresponde al resultado esencial considerado “listo” al final de un ciclo de trabajo, definido a partir del alcance y de criterios establecidos. Este concepto ayuda a mantener el foco, documentar el progreso y orientar la toma de decisiones en ciclos cortos.

En el CDIO para la Tecnología Asistiva, la entrega mínima representa el resultado esencial que cada encuentro debe producir, como un registro, una alternativa de solución, un boceto, una lista de decisiones o el prototipo conceptual, definido al inicio del sprint.

El facilitador define la entrega y la comunica a los participantes al comienzo de cada encuentro, considerando el tiempo disponible, el perfil del grupo y el tipo de Tecnología Asistiva en desarrollo. La definición de la entrega mínima orienta las acciones que se desarrollarán durante el sprint.

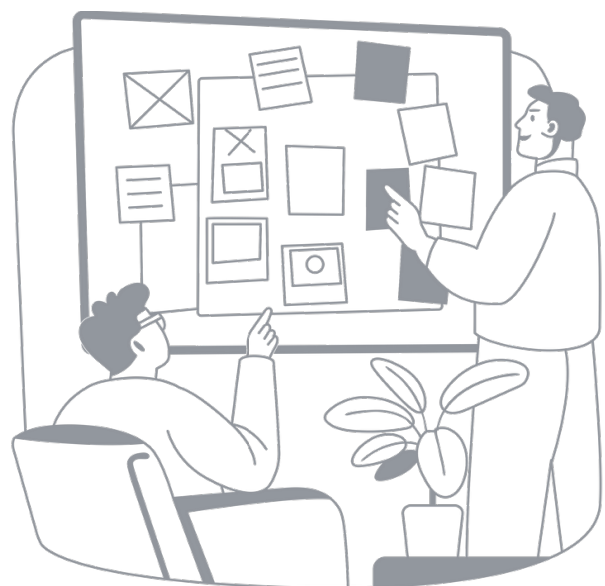


Prototipo conceptual

Un prototipo conceptual es una representación simplificada de una solución, creada para explorar la lógica de funcionamiento y el posible uso de un artefacto antes de cualquier desarrollo técnico.

En el CDIO-TA, el prototipo conceptual utiliza representaciones de bajo costo como bocetos, modelos simples, wireframes o simulaciones físicas o digitales.

Permite verificar si la propuesta tiene sentido para la persona usuaria y el contexto definido, apoyando decisiones iniciales con coherencia respecto a la viabilidad del concepto. No tiene carácter técnico, clínico ni de producto final. Por lo tanto, su función es apoyar el razonamiento proyectual, la reflexión sobre el uso y la comunicación de la idea.



Usuarios

Levantamiento de necesidades

La persona usuaria es quien experimenta la barrera funcional que motiva el proyecto. Puede ser una persona mayor, una persona con discapacidad permanente o alguien con una limitación temporal. En la Tecnología Asistiva, el punto de partida es comprender quién es esa persona, qué hace, en qué contexto y qué barreras enfrenta.

El levantamiento de necesidades puede realizarse sin contacto directo con usuarios, mediante métodos indirectos y observacionales que respetan la ética y la privacidad. Estos enfoques utilizan datos públicos o ya existentes para identificar patrones de uso, dificultades recurrentes y barreras funcionales.

Entre los métodos más utilizados se encuentran:

Observación no invasiva: análisis de comportamientos en espacios públicos, sin interacción directa ni identificación de individuos, para reconocer dificultades frecuentes en el uso de entornos, productos o servicios.

Monitoreo online anónimo: uso de estadísticas agregadas, búsquedas por palabras clave y patrones generales de navegación para identificar demandas y problemas de uso en contextos digitales.

Análisis de datos existentes: revisión de investigaciones previas, informes, métricas generales de uso o registros institucionales para identificar tendencias y problemas recurrentes. Las evaluaciones heurísticas, como las sistematizadas por el Nielsen Norman Group (NN/g), pueden apoyar este análisis.

Investigación secundaria: consulta de estudios académicos, normas técnicas, datos demográficos públicos, informes de mercado y análisis de soluciones similares.

Estos métodos se priorizan por su adecuación al carácter exploratorio del CDIO-TA y al desarrollo de prototipos conceptuales sin contacto directo con usuarios, manteniendo rigor ético y coherencia metodológica.

A partir del levantamiento de necesidades, se construye un referente teórico sólido para la elaboración de la persona de la persona usuaria.

Persona

de la persona usuaria

En el CDIO aplicado a la Tecnología Asistiva, el modelo clásico de persona, común en marketing y UX (centrado en la empatía narrativa, el estilo de vida y rasgos subjetivos), no es adecuado, ya que puede desviar el foco de la barrera funcional y no contribuir de manera efectiva al desarrollo del prototipo conceptual de TA.

En el CDIO-TA, la persona debe aportar los elementos asociados al problema, al contexto de uso y a la barrera funcional.

La herramienta Persona de la Persona Usuaría en el CDIO-TA:

- se alinea con la frase-problema (Sprint 1);
- orienta la creación y selección de soluciones (Sprint 2);
- dirige la prototipación conceptual y la simulación de uso (Sprint 3);
- sustenta la evaluación del prototipo conceptual (Sprint 4).

Ejemplo de datos esenciales de la persona en el CDIO-TA:

- Persona usuaria: persona mayor con movilidad reducida;
- Actividad: ducharse con seguridad;
- Contexto de uso: baño residencial, piso mojado, ausencia de apoyos;
- Barrera funcional: riesgo de caída y dificultad de transferencia;
- Evidencia: análisis de estudios de caso en la literatura científica.

Este enfoque mantiene el método centrado en la función y en el uso real, garantizando coherencia proyectual a lo largo de todo el ciclo CDIO-TA.

Iteración y Contexto de Uso

En el campo del diseño, el concepto de iteración es definido por el Nielsen Norman Group (NNGroup) como un proceso de refinamiento continuo basado en pruebas, evaluación y corrección sucesiva de fallas.

En este libro, la iteración se adopta a nivel conceptual y exploratorio, sin pruebas con usuarios reales.

En el CDIO aplicado a la Tecnología Asistiva, iterar significa revisar sistemáticamente las decisiones proyectuales, incorporando evidencias, reflexiones del grupo, simulaciones de uso y revisiones técnicas de especialistas. La iteración se refiere al ajuste progresivo de la solución, manteniendo la alineación con la persona usuaria, la frase-problema, la barrera funcional identificada y el contexto de uso.

El contexto de uso se refiere a las condiciones en las que la persona usuaria realiza una actividad. Considera quién es esa persona, qué hace, dónde ocurre la acción y qué recursos están disponibles, en entornos físicos, digitales, gráficos o híbridos.

Ejemplos de contexto de uso:

- Físico (espacio, luz, ruido, mobiliario, circulación);
- Digital (dispositivos, interfaces, conectividad, flujo de navegación);
- Gráfico (información visual, tipografía, contraste, jerarquía, soporte impreso o visual).

La comprensión del contexto de uso orienta decisiones proyectuales más adecuadas a la realidad de la persona usuaria.



Barrera Funcional

Una barrera funcional es cualquier limitación que dificulta la realización de una actividad cotidiana, ya sea de naturaleza motora, sensorial, cognitiva, comunicacional o relacionada con el autocuidado.

