

Medellín está IN

UNA CIUDAD QUE GENERA, APROPIA Y TRANSFIERE CONOCIMIENTO

• Anexos •

Guía metodológica de proyectos de investigación aplicada y desarrollo experimental en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín



Contenido

Anexos	3
Conceptualización de los proyectos de Ciencia, Tecnología e innovación según los TRL.	3
Ejemplos de proyectos de I+D+i en diferentes áreas	5
1. Ciencias Naturales	6
2. Ingeniería y Tecnología	8
3. Ciencias Médicas y de la Salud	11
4. Ciencias Agrícolas	12
5. Ciencias Sociales	14
6. Humanidades	16
Marco de referencia	19
Ejemplo: Matriz de priorización de temas de I+D	24
Herramienta: Matriz para el diseño de entornos en proyectos de I+D	41
Herramienta Matriz para diseñar el problema en proyectos de investigación aplicada	45
Herramienta Matriz para diseñar el problema en proyectos de desarrollo experimental ...	48
Indicadores de impacto para proyectos de investigación aplicada	50
Indicadores de impacto para proyectos de desarrollo experimental	52
Herramienta: Matriz para diseñar el cronograma en proyectos de I+D	54
Herramienta: Matriz para la construcción de insumos	57
Herramienta: Matriz para la construcción del presupuesto	58
Herramienta: Matriz de riesgos	59
 Bibliografía	 62
Ejemplo 1. Investigación aplicada en biología	64
Paso 1. Comprender el alcance y naturaleza del proyecto	64
Paso 2. Identificar la temática estratégica a la que aporta el proyecto	64
Paso 3. Clasificar el tipo de proyecto de CTI	65
Paso 4. Definir problema e incertidumbre de I+D	65
Paso 5. Plantear la solución de I+D	69
Paso 6. Formular los objetivos del proyecto	70
Paso 7. Productos, resultados o servicios esperados	70
Paso 8. Metodología y cronograma	71
Paso 9. Insumos y presupuesto	72
Paso 10. Riesgos y verificación de pertinencia	75
Ejemplo 2. Desarrollo experimental en psicología	76
Paso 1. Comprender el alcance y naturaleza del proyecto	76
Paso 2. Identificar la temática estratégica a la que aporta el proyecto	76
Paso 3. Clasificar el tipo de proyecto de CTI	76
Paso 4. Definir problema e incertidumbre de I+D	76
Paso 5. Plantear la solución de I+D	81
Paso 6. Formular los objetivos del proyecto	81
Paso 7. Productos, resultados o servicios esperados	81
Paso 8. Metodología y cronograma	82
Paso 9. Insumos y presupuesto	83
Paso 10. Riesgos y verificación de pertinencia	87

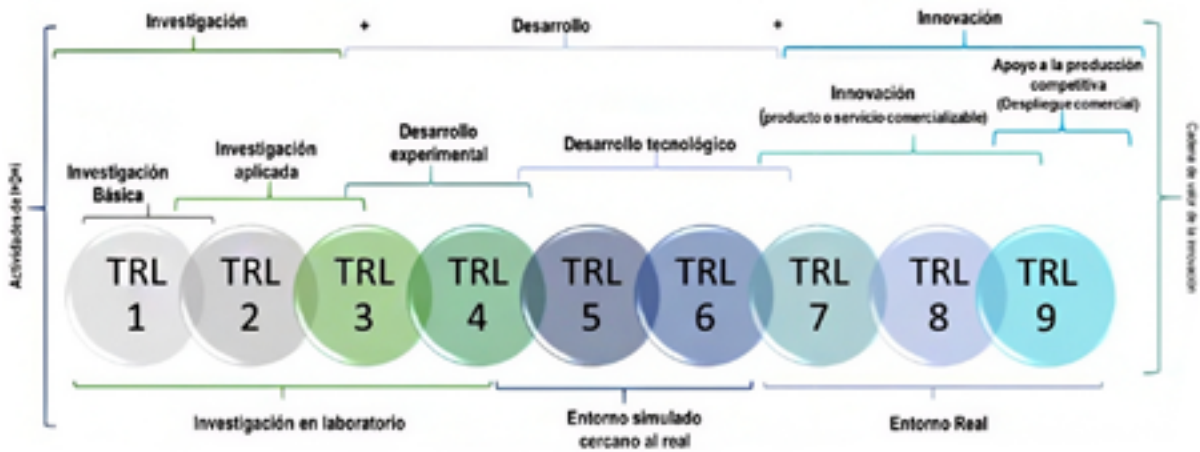
Anexos



Conceptualización de los proyectos de Ciencia, Tecnología e innovación según los TRL.