Identificar la barrera funcional es fundamental para definir el problema real y evitar soluciones genéricas o desconectadas de la realidad de la persona usuaria.

Ejemplos de la vida cotidiana:

Los envases difíciles de abrir, como precintos muy adhesivos o tapas roscadas demasiado apretadas, representan un desafío para personas mayores con artrosis; los controles de electrodomésticos sin identificadores táctiles son inaccesibles para personas ciegas; y la falta de recursos de comunicación adecuados crea barreras para personas con sordera, entre muchos otros casos.



Aprendizaje Activo

En el aprendizaje activo, los participantes asumen un papel central en la construcción del conocimiento, mientras que el facilitador orienta el proceso mediante discusiones estructuradas y la resolución de problemas.

El conocimiento se desarrolla a partir de la co-creación y la colaboración, promoviendo la reflexión crítica, la autonomía y el trabajo en equipo.

En el marco del CDIO, el aprendizaje activo ocurre cuando se investigan problemas reales, se desarrollan entregables en los sprints, se ponen a prueba hipótesis, se discuten decisiones y se revisan resultados. Aprender haciendo, en este contexto, significa registrar información fundamentada, generar evidencias y utilizarlas para reflexionar sobre el proceso y orientar las etapas siguientes.



Evidencias e Impacto Social (en el CDIO-TA)

Las evidencias son informaciones creíbles, hechos o datos que sustentan una afirmación o una hipótesis.

En el CDIO aplicado a la Tecnología Asistiva, las evidencias resultan de la observación, el registro y el análisis del proceso de desarrollo del artefacto asistivo. Las evidencias indican qué funcionó, qué no funcionó y qué ajustes son necesarios.

El impacto social, en marcos internacionales como los adoptados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se comprende a partir del análisis de indicadores cuantitativos y cualitativos utilizados para medir beneficios que generan cambios reales en la vida de las personas, generalmente alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En el modelo CDIO para TA adoptado en este libro, no se trata de medir el impacto mediante métricas financieras o métodos formales de evaluación, sino de reflexionar sobre la coherencia de la solución desarrollada con la realidad de la persona usuaria, promoviendo su autonomía e independencia en las actividades diarias y posibilitando su inclusión social.

Síntesis

Capítulo 1

Este capítulo presentó los conceptos esenciales para llevar a cabo un proceso CDIO aplicado a la Tecnología Asistiva, un campo que requiere comprender las necesidades reales, las barreras funcionales y el contexto de uso del usuario. A partir de esta base conceptual, el facilitador puede profundizar en los temas según el perfil de los participantes y el tipo de Tecnología Asistiva que se esté desarrollando.

El marco CDIO, organizado en sprints, estructura el proceso en ciclos cortos e iterativos que implican la creación de prototipos conceptuales, la simulación de uso, la generación de evidencia y la reflexión sobre el uso en un contexto definido. Concluir cada sprint con un pitch fortalece la comunicación de las soluciones y apoya la toma de decisiones a lo largo del proceso.

El capítulo siguiente presenta las herramientas sugeridas para operacionalizar el método. Estas herramientas ayudan al facilitador y a los participantes en la conducción de los sprints, la organización del trabajo en equipo, el registro de decisiones y la reflexión sobre el conocimiento generado, reforzando el aprendizaje activo.

El facilitador puede utilizar las herramientas que considere más adecuadas según el perfil del grupo, el contexto de aplicación y el tipo de prototipo conceptual que se vaya a desarrollar.

Se recomienda el uso de la plataforma Miro, que ofrece recursos suficientes en su versión gratuita para la organización visual y el trabajo colaborativo. Al final de la actividad, el material puede exportarse en PDF y almacenarse en un drive compartido, que funcionará como repositorio general del proceso.

Se sugiere organizar el drive por sprints, con subcarpetas para cada grupo y archivos nombrados de manera clara por actividad, garantizando trazabilidad y fácil acceso a la información.

CAPÍTULO 2

Herramientas conceptuales

Las herramientas conceptuales ayudan a organizar, visualizar y comprender ideas complejas y sus interrelaciones. Transforman el razonamiento abstracto en representaciones que apoyan el análisis y la toma de decisiones para la resolución de problemas.

Estas herramientas, tales como mapas mentales, diagramas, matrices y modelos, se utilizan ampliamente en contextos educativos, científicos y de gestión para sintetizar información, estructurar análisis, organizar decisiones y mapear procesos.

Las herramientas conceptuales apoyan el pensamiento proyectual a lo largo de los sprints del CDIO-TA, facilitando la comunicación entre el facilitador, los participantes y los revisores, y reduciendo las ambigüedades durante el desarrollo de los prototipos conceptuales.

Objetivo

Este capítulo presenta las herramientas conceptuales sugeridas para ser utilizadas en el método CDIO durante los sprints. Las sugerencias deben ser adecuadas para el desarrollo de prototipos conceptuales de Tecnología Asistiva (TA).



Las herramientas propuestas no son prescriptivas. Pueden ser utilizadas, adaptadas o reemplazadas por otras que tengan más sentido según el contexto de aplicación, el perfil del grupo, el tipo de artefacto asistivo en desarrollo y el nivel de complejidad definido.

Las herramientas sugeridas son:

MATRIZ RACI

Distribución de roles y responsabilidades dentro del grupo. Importante: las responsabilidades pueden ajustarse en cada encuentro, según decisión del grupo.

MAPAS MENTALES / DIAGRAMAS

Herramientas para la creación de mapas mentales, flujos, organización de procesos y documentación.

PERSONA DEL USUARIO

La persona del usuario se define de forma funcional y basada en evidencia.

POP – Procedimiento Operativo Estándar para Revisión por Pares

Documento para registrar decisiones, evidencias y entregables de cada sprint. Garantiza trazabilidad y continuidad del razonamiento proyectual. La revisión por pares es una práctica colaborativa y no evaluativa. Contribuye a la reflexión, ajustes, aprendizaje activo y expansión del repertorio del grupo.

POP-RT – Revisión Técnica por Especialistas

Evaluación de un especialista en el área correspondiente al tipo de TA. Instrumento de análisis de coherencia entre la idea del prototipo de TA y las buenas prácticas profesionales y la experiencia de atención a los usuarios. No constituye validación técnica o clínica.

PITCH

Herramienta de comunicación y síntesis del proceso en cada encuentro. Los pitch intermedios de los sprints duran hasta 3 minutos y el pitch final hasta 5 minutos.

CANVAS A3

Herramienta de síntesis y documentación del proceso. Instrumento final de comunicación del proyecto para presentación ante la comisión.

Matriz R.A.C.I.



La Matriz RACI tiene su origen en la gestión de proyectos y fue popularizada entre las décadas de 1970 y 1980 por consultorías e instituciones como McKinsey & Company y el Defense Systems Management College, hoy Defense Acquisition University (DAU), en Estados Unidos.

Posteriormente, se consolidó como herramienta utilizada en metodologías de gestión de proyectos, como el PMBOK, debido a que facilita la coordinación de equipos y la trazabilidad de las decisiones.

El acrónimo RACI representa cuatro funciones asignadas a cada tarea:

R – Responsable (Responsable): quien ejecuta la actividad.

A – Accountable (Aprobador): quien toma la decisión final y responde por el resultado.