“El nivel de madurez tecnológica o TRL (Technology Readiness Level por sus siglas en inglés), es una herramienta, que permite definir el alcance de las actividades asociadas a la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i). Teniendo presente que no existe una relación lineal entre los proyectos de I+D+i, una aproximación a la equivalencia entre la tipología de proyectos y las TRL es la que se muestra a continuación:” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 89)

Ilustración 1 proyectos de Ciencia, Tecnología e innovación según los TRL.



Fuente: (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 89)

TRL 1

“Principios básicos observados y reportados. Este corresponde al nivel más bajo en cuanto al nivel de maduración tecnológica. En este nivel comienza la investigación científica básica y se da inicio a la transición a la investigación aplicada. Las herramientas descriptivas pueden ser formulaciones matemáticas o algoritmos. En esta fase de desarrollo no existe todavía ningún grado de aplicación comercial.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 89)

TRL 2

“Concepto de tecnología y/o aplicación formulada. La teoría y principios científicos están enfocados en áreas específicas de aplicación para definir el concepto. En esta fase pueden empezar a formularse eventuales aplicaciones de las tecnologías a nivel teórico y herramienta analíticas para la simulación o análisis. Sin embargo, todavía no se cuenta con pruebas que validen dicha aplicación.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 89)

TRL 3

“Pruebas de concepto de las características analíticas y experimentales. Pruebas de concepto de las características analíticas y experimentales. Esta fase incluye la realización de actividades de investigación y desarrollo (I+D+i) dentro de las cuales se incluye la realización de pruebas analíticas, pruebas de concepto o a escala en laboratorio, orientadas a demostrar la factibilidad técnica a nivel teórico de los conceptos tecnológicos. Esta fase implica la validación de los componentes de una tecnología específica, aunque esto no derive en la integración de todos los componentes en un sistema completo.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

TRL 4

“Validación de componentes/subsistemas en pruebas de laboratorio. Validación de componentes/subsistemas en pruebas de laboratorio. En esta fase, los componentes que integran determinada tecnología han sido identificados y se busca establecer si dichos componentes individuales cuentan con las capacidades para actuar de manera integrada, funcionando conjuntamente en un sistema.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

TRL 5

“Validación de los sistemas, subsistemas o componentes en un entorno relevante (o industrialmente relevante en caso de tecnologías habilitadoras clave). Los elementos básicos de determinada tecnología son integrados de manera que la configuración final es similar a su aplicación final. Sin embargo, la operatividad del sistema y tecnologías ocurre todavía a nivel de laboratorio.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

TRL 6

“Validación de sistema, subsistema, modelo o prototipo en condiciones cercanas a las reales. En esta fase es posible contar con prototipos piloto capaces de desarrollar todas las funciones necesarias dentro de un sistema determinado, habiendo superado pruebas de factibilidad en condiciones de operación o funcionamiento real. Es posible que los componentes y los procesos se hayan ampliado para demostrar su potencial industrial en sistemas reales. La documentación disponible puede ser limitada.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

TRL 7

“Demostración de sistema o prototipo validados en el entorno operativo real. El sistema se encuentra o está próximo a operar en escala pre-comercial. Es posible llevar a cabo la fase de identificación de aspectos relacionados con la fabricación, la evaluación del ciclo de vida, y la evaluación económica de las tecnologías, contando con la mayor parte de funciones disponibles para pruebas. La documentación disponible puede ser limitada.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

TRL 8

“Sistema completo y calificado a través de pruebas y demostraciones en ambientes operacionales. En esta fase, los sistemas están integrados, las tecnologías han sido probadas en su forma final y bajo condiciones supuestas, habiendo alcanzado en muchos casos, el final del desarrollo del sistema. La mayoría de la documentación disponible está completa.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

TRL 9

Sistema probado y operando con éxito en un entorno real. Tecnología/ sistema en su fase final, probada y disponible para su comercialización y/o producción.” (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2023, p. 90)

Ejemplos de proyectos de I+D+i en diferentes áreas

En todos los ejemplos se conserva esta lógica:

1

Investigación básica
Construye o amplía la **teoría, principio, modelo o conocimiento base.**

Ejemplo: descubrir biomarcadores, desarrollar teoría matemática, entender rutas metabólicas, estudiar patrones sociales.