C – Consulted (Consultado): quien aporta información o juicio técnico.

I – Informed (Informado): quien supervisa el avance y recibe actualizaciones.

La Matriz RACI se utiliza para organizar los roles y responsabilidades de cada integrante de los grupos de trabajo en las actividades de cada sprint.

Las asignaciones pueden ajustarse en cada encuentro según la etapa del proceso y las necesidades del grupo, sin comprometer la continuidad del método.

Al estructurar las responsabilidades, la Matriz RACI evita la superposición de funciones y el retrabajo, mejora la comunicación entre los participantes y favorece la conducción organizada de los sprints.

Mapas Mentales, Diagramas, etc.

Estas herramientas se utilizan para explorar el problema, estructurar información y comparar alternativas de solución. Apoyan la organización inicial del pensamiento y la visualización de las relaciones entre el problema, el usuario, el contexto, la evidencia y las decisiones.

Las herramientas conceptuales pueden ser mapas mentales, diagramas de flujo, esquemas de relaciones o tableros visuales simples, tanto en formatos físicos como digitales. Bocetos a mano, esquemas en papel, post-its y pizarras blancas son plenamente adecuados, especialmente en contextos presenciales o con recursos limitados.

En entornos digitales, el facilitador puede utilizar plataformas visuales colaborativas, como Miro, que integran mapas mentales, flujos y diagramas en una única interfaz.

La versión gratuita es suficiente para la conducción de los sprints. Se recomienda que cada grupo trabaje en sus proyectos, exportando al final los registros en PDF para archivado y trazabilidad del proceso.

POP

Procedimiento

Operativo Estándar

El Procedimiento Operativo Estándar (POP) tiene su origen en la organización del trabajo durante la Revolución Industrial y fue utilizado inicialmente en la Administración Científica de Frederick Taylor. Con el tiempo, se consolidó como instrumento de gestión de calidad, estando presente en normas como la ISO 9001, utilizadas para estandarizar procesos.

Su función es documentar, de manera estructurada, las decisiones tomadas con base en la evidencia analizada y los entregables de cada sprint, indicando qué se hizo, por qué se hizo y qué ajustes son necesarios en las etapas siguientes.

En los sprints CDIO, el POP garantiza la continuidad del razonamiento proyectual y el alineamiento entre las etapas Conceive, Design, Implement y Operate, permitiendo trazabilidad y apoyando el aprendizaje activo, al mismo tiempo que se preserva la alineación del alcance y la coherencia metodológica a lo largo de todo el proceso.

El POP debe ser desarrollado por el grupo, de acuerdo con el tipo de prototipo de Tecnología Asistiva que se vaya a desarrollar.



Persona

La herramienta “persona” en CDIO-TA:

- fundamenta la frase-problema (Sprint 1);
- orienta la ideación y selección de soluciones (Sprint 2);
- dirige pruebas simuladas y prototipado conceptual (Sprint 3);
- sustenta la evaluación de coherencia e impacto social (Sprint 4).

No tiene la finalidad de generar empatía narrativa, sino de mantener coherencia funcional y técnica a lo largo de todo el ciclo CDIO.

Identificación Funcional

- Perfil del usuario (p. ej., persona mayor, persona con discapacidad visual, persona con limitación motora temporal)
- Rango etario (cuando sea relevante)
- Condición funcional relacionada con la barrera

Contexto de Uso (condiciones del entorno que influyen en el uso)

- ¿Dónde ocurre la actividad?
- Físico (p. ej., baño, cocina, espacio público)
- Digital (p. ej., aplicación, sistema, interfaz)
- Gráfico (p. ej., etiqueta, instrucción, señalización)

Barrera Funcional

- Barrera física, sensorial, cognitiva, comunicacional o combinada



Pitch

Intermedio y Final

El pitch es una presentación breve que resume un problema y muestra cómo la solución propuesta responde a esa necesidad. El formato surgió en el ecosistema de innovación de Silicon Valley en los años 1990 y se consolidó como una herramienta para comunicar ideas de manera objetiva y estructurada.

En el contexto del CDIO aplicado a la Tecnología Asistiva, el pitch es una herramienta de comunicación utilizada para presentar de manera directa el problema identificado, la solución propuesta y los principales aprendizajes del proceso, haciendo explícitas las decisiones tomadas, el razonamiento proyectual aplicado y la evidencia que respalda la propuesta.

A lo largo de los sprints, cada encuentro se cierra con un pitch corto de hasta tres minutos. El pitch en CDIO no tiene carácter comercial ni persuasivo. Su función es comunicar con claridad lo que se ha desarrollado y por qué se tomaron determinadas decisiones.

Un pitch final de hasta cinco minutos se realiza al final del ciclo CDIO. En este momento, el pitch, alineado con el Canvas A3, muestra la síntesis del desarrollo del artefacto asistivo, presentando el problema, el prototipo conceptual y la simulación de uso en respuesta a la frase-problema. El pitch final es un instrumento de comunicación, síntesis y reflexión sobre el ciclo CDIO.



Canvas A3

El Canvas A3 es una herramienta conceptual de síntesis del proceso, utilizada para presentar, en una sola página, el recorrido completo de desarrollo de un prototipo conceptual en CDIO. Su función es organizar y comunicar, de manera clara e integrada, el problema abordado, las principales decisiones tomadas y los aprendizajes generados a lo largo de los sprints.

El Canvas A3 se inspira en el formato A3 adoptado en ingeniería y gestión visual. Reúne información esencial, como: **la frase-problema, la persona usuaria y el contexto de uso, las alternativas consideradas, la solución elegida, las decisiones de diseño, el registro del prototipo conceptual, los puntos principales de la revisión técnica, los insights o hipótesis resultantes del proceso y el impacto social esperado.**

El Canvas A3 se completa al final de los sprints y se utiliza como instrumento de documentación y comunicación en la presentación final ante la comisión. Permite que los evaluadores comprendan todo el proyecto sin necesidad de acceder a los registros detallados de cada etapa.

El facilitador debe desarrollar un Canvas A3 estándar para todos los grupos, de acuerdo con el perfil de los participantes y el tipo de Tecnología Asistiva.

El Canvas A3 no tiene carácter de validación técnica o clínica. Su uso es conceptual y exploratorio, apoyando el aprendizaje activo, la sistematización del razonamiento proyectual y la comunicación resumida de las decisiones tomadas a lo largo del desarrollo del prototipo de Tecnología Asistiva.



Revisiones

Revisión Técnica (POP-RT)

La Revisión Técnica (RT) es un análisis conceptual realizado por un profesional con experiencia en accesibilidad y trabajo con personas con discapacidad o personas mayores, como terapeutas ocupacionales, fisioterapeutas, ingenieros, diseñadores UX, entre otros.

La elección del revisor técnico depende de la categoría de la Tecnología Asistiva en desarrollo (física, digital o gráfica). La RT se realiza antes del prototipado conceptual, con el objetivo de identificar incoherencias conceptuales, riesgos y ajustes obligatorios antes del prototipo del Sprint 3. No constituye validación técnica, clínica ni normativa.

Revisión por Pares (POP-PP)

Las revisiones por pares ocurren al final de cada sprint y tienen como objetivo apoyar decisiones, identificar ajustes necesarios, reducir riesgos y generar evidencia de aprendizaje. No validan técnica ni clínicamente las soluciones, ni comparan equipos entre sí.

La revisión por pares se realiza sobre la base de la evidencia presentada por los participantes, con el propósito de promover reflexión colectiva, alineamiento del grupo y ajustes a lo largo de todos los sprints.

Banca Final (POP-BF)

La banca final evalúa la coherencia del prototipo conceptual con la frase-problema, el uso simulado y la consistencia de la documentación del proceso, verificando la adhesión al método CDIO-TA. Esta revisión se realiza durante la presentación final (Encuentro 4 - Operate), cuando se presenta la versión final del prototipo conceptual junto con el Canvas A3, la simulación de uso y el pitch final.

Para los especialistas de la banca, se sugiere el uso de una escala Likert para estandarizar la evaluación del prototipo conceptual, considerando criterios como coherencia de la solución con la frase-problema y uso simulado, calidad de la documentación y potencial de impacto social.

La escala no valida soluciones, no clasifica prototipos ni compara equipos. Su función es apoyar la lectura crítica del proceso y de la comunicación de la solución presentada.

POP

Ejemplo 1 (Sprint 1 – Conceive) Identificación del Problema y Evidencias Iniciales

1. Identificación del Proyecto

- Título provisional:
- Grupo:
- Fecha:
- Tipo de TA: () Física () Digital () Gráfica

2. Persona del Usuario

- Rango etario:
- Condición funcional relacionada con el problema:
() Motora () Visual () Auditiva () Cognitiva () Mixta
- Actividad afectada:
- Contexto de uso:
Barrera Funcional (descripción objetiva)
Explicar brevemente qué obstáculo impide la realización de la actividad.

3. Evidencias Consultadas

(Registre lo mínimo necesario para demostrar que el problema es real.)

- Observaciones o reportes breves:
- Documentos/normas relevantes (p. ej., NBR 9050)
- Fuentes confiables (2-4 artículos, reportes o datos)

4. Frase-Problema (obligatoria)

Sugerencia de elementos para el template (o padrón o plantilla) de la frase-problema (no prescriptiva):

¿Cómo [verbo] [actividad] para [usuario] en [contexto], considerando [barrera funcional]?

5. Ideas Iniciales (bocetos simples)

6. Decisiones Registradas Basadas en la Revisión por Pares (Hasta 5 ítems)

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Síntesis

Capítulo 2

Este capítulo presentó una lista de herramientas conceptuales sugeridas para ser utilizadas en los sprints CDIO para Tecnología Asistiva. No son prescriptivas y pueden adaptarse según el contexto de aplicación del CDIO.

El enfoque está en la organización del trabajo en equipo, el registro de decisiones y evidencias, y la comunicación del proceso a lo largo de los encuentros.

Las herramientas sugeridas apoyan la toma de decisiones basada en evidencia y mantienen el alineamiento continuo con la persona usuaria, la barrera funcional y el alcance definido en el problema, además de servir como instrumentos de análisis y reflexión sobre el proceso, promoviendo el aprendizaje activo.

El capítulo siguiente presenta orientaciones generales para el facilitador, detallando cómo aplicar las herramientas sugeridas en la conducción de los sprints.

CAPÍTULO 3

Orientaciones generales para el facilitador



Roles

Facilitador

El facilitador conduce el proceso y garantiza el alineamiento con CDIO-TA. Organiza los sprints, el tiempo de los encuentros y el uso de las herramientas. No propone soluciones: su función es guiar el razonamiento proyectual, estimular la reflexión y asegurar que el proceso permanezca exploratorio, sin validación técnica o clínica.

Participantes

Los participantes actúan como creadores y analistas del proceso. Investigan el problema, generan alternativas, construyen prototipos conceptuales, registran decisiones y comunican aprendizajes. También realizan la revisión por pares para alinear soluciones y fortalecer el aprendizaje colectivo.

Revisores

Al final de cada encuentro, el facilitador promueve una revisión por pares (entre grupos), en la que un grupo analiza el trabajo de otro, observando el problema, la coherencia de la solución y el alineamiento con las necesidades del usuario según la evidencia registrada.

Las observaciones deben ser breves y dirigidas a ajustes inmediatos en el artefacto y en la documentación. La revisión debe conducirse de forma objetiva, respetuosa y enfocada en la mejora del prototipo. La revisión se realiza en tres momentos distintos del CDIO-TA:

- Revisión por pares: al final de cada encuentro.
- Revisión Técnica (RT): realizada por un especialista entre los Sprints 2 y 3.
- Banca Final: en el Encuentro 4, basada en el Canvas A3 y el pitch final.

Los revisores no validan productos ni certifican soluciones. Su papel es apoyar decisiones, identificar incoherencias y cualificar el razonamiento proyectual. La revisión técnica debe ser realizada por un profesional compatible con el tipo de Tecnología Asistiva en desarrollo.

Tipo de TA	Especialista	Criterios Principales	Ejemplos de Referencias
Física (p. ej., órtesis, artefactos asistivos con adaptaciones funcionales, mobiliario, ambiente)	Fisioterapeuta o Terapeuta Ocupacional	Ajuste anatómico, comodidad, esfuerzo, ergonomía	NBR 9050
Digital (p. ej., aplicación o interfaz simple)	Diseñador UX o Ingeniero de Software	Navegación, contraste, flujo y lógica de interacción	WCAG 2.2
Gráfica (p. ej., instrucciones, folletos, elementos visuales)	Diseñador gráfico o educador visual	Legibilidad, contraste, jerarquía visual	ISO 9186, WCAG para impresión

Prototipos

Definición del Alcance

El facilitador debe definir previamente, durante la planificación del CDIO-TA, el alcance del proyecto en niveles de complejidad de prototipos conceptuales, que indican el grado de detalle esperado al final de los sprints.

Estos niveles no representan calidad y/o madurez técnica. Funcionan como delimitaciones de alcance, elegidas por el facilitador según:

- el perfil del grupo (profesionales, equipos de innovación, startups, estudiantes de investigación, universitarios o comunidades);
- la madurez técnica del grupo;
- los recursos disponibles en el entorno (empresa, aula, laboratorio o FabLab).

Se sugieren diferentes niveles de entrega que el facilitador puede adoptar:

Nivel 1: Representaciones simples de la idea y generación de alternativas, como bocetos a mano o flujos visuales básicos.

Nivel 2: Modelos iniciales que permiten simulaciones internas, como ensamblajes simples, prototipos navegables básicos o diseños preliminares.

Nivel 3: Modelos conceptuales más completos para simulación de uso en contexto controlado, como prototipos físicos en impresión 3D o madera, flujos digitales completos o materiales gráficos en versión conceptual.

Pitch de Presentación

El pitch de presentación debe realizarse al final de cada encuentro. El facilitador debe organizar un pitch breve, de hasta tres minutos por grupo.

El objetivo del pitch no es competir, sino comunicar los aprendizajes obtenidos, verificar la alineación con la frase-problema y hacer visible el progreso del prototipo conceptual.

Cada grupo debe presentar de manera clara y objetiva la persona usuaria, el problema que se está abordando, cómo funciona la solución propuesta y qué evidencias surgieron durante el proceso.

El facilitador es responsable de:

- garantizar el respeto al tiempo asignado;
- mantener el enfoque en el problema, la persona usuaria y el contexto de uso;
- fomentar la escucha entre los grupos;
- evitar juicios comparativos o evaluaciones clasificatorias.