2

Investigación aplicada
Toma ese conocimiento y formula una **solución teórica con propósito práctico específico.**

Ejemplo: algoritmo, protocolo, método, diseño conceptual de dispositivo, modelo de intervención, panel diagnóstico.

3

Desarrollo experimental
Convierte la solución teórica en una **versión piloto o prototipo** y la valida en condiciones cercanas a las reales.

Ejemplo: planta piloto, prototipo funcional, ensayo de campo, prueba clínica piloto, implementación en institución piloto.

4

Innovación
Escala e introduce la solución como **nuevo o mejorado producto** o como **nuevo o mejorado proceso.** **Ejemplo:** software comercial, kit diagnóstico, plataforma desplegada, proceso operativo institucional o industrial.

1. Ciencias Naturales

1A. Matemática

Proceso: optimización de rutas de ambulancias urbanas

Investigación básica: desarrollo de nueva teoría sobre grafos dinámicos y optimización bajo incertidumbre.

Tecnología o teoría base construida: modelos matemáticos de optimización estocástica.

Investigación aplicada: formulación teórica de un método para asignar ambulancias según tráfico, demanda y tiempos de respuesta. Solución teórica generada: algoritmo matemático de despacho óptimo.

Desarrollo: piloto del algoritmo en una red vial simulada y luego en una ciudad pequeña.

Innovación de proceso: implementación escalada en centrales de emergencia como nuevo proceso de asignación y despacho.

Producto: software de optimización de logística hospitalaria

Investigación básica: creación de nuevos métodos de programación matemática multiobjetivo.

Base: teoría de optimización combinatoria.

Aplicada: diseño teórico de un motor de cálculo para secuenciar cirugías, camas y personal.

Desarrollo: prototipo de software probado en un hospital piloto.

Innovación de producto: plataforma comercial de optimización hospitalaria.

1B. Computación y ciencias de la información

Proceso: detección temprana de fraude transaccional

Investigación básica: estudio de nuevos modelos de aprendizaje automático para detección de anomalías.

Base: teoría de redes neuronales y aprendizaje no supervisado.

Aplicada: formulación de un sistema teórico para identificar patrones anómalos en pagos.

Desarrollo: piloto con datos históricos y luego en ambiente controlado de una entidad financiera.

Innovación de proceso: nuevo proceso automatizado de monitoreo antifraude en tiempo real.

Producto: motor de ciberseguridad adaptativa

Investigación básica: generación de conocimiento sobre modelos de inferencia para comportamiento malicioso en redes.

Base: teoría de grafos, IA y modelos probabilísticos.

Aplicada: diseño teórico de un producto que detecta y responde a ataques.

Desarrollo: prototipo funcional probado en infraestructura piloto.

Innovación de producto: software de ciberseguridad desplegado y vendido a organizaciones.

1C. Ciencias físicas

Proceso: control de calidad en manufactura con espectroscopía

Investigación básica: estudio de interacción de la radiación con materiales y patrones espectrales.

Base: física del estado sólido y espectroscopía.

Aplicada: formulación de un método teórico para identificar defectos sin contacto.

Desarrollo: validación del sistema en línea piloto de manufactura.

Innovación de proceso: nuevo proceso industrial de inspección óptica en línea.

Producto: sensor fotónico de defectos

Investigación básica: estudio de materiales fotónicos y propiedades de absorción/reflexión.

Base: óptica y física de materiales.

Aplicada: diseño teórico de un sensor fotónico para detectar microfracturas.

Desarrollo: prototipo de sensor probado en laboratorio y planta piloto.
Innovación de producto: sensor industrial comercializable.