Al final del pitch, el facilitador debe orientar a los grupos para registrar las decisiones, ajustes y aprendizajes en el POP correspondiente al sprint, asegurando la trazabilidad del proceso.

Estructura del Pitch

Para mantener claridad, enfoque y equidad de tiempo, el facilitador debe orientar que cada pitch tenga el mismo límite de tiempo para todos los grupos (3 minutos cronometrados) e incluya tres elementos esenciales:

1. Problema

Identificar la persona usuaria, su necesidad real y el contexto de uso.

2. Solución

Describir lo que el grupo desarrolló, la función principal que cumple la propuesta y cómo responde a la barrera funcional identificada para la persona usuaria.

3. Evidencias

Demostrar el prototipo conceptual y las pruebas simuladas realizadas, indicando:

- si la solución satisface la necesidad definida;
- si la lógica de funcionamiento es coherente con el contexto;
- qué aspectos de uso y accesibilidad aún requieren evolución.

El facilitador debe reforzar que el pitch debe reflejar los aprendizajes y decisiones del sprint, y no un enfoque competitivo.

Sprints CDIO

En los sprints CDIO, cada encuentro funciona como un ciclo corto y estructurado de trabajo. El facilitador debe comunicar claramente el objetivo del encuentro y las entregas mínimas obligatorias.

Para la conducción del encuentro, se recomienda un ritmo simple y replicable:

- Planificar (20%) – definir el objetivo del encuentro y la entrega esperada.
- Hacer (50%) – construir, probar y ajustar el prototipo conceptual.
- Compartir (20%) – presentar lo desarrollado y discutir decisiones.
- Registrar y Reflexionar (10%) – consolidar aprendizajes, ajustes y decisiones en el POP del sprint.

El encuentro se cierra con el registro estructurado en un POP, que consolida la revisión por pares, documenta lo que funcionó, lo que necesita ajustes y orienta las próximas actividades. Este registro asegura trazabilidad y reproducibilidad del proceso, elementos centrales del rigor metodológico, y mantiene la coherencia de la solución con el problema definido en el Sprint 1.

Lenguaje Simple

Durante todos los encuentros, la comunicación debe ser clara, directa y accesible. El uso de lenguaje simple es responsabilidad del facilitador y una práctica pedagógica alineada con el carácter inclusivo de la Tecnología Asistiva.

Principios Prácticos

1. Claridad

- Utilizar oraciones cortas.
- Preferir verbos directos.
- Trabajar con una idea por oración o párrafo.

2. Conexión

- Explicar siempre a partir de situaciones concretas.
- Relacionar conceptos con la vida cotidiana de la persona usuaria y con el artefacto en desarrollo.
- Evitar explicaciones abstractas cuando un ejemplo simple es suficiente.

3. Concisión

- Evitar jerga técnica.
- Cuando se utilice un término específico, explicarlo de inmediato.
- No acumular múltiples conceptos en la misma explicación.

Aplicación Práctica

Al explicar una tarea, diga qué hacer, por qué hacerlo y dónde registrarlo. Confirme la comprensión con preguntas simples, por ejemplo:

“¿Está claro para todos?” o “¿Quieren que repita algún paso?”

Prefiera palabras conocidas en lugar de vocabulario técnico siempre que sea posible. Ejemplos de adaptación a lenguaje simple:

En lugar de: “Validación heurística del prototipo” → Usar: “Prueba rápida para ver si el prototipo es fácil de usar.”

En lugar de: “Análisis de coherencia funcional” → Usar: “Verificar si la solución realmente ayuda a la persona usuaria.”

Referencia Normativa

Las orientaciones siguen los principios de ABNT NBR ISO 24495-1 – Lenguaje Simple, que recomienda una comunicación comprensible, objetiva y adecuada al público.

Checklist de Accesibilidad para el Facilitador

Este checklist apoya al facilitador en la creación de un ambiente accesible, previsible e inclusivo, considerando espacio, materiales, comunicación y dinámica del encuentro. **Utilízelo antes de cada reunión.**

1. Ambiente Físico

- Circulación libre, sin obstáculos.
- Mesas y sillas estables, con posibilidad de aproximación frontal o lateral.
- Iluminación uniforme, sin deslumbramiento.
- Ruido controlado; evitar eco o sonidos continuos.
- Asientos preferenciales para personas con movilidad reducida.

2. Materiales y Comunicación

- Contraste adecuado (texto oscuro sobre fondo claro o viceversa).
- Fuente simple y legible (mínimo 14 pt); evitar fuentes decorativas.
- Textos cortos, con oraciones directas y una idea por línea.
- Explicaciones en pasos simples, numeradas cuando sea posible.
- Uso de demostraciones visuales (dibujo, objeto o gesto).
- Lectura en voz alta cuando sea necesario, a ritmo moderado.
- Evitar hablar de espaldas al grupo (apoya la lectura labial).
- Verificar comprensión con preguntas abiertas, por ejemplo: “¿Quieren que repita algún paso?” o “¿Está claro hasta aquí?”

3. Confort, Previsibilidad y Participación

- Presentar la agenda del encuentro al inicio.
- Avisar cambios de actividad o ritmo.
- Prever pausas breves para descanso.
- Ofrecer tiempo extra cuando sea necesario.
- Permitir diferentes formas de participación: hablar, escribir, dibujar o - audio.
- Reforzar que el proceso es exploratorio y no hay respuestas “correctas”.

4. Diapositivas Accesibles (cuando se utilicen)

- Fondo simple, alto contraste, sin textura.
- Texto grande: 28–32 pt; títulos superiores a 40 pt.
- Poco texto (máximo 6 líneas por diapositiva).
- Una idea por diapositiva.
- Imágenes con función clara y sin exceso de detalles.
- Evitar animaciones rápidas, parpadeantes o automáticas.
- Usar íconos simples, siempre con rótulo.
- Evitar colores similares (p. ej., verde/rojo).
- Verbalizar el contenido y describir imágenes cuando sea necesario.
- Dar tiempo suficiente para la lectura antes de avanzar.



Conceive
(Concebir)



Si no puedes decidir qué problema estás resolviendo, no estás listo para avanzar.

– Jake Knapp



Sprint 1

Objetivo

Definir la persona usuaria, describir la barrera funcional, comprender el problema real en el contexto del usuario y formular una frase-problema bien delimitada, evitando ambigüedades.

Importante

Todo el proceso de adaptación del CDIO a la Tecnología Asistiva se realiza a nivel exploratorio. No se realizan pruebas con usuarios reales. Cualquier interacción directa con personas mayores o con discapacidad requiere aprobación ética formal y consentimiento informado (TCLE), según el contexto de la investigación.

La duración de cada etapa es flexible y debe ajustarse por el facilitador según el perfil y la madurez del grupo.

Entregables del Sprint 1

- Persona usuaria
- Frase-problema definida
- Matriz RACI completada
- POP 1 (usuario, actividad, barrera y evidencias)
- Pitch presentado

Conducción del Sprint 1

1. Apertura (definir tiempo)

- Explicar qué es la Tecnología Asistiva y el ciclo CDIO.
- Presentar la secuencia de actividades y entregables del sprint.
- Orientar sobre cómo recopilar evidencia.
- Explicar que las decisiones tomadas en el Sprint 1 guían todos los sprints siguientes.
- Aclarar: El Sprint 1 no crea soluciones; se define 1 usuario, 1 problema, 1 contexto.