1D. Ciencias químicas

Proceso: purificación selectiva de agua contaminada

Investigación básica: estudio de mecanismos de adsorción y catálisis en nuevos compuestos químicos.
Base: química de superficies y química analítica.

Aplicada: formulación teórica de un proceso químico selectivo para remover metales pesados.
Desarrollo: planta piloto para evaluar eficiencia y regeneración del medio adsorbente.
Innovación de proceso: proceso implementado en plantas de tratamiento.

Producto: adsorbente químico regenerable

Investigación básica: descubrimiento de nuevas estructuras químicas con afinidad por contaminantes.
Base: química de materiales porosos.

Aplicada: diseño teórico de un cartucho filtrante regenerable.
Desarrollo: prototipo validado con diferentes matrices de agua.
Innovación de producto: filtro químico avanzado para uso doméstico o industrial.

1E. Ciencias de la tierra y medioambientales

Proceso: gestión predictiva de riesgo de deslizamientos

Investigación básica: estudio de relaciones entre lluvia, suelos, pendiente y estabilidad geotécnica.
Base: geociencias, climatología y modelación ambiental.

Aplicada: formulación de un modelo teórico de alerta temprana.

Desarrollo: piloto en una cuenca o ladera instrumentada.
Innovación de proceso: proceso institucional de monitoreo y evacuación preventiva.

Producto: sistema de alerta geotécnica

Investigación básica: conocimiento sobre variables precursoras de movimientos en masa.
Base: hidrogeología y mecánica de suelos.

Aplicada: diseño teórico de una estación sensorica conectada a modelos predictivos.
Desarrollo: prototipo instalado en zona piloto.
Innovación de producto: solución integrada de alerta comercializable para municipios.

1F. Ciencias biológicas

Proceso: diagnóstico molecular rápido de patógenos vegetales

Investigación básica: estudio de biomarcadores genéticos diferenciales de patógenos.
Base: biología molecular y genética.

Aplicada: diseño teórico de un flujo de detección temprana en campo.
Desarrollo: validación piloto en cultivos afectados.
Innovación de proceso: nuevo proceso fitosanitario de diagnóstico preventivo.

Producto: kit molecular portátil

Investigación básica: identificación de secuencias diana y mecanismos de amplificación.
Base: genética y enzimología.

Aplicada: formulación de un kit teórico de diagnóstico.
Desarrollo: prototipo funcional con pruebas de sensibilidad y especificidad.
Innovación de producto: kit portátil para agricultores o laboratorios.

1G. Otras ciencias naturales

Proceso: monitoreo integral de biodiversidad acústica

Investigación básica: estudio de patrones bioacústicos de especies y ecosistemas.

Base: ecología cuantitativa y análisis de señales.

Aplicada: diseño teórico de un proceso de monitoreo basado en sonidos ambientales.

Desarrollo: piloto en reservas naturales.

Innovación de proceso: proceso permanente de seguimiento ecológico automatizado.

Producto: plataforma de análisis bioacústico

Investigación básica: generación de conocimiento sobre firmas acústicas de especies.

Base: bioacústica y estadística.

Aplicada: diseño teórico de software para clasificar fauna por sonido.

Desarrollo: prototipo con bases de datos de campo.

Innovación de producto: plataforma para conservación y monitoreo ambiental.

2. Ingeniería y Tecnología

2A. Ingeniería civil

Proceso: mantenimiento predictivo de puentes

Investigación básica: estudio de fatiga, vibración y deterioro estructural.

Base: mecánica estructural y análisis modal.

Aplicada: formulación teórica de un proceso para estimar deterioro y priorizar intervención.

Desarrollo: piloto en uno o varios puentes instrumentados.

Innovación de proceso: nuevo proceso de inspección y mantenimiento basado en datos.

Producto: sistema inteligente de monitoreo estructural

Investigación básica: estudio de correlación entre deformación, vibración y daño.

Base: ingeniería estructural y sensorica.

Aplicada: diseño de una solución teórica de sensores y analítica.

Desarrollo: prototipo instalado en infraestructura piloto.

Innovación de producto: sistema comercial de monitoreo para puentes y edificios.