2. Definición de Roles – Matriz RACI (definir tiempo)

- Explicar brevemente la matriz RACI.
- Cada grupo define responsabilidades para las tareas del Sprint 1.
- Los roles pueden ajustarse en los sprints posteriores.
- El facilitador orienta, pero no asume ninguna tarea en ningún grupo.

3. Levantamiento de Evidencias (definir tiempo)

El problema debe ser real, observable y documentado. Fuentes aceptadas:

- Observaciones no invasivas;
- Normas y documentos técnicos;
- Dos a cuatro (2-4) fuentes confiables (artículos, estudios de caso, informes técnicos).

4. Formulación de la Frase-Problema (definir tiempo)

La frase debe incluir: una persona usuaria, una barrera y un contexto.

Ejemplos de Frases-Problema por Tipo de Tecnología Asistiva

TA Física (Baño residencial / persona mayor)

“¿Cómo permitir que una persona mayor se bañe de manera segura en un baño residencial, considerando movilidad reducida y riesgo de caída?”

TA Digital (Instrucciones de clase / persona sorda)

“¿Cómo proporcionar una buena experiencia a una persona sorda al seguir las instrucciones de clase en un entorno educativo, considerando barreras de comunicación auditiva?”

TA Gráfica (Bula de medicamento / persona ciega)

“¿Cómo facilitar que una persona ciega comprenda correctamente las instrucciones de uso de un medicamento mediante la bula, considerando la falta de acceso visual al contenido impreso?”

5. Pitch

6. POP 1

Design
(Diseñar)



“ *Un buen dibujo no consiste en encontrar la respuesta correcta, sino en elegir la mejor opción entre muchas.*

– John Heskett



Sprint 2

Objetivo

Transformar la frase-problema y las evidencias del Encuentro 1 en alternativas de solución, seleccionar la opción más coherente y registrar el modelo conceptual inicial en el POP 2 (Versión 1), preparando al grupo para la revisión técnica que se realizará entre el Encuentro 2 y el Encuentro 3.

Entregables del Sprint

- Múltiples ideas generadas y registradas (bocetos, diagramas, mapas mentales)
- Solución principal seleccionada y justificada
- Revisión por pares (grupos de participantes) realizada
- Revisor técnico (especialista) definido
- Pitch presentado
- POP 2 – Versión 1 completado (adjuntar alternativas, forma de uso y materiales posibles) para presentar al revisor técnico

Conducción del Sprint 2

1. Apertura (definir tiempo)

- Revisar la frase-problema, persona usuaria, barrera funcional y evidencias (POP 1).
- Reforzar que todas las decisiones de diseño deben responder directamente a la frase-problema.
- Explicar el enfoque del encuentro: generar alternativas y, al final, comparar y seleccionar solo una solución.

2. Ideación – Generación de Alternativas (definir tiempo)

- Utilizar métodos simples y rápidos según el perfil del grupo: bocetos a mano; lluvia de ideas y mapas mentales (a mano o digitales, e.g., Miro, Figma, Canva, PowerPoint); simulaciones con objetos cotidianos.

3. Levantamiento de Evidencias (definir tiempo)

Orientar la selección de una alternativa basada en los criterios:

- Accesibilidad: ¿Responde a la barrera funcional?
- Simplicidad: ¿Es comprensible y fácil de usar?
- Viabilidad: ¿Puede ser prototipada en el Encuentro 3 con los recursos disponibles?
- Coherencia con la frase-problema.

Registrar en el POP 2 la justificación de la elección.

4. Revisión por Pares

- Registrar en el POP 2 sólo los comentarios relevantes para ajustes y presentación al revisor técnico (especialista).

5. Revisión Técnica – Orientación

Cada grupo debe identificar y contactar un revisor técnico adecuado al tipo de Tecnología Asistiva:

TA Física: fisioterapeuta, terapeuta ocupacional, ingeniero o diseñador de producto/entorno.

TA Digital: diseñador UX, educador o especialista en accesibilidad digital.

TA Gráfica: diseñador gráfico, educador visual o terapeuta ocupacional.

La revisión técnica ocurre entre el Encuentro 2 y el Encuentro 3.

6. Pitch (3 minutos por grupo)

7. POP 2 – Versión 2 (obligatorio)

La Versión 2 del POP 2 ocurre después de la conversación con el revisor técnico. El grupo debe:

- Registrar las sugerencias recibidas;
- Ajustar la propuesta si es necesario;
- Justificar las decisiones mantenidas o modificadas.

El POP 2 – Versión 2 es obligatorio y debe completarse antes del Encuentro 3.

8. Síntesis

Durante el Encuentro 2, los grupos generan alternativas, realizan revisión por pares y seleccionan la solución más coherente con la frase-problema.

El POP 2 – Versión 1 registra el razonamiento inicial del grupo, sus elecciones y justificaciones antes del contacto con especialistas.

El POP 2 – Versión 2, elaborado entre los Encuentros 2 y 3, incorpora la opinión profesional y los ajustes necesarios para alinear la propuesta con la persona usuaria y el problema. Esto evita correcciones tardías durante la prototipación y crea una base conceptual sólida para el Sprint 3. La revisión por un profesional del área es obligatoria en este momento del método CDIO-TA.



Implement
(Implementar)



La prototipación no consiste en acertar en el primer intento, sino en aprender más rápido.

– IDEO



Sprint 3

Objetivo

Implementar el prototipo conceptual basado en la solución definida en el Encuentro 2, incorporar los ajustes indicados por el Revisor Técnico (POP-RT) y definir qué pruebas simuladas se realizarán en el Encuentro 4.

Entregables del Sprint 3

- POP-RT revisado (Versión 2)
- Prototipo conceptual implementado
- Definición de pruebas simuladas (lo que se presentará en el Encuentro 4)
- Borrador del Canvas A3
- Pitch corto presentado

Sin el POP-RT (Versión 2), el prototipo final no puede presentarse a la banca final en el Encuentro 4.

Conducción del Sprint 3

1. Apertura (definir tiempo)

- Revisar el POP 1 (usuario, actividad, barrera y evidencias).
- Confirmar si la Versión 2 del POP-RT ha sido finalizada.
- Reforzar la directriz del encuentro: planificación de la implementación del prototipo conceptual (definir qué pruebas simuladas se realizarán para visualizar mejor el uso del artefacto).

2. Ideación – Generación de Alternativas (definir tiempo)

- Reforzar que el prototipo es conceptual, no un producto final.
- Está diseñado para probar funcionalidad y claridad, y no desempeño técnico.
- Criterios mínimos: función principal clara; uso en contexto; coherencia con la frase-problema; aplicación de ajustes del POP-RT.

3. Implementación del Prototipo (definir tiempo)

Con base en el POP 2 y el POP-RT, el grupo:

- Construye la versión final del prototipo conceptual (físico, digital o gráfico), incorporando las adecuaciones sugeridas por los especialistas.
- Registra decisiones y ajustes en el POP 3.
- Documenta visualmente el proceso (fotos, videos, etc.).
- Verifica la adherencia al problema definido en el Sprint 1.
- Planifica la simulación de uso para la banca final.
- Redacta el borrador del Canvas A3 para el próximo sprint.