2B. Ingeniería eléctrica, electrónica e informática

Proceso: gestión inteligente del consumo energético en edificios

Investigación básica: estudio de comportamiento de cargas eléctricas y patrones de consumo.

Base: teoría de control, electrónica de potencia y analítica de datos.

Aplicada: formulación de un proceso teórico de gestión automática de cargas.

Desarrollo: piloto en un edificio instrumentado.

Innovación de proceso: proceso operativo de eficiencia energética automatizada.

Producto: controlador inteligente de energía

Investigación básica: nuevos modelos de control adaptativo para cargas.

Base: control automático y electrónica embebida.

Aplicada: diseño teórico de un dispositivo que monitorea y actúa sobre consumos.

Desarrollo: prototipo probado en entorno real.

Innovación de producto: equipo inteligente para gestión energética.

2C. Ingeniería mecánica

Proceso: lubricación predictiva en maquinaria rotativa

Investigación básica: estudio de desgaste, fricción y tribología.

Base: mecánica de materiales y tribología.

Aplicada: formulación de un proceso de mantenimiento basado en condición.

Desarrollo: piloto en una línea industrial.

Innovación de proceso: nuevo proceso de mantenimiento predictivo.

Producto: sensor mecánico de desgaste

Investigación básica: estudio de firmas vibracionales y térmicas del desgaste.

Base: dinámica de máquinas.

Aplicada: diseño teórico de un dispositivo para detectar fatiga y desgaste.

Desarrollo: prototipo en banco de pruebas.

Innovación de producto: sensor comercial para equipos industriales.

2D. Ingeniería química

Proceso: producción eficiente de biocombustibles

Investigación básica: estudio de cinética de reacción y transferencia de masa.

Base: termodinámica y cinética química.

Aplicada: diseño teórico de una ruta de conversión más eficiente.

Desarrollo: validación en reactor piloto.

Innovación de proceso: nuevo proceso industrial de obtención de biocombustible.

Producto: reactor modular intensificado

Investigación básica: conocimiento sobre geometrías y condiciones de reacción óptimas.

Base: ingeniería de reactores.

Aplicada: diseño teórico de reactor compacto.

Desarrollo: prototipo de reactor a escala piloto.

Innovación de producto: reactor modular comercializable.

2E. Ingeniería de materiales

Proceso: tratamiento térmico de aleaciones avanzadas

Investigación básica: estudio de microestructuras y transformación de fases.

Base: ciencia de materiales.

Aplicada: diseño teórico de un proceso térmico para mejorar resistencia.

Desarrollo: validación en horno piloto.

Innovación de proceso: proceso de tratamiento aplicado en manufactura.

Producto: aleación ligera de alta resistencia

Investigación básica: descubrimiento de nuevas combinaciones microestructurales.

Base: metalurgia física.

Aplicada: formulación teórica de una nueva aleación.

Desarrollo: lotes piloto y pruebas mecánicas.

Innovación de producto: material nuevo para automoción o aeroespacial.

2F. Ingeniería médica

Proceso: rehabilitación personalizada basada en sensores

Investigación básica: estudio del movimiento humano y señales biomecánicas.

Base: biomecánica y procesamiento de señales.

Aplicada: formulación de un proceso terapéutico guiado por datos.

Desarrollo: piloto clínico con pacientes.

Innovación de proceso: nuevo proceso de rehabilitación asistida.

Producto: órtesis inteligente

Investigación básica: estudio de biomecánica, ergonomía y respuesta muscular.

Base: ingeniería biomédica.

Aplicada: diseño teórico de una órtesis con realimentación.

Desarrollo: prototipo validado con usuarios.

Innovación de producto: órtesis personalizada escalable.

2G. Ingeniería ambiental

Proceso: tratamiento descentralizado de aguas residuales

Investigación básica: estudio de remoción de contaminantes y equilibrio ecológico de sistemas.
Base: ingeniería sanitaria y ecología aplicada.

Aplicada: diseño teórico de un proceso híbrido físico-biológico.
Desarrollo: planta piloto en comunidad.
Innovación de proceso: esquema operativo descentralizado de saneamiento.