4. Pruebas Rápidas Internas (Simuladas)

Los grupos prueban las simulaciones y solicitan retroalimentación de otros grupos para obtener nuevos insights, observando:

- Comprensión: ¿Es fácil entender el uso sin explicación?
- Esfuerzo: ¿Requiere fuerza, movimientos repetitivos o posturas incómodas?
- Adherencia: ¿Responde a la frase-problema?
- Función: ¿Cumple la función principal, es intuitivo y seguro?
- Evidencias: ¿Refleja los hallazgos iniciales?

5. Pitch (3 minutos por grupo)

- Presentación del borrador del Canvas A3.
- Ajustes implementados a partir de los comentarios del revisor técnico.
- Definición de los simulados para la banca final en el Sprint 4 (Operate).

6. Síntesis

El Sprint 3 transforma la solución seleccionada en un prototipo conceptual funcional, incorpora las contribuciones técnicas especializadas y prepara la simulación de uso final.

La presentación del borrador del Canvas A3 para revisión por pares ayuda al grupo a revisar todo el proceso antes de cerrar el ciclo CDIO-TA en el Encuentro 4.

Operate
(Operar)



“ La verdadera prueba del diseño no es cómo se ve, sino cómo funciona en el uso real.
– Donald Norman ”

Sprint 4

Objetivo

Evaluar el prototipo conceptual mediante uso simulado a través del pitch final, consolidar los aprendizajes de los cuatro sprints basándose en las evidencias del proceso y cerrar el ciclo CDIO-TA. El enfoque se centra en analizar la coherencia de la solución con la frase-problema.

Entregables del Sprint 4

- Prototipo conceptual final (físico, digital o gráfico)
- Canvas A3 finalizado para presentación
- Pitch final (5 minutos, incluyendo simulación de uso)
- Revisión por la banca utilizando una escala Likert
- Evaluación colectiva del CDIO: “Qué bien, qué mal, qué se podría mejorar”

Escala Likert

La escala Likert es un instrumento simple que organiza el juicio de la banca en niveles graduados (1-5), permitiendo registrar de manera estructurada percepciones sobre la coherencia del proceso y del prototipo conceptual. No tiene función de validación ni clasificación.

Sprint 4 – Conducción

1. Apertura (definir tiempo)

- Recordar el ciclo CDIO en sprints aplicado a la Tecnología Asistiva.
- Presentar la dinámica del encuentro: exposición (prototipo y Canvas A3) → pitch con simulación de uso → revisión de la banca → reflexión final sobre el proceso.

2. Montaje de la exposición

- El facilitador debe dar tiempo para los ajustes finales de la simulación y la finalización del Canvas A3.
- Cada grupo organiza su estación con:
 - Prototipo conceptual
 - Canvas A3
 - Video con simulación de uso

3. Canvas A3 – Elementos obligatorios

- Título del proyecto
- Persona usuaria + contexto de uso
- Frase-problema (Sprint 1)
- Decisiones (qué se eligió y por qué)
- Principales puntos de la revisión técnica (POP-RT)
- Insights, hipótesis o próximos pasos
- Impacto social esperado

4. Pitch final (5 minutos por grupo)

Momento central de la fase Operate. Integra presentación y simulación de uso. El facilitador controla el tiempo. La demostración debe dejar claro:

- Cómo se usa la solución
- Cómo reduce la barrera funcional

5. Revisión final por la banca de especialistas

Composición sugerida de la banca:

- 1 profesional del área de Tecnología Asistiva
- 1 diseñador (producto, gráfico, UX o afín)
- 1 ingeniero (mecánico, producto, civil)
- 1 voluntario con discapacidad o persona mayor, como revisor (no usuario), si es posible, con consentimiento formal (TCLE)

6. Evaluación con escala Likert (1-5).

Los evaluadores analizan el prototipo según las siguientes sugerencias:

- Claridad del problema: 1-5, ¿Está claramente definido el problema en relación con la persona usuaria, la actividad y el contexto de uso?
- Coherencia de la solución: 1-5, ¿La solución presentada responde al problema definido?
- Uso simulado: 1-5, ¿El uso simulado del prototipo es comprensible y coherente con la persona usuaria y el contexto?
- Comunicación: 1-5, ¿La presentación (Canvas A3 + pitch) comunica claramente el proceso, las decisiones y los aprendizajes?

Revisión del CDIO por el Facilitador

Reflexión orientada al Metadiseño en CDIO-TA

La dinámica “Qué bien, qué mal, qué tal” está dedicada a la revisión del método, no del prototipo. Su objetivo es reflexivo: mirar más allá del proyecto específico y analizar cómo se estructuró, condujo y vivió el proceso a lo largo de los sprints, así como las percepciones de la banca final (calificaciones de los prototipos).

El facilitador conduce la reflexión a partir de tres preguntas guía para los grupos de participantes:

- Qué bien: ¿Qué funcionó en el proceso CDIO-TA (estructura de los sprints, tiempo, herramientas, colaboración, resultados de la banca final)?
- Qué mal: Límites y dificultades encontradas durante el proceso (recursos, tiempo para el desarrollo de actividades, decisiones, documentación, revisiones).
- Qué tal: Sugerencias de mejora para futuras ediciones (herramientas, roles, ritmo o ambiente).

En esta etapa, los participantes reflexionan sobre cómo diseñaron, cómo tomaron decisiones y cómo el método influyó en su trabajo. Esta reflexión es una práctica de Metadiseño: reflexionar sobre el diseño del propio diseño.

En el contexto de este libro, el Metadiseño se refiere a reflexionar sobre la creación del artefacto, las condiciones del proyecto, los métodos, herramientas, reglas, roles y entornos, a lo largo de todo el proceso CDIO.

Para el facilitador, esta revisión permite identificar qué funcionó y qué necesita mejorarse en futuras aplicaciones del método, adaptándolo a diferentes contextos (educativo, corporativo, comunitario).

Para los participantes, las reflexiones sobre los aprendizajes cierran el ciclo CDIO-TA.

Consideraciones y Perspectivas

Este libro presentó una adaptación del modelo CDIO aplicada al desarrollo de prototipos conceptuales de Tecnología Asistiva en las dimensiones física, digital y gráfica.

Se considera que el formato basado en sprints aporta agilidad al proceso manteniendo el rigor metodológico y puede aplicarse en diferentes contextos, tales como asignaturas de desarrollo de productos en cursos de ingeniería y diseño, proyectos de extensión, entornos interdisciplinarios, laboratorios de prototipado y espacios de innovación.

Independientemente del escenario de aplicación, el objetivo permanece: formar un pensamiento proyectual inclusivo, basado en evidencia y conectado con demandas reales, con enfoque en accesibilidad, rigor metodológico e impacto social.

En este método, el rigor metodológico se apoya en tres dimensiones esenciales: transparencia, al explicitar lo que se hizo, por qué se hizo y cómo se condujo; trazabilidad, al garantizar el registro sistemático de decisiones, evidencias y análisis; y replicabilidad, al permitir que el recorrido metodológico sea revisitado, analizado o adaptado en otros contextos.

Delimitaciones del Método y Evolución hacia Producto

El CDIO en sprints, al igual que el sprint propuesto por Knapp, no garantiza por sí solo la transformación de un prototipo en producto final. Su función es crear las condiciones necesarias para decidir si vale la pena evolucionar la solución.

Al final del ciclo de sprints, lo que se obtiene no es un producto terminado, sino:

- un prototipo conceptual capaz de simular la experiencia de uso, a nivel exploratorio;
- un conjunto claro de hipótesis evaluadas, indicando lo que tiene sentido, lo que necesita ajuste y lo que debe descartarse;
- evidencias documentadas que reducen decisiones basadas en suposiciones o “suposiciones intuitivas”;
- una visión compartida entre ingeniería, diseño y tecnología asistiva sobre el problema, la solución y las prioridades funcionales.

Es importante destacar que el prototipo conceptual no es un producto. Para ello, se requieren ciclos adicionales de desarrollo técnico, pruebas con usuarios reales (cuando sea aplicable) y procesos de desarrollo y producción.

Alcance y Contribución

La metodología CDIO-TA puede apoyar a educadores, investigadores, estudiantes de iniciación científica y profesionales facilitadores interesados en desarrollar productos y servicios de manera estructurada, accesible y centrada en la persona usuaria, contribuyendo al fortalecimiento de la Tecnología Asistiva como un campo de innovación en productos e inclusión social.

Este trabajo está dedicado a las personas mayores, a las personas con discapacidad, a sus familias y cuidadores, quienes enfrentan barreras en la vida cotidiana, así como a educadores, facilitadores, investigadores y profesionales que eligen trabajar con este perfil de población con empatía, responsabilidad y compromiso social.

Que este libro honre estos esfuerzos e inspire prácticas más accesibles en el desarrollo de productos y servicios, en el presente y en el futuro.

Nota sobre el Uso de Inteligencia Artificial

La elaboración de este libro contó con el apoyo de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (LanguageTool y ChatGPT, versión 5.2, diciembre de 2025), utilizadas exclusivamente para organización textual y revisión gramatical.

La IA no fue empleada para la generación de datos, análisis, resultados de investigación ni conclusiones científicas, ni para sustituir el juicio académico, metodológico o ético de la autora, quien asume plena responsabilidad por el contenido de la obra.

El uso de estos recursos siguió los principios de transparencia, responsabilidad y respeto a la autoría, de acuerdo con las Directrices para el uso ético y responsable de la Inteligencia Artificial Generativa de la UFPR (2025).

La diagramación y las imágenes ilustrativas fueron producidas por la autora con apoyo de la plataforma Canva (versión Pro), utilizando recursos de diseño, banco de imágenes y filtros visuales con fines editoriales.

Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17225: acessibilidade em conteúdo e aplicações web: requisitos. 1. ed. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 24495-1: linguagem simples: parte 1, princípios e diretrizes norteadores. 1. ed. Rio de Janeiro, 2024.

CDIO INITIATIVE. The CDIO™ initiative is an innovative educational framework for producing the next generation of engineers. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.cdio.org/>.

CDIO INITIATIVE. The CDIO standards v 2.0 (with customized rubrics). 8 Dec. 2010. Disponível em: https://www.cdio.org/files/standards/CDIOStds&Rubricsv2.0_2010Dec8.pdf.

CRAWLEY, E.; MALMQVIST, J.; ÖSTLUND, S.; BRODERICK, S. Rethinking engineering education: the CDIO approach. 2. ed. New York: Springer, 2014. Disponível em: <https://cdio.org/knowledge-library/documents/rethinking-engineering-education-cdio-ap>.

GALLOWAY, Oren Klaff. Pitch anything: an innovative method for presenting, persuading, and winning the deal. New York: McGraw-Hill, 2011

GALLOWAY, Chris; KAWASAKI, Guy. The art of the start 2.0: the time-tested, battle-hardened guide for anyone starting anything. New York: Penguin, 2015.

KNAPP, Jake; ZERATSKY, John; KOWITZ, Braden. Sprint: how to solve big problems and test new ideas in just five days. New York: Simon & Schuster, 2016.

KASYM, M. How to conduct UX research without users? [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.eleken.co/blog-posts/master-the-secrets-of-ux-research-without-users-tips-from-designers>.

LIKERT, Rensis. A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology Nova Iorque, v. 22, n. 140, p. 1-55, 1932.

NIELSEN, J. 10 usability heuristics for user interface design. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Lista de produtos assistivos prioritários. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2017. Disponível em: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/31a693f8-9eb0-48a2-ad4a-dd9164075f90/content>.

PAHL, G.; BEITZ, W. Engineering design: a systematic approach. 3. ed. London: Springer, 2013.

STICKDORN, M. et al. This is service design doing: applying service design thinking in the real world. 1. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Relatório de avaliação CDIO na UFSM 2024/2025. Santa Maria, 2025. Disponível em: <https://www.ufsm.br/projetos/institucional/cdio>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Diretrizes para o uso ético e responsável da Inteligência Artificial Generativa: um guia prático para pesquisadores. Curitiba: UFPR, 2025. Disponível em: <https://ge-dai.ufpr.br/iag-principios-eticos-e-boas-praticas/>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global report on assistive technology. Geneva, 2022. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/354357>.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2. 2023. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>.

Notas sobre las autoras

Maria Lilian de Araújo Barbosa

Doctora en Diseño, con especialización en Engineering Design, vinculada a su investigación posdoctoral en Ingeniería Mecánica en la Universidad Federal de Paraná (UFPR). Su tesis doctoral (2024) investigó el diseño de entornos para el envejecimiento con apoyo de Tecnología Asistiva digital, resultando en un conjunto de directrices de diseño orientadas a promover la autonomía e independencia de las personas mayores en el entorno residencial. Posee formación STEAM y un desempeño interdisciplinario reconocido tanto en ámbitos académicos como profesionales. Es integrante de la National Association of Science Writers (NASW) y de la Society of Women Engineers (SWE), conectando ciencia, diseño y comunicación mediante la publicación de artículos en revistas científicas y congresos internacionales.

Google Scholar: Barbosa - Google Scholar

Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto

Investigadora posdoctoral en la Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen, Lehrstuhl für Ergonomie (julio de 2012 – febrero de 2013), Alemania. Doctora en Ingeniería de Producción por la Universidad Federal de Santa Catarina y RWTH Aachen University, Alemania (2000). Maestría en Ingeniería de Producción por la Universidad Federal de Santa Catarina (1994). Licenciatura en Diseño Industrial por la Universidad Federal de Paraná (1983).

Profesora Titular del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Paraná (UFPR). Vicecoordinadora del Programa de Posgrado en Diseño (2022–2024). Coordinadora del NAPI-TA – Nuevos Arreglos de Investigación e Innovación en Tecnología Asistiva, Fundación Araucária (2022–2027). Enseña en el programa de pregrado en Ingeniería Mecánica de la UFPR y en los programas de posgrado en Ingeniería Mecánica (PGMEC) y Diseño (PPGDesign) de la UFPR. Coordinadora del Laboratorio de Ergonomía y Usabilidad (LABERG, UFPR) y de la Red de Investigación y Desarrollo en Tecnología Asistiva (RPDTA). Sus enfoques de investigación y trabajo profesional incluyen Desarrollo de Producto, Diseño Inclusivo, Usabilidad, Ergonomía, Tecnología Asistiva, Smart Design y Modelado.