Producto: módulo compacto de tratamiento

Investigación básica: estudio de medios filtrantes y biofilms.
Base: bioprocesos ambientales.

Aplicada: diseño teórico de una unidad modular.
Desarrollo: prototipo instalado y validado.
Innovación de producto: equipo compacto comercial.

2H. Biotecnología ambiental

Proceso: biorremediación de suelos con hidrocarburos

Investigación básica: estudio de rutas metabólicas microbianas de degradación.
Base: microbiología ambiental.

Aplicada: formulación de un proceso de bioaumentación.
Desarrollo: piloto en suelo contaminado.
Innovación de proceso: proceso operativo de remediación biológica.

Producto: consorcio microbiano especializado

Investigación básica: identificación de cepas y enzimas degradadoras.
Base: biología molecular y microbiología.

Aplicada: diseño teórico de un bioinsumo microbiano.

Desarrollo: producción piloto y pruebas de campo.
Innovación de producto: bioformulado para remediación.

2I. Biotecnología industrial

Proceso: fermentación optimizada para enzimas industriales

Investigación básica: estudio del metabolismo microbiano y expresión enzimática.
Base: biotecnología microbiana.

Aplicada: formulación teórica de una ruta fermentativa más eficiente.
Desarrollo: piloto en biorreactor.
Innovación de proceso: nuevo proceso de producción industrial de enzimas.

Producto: enzima industrial recombinante

Investigación básica: caracterización estructural y funcional de la enzima.
Base: enzimología e ingeniería genética.

Aplicada: diseño teórico de una enzima optimizada.
Desarrollo: lote piloto y pruebas industriales.
Innovación de producto: biocatalizador comercial.

2J. Nanotecnología

Proceso: recubrimiento antimicrobiano para superficies hospitalarias

Investigación básica: estudio de interacción nanopartícula-microorganismo.
Base: nanociencia de superficies.

Aplicada: formulación teórica del proceso de deposición del recubrimiento.
Desarrollo: piloto en salas hospitalarias.
Innovación de proceso: proceso estandarizado de recubrimiento preventivo.

Producto: nanorrecubrimiento antimicrobiano

Investigación básica: conocimiento sobre tamaño, carga y reactividad de nanopartículas.

Base: química coloidal y nanomateriales.

Aplicada: diseño teórico del recubrimiento funcional.

Desarrollo: prototipo en sustratos reales.

Innovación de producto: recubrimiento listo para mercado.

2K. Otras ingenierías y tecnologías

Proceso: trazabilidad logística con gemelos digitales

Investigación básica: estudio de modelado de sistemas complejos y sincronización físico-digital.

Base: teoría de sistemas e integración digital.

Aplicada: formulación de un proceso logístico guiado por gemelo digital.

Desarrollo: piloto en centro de distribución.

Innovación de proceso: nuevo proceso operativo de trazabilidad.

Producto: plataforma de gemelo digital logístico

Investigación básica: conocimiento sobre representación digital dinámica de operaciones.

Base: simulación y analítica.

Aplicada: diseño teórico de una plataforma integrada.

Desarrollo: prototipo funcional conectado a datos reales.

Innovación de producto: software empresarial escalable.

3. Ciencias Médicas y de la Salud

3A. Medicina básica

Proceso: estratificación temprana del riesgo inflamatorio

Investigación básica: estudio de biomarcadores y rutas moleculares de inflamación.

Base: inmunología y biología celular.

Aplicada: formulación de un proceso teórico de clasificación de riesgo.

Desarrollo: piloto con cohortes de pacientes.

Innovación de proceso: proceso clínico de estratificación temprana.

Producto: panel molecular de biomarcadores

Investigación básica: identificación de moléculas diferenciales.

Base: proteómica y genómica.

Aplicada: diseño teórico de un panel diagnóstico.

Desarrollo: prototipo validado analíticamente.

Innovación de producto: prueba diagnóstica multiplex.

3B. Medicina clínica

Proceso: seguimiento remoto de insuficiencia cardíaca

Investigación básica: estudio de variables fisiológicas predictoras de descompensación.

Base: fisiopatología cardiovascular.

Aplicada: diseño de protocolo teórico de monitoreo remoto.

Desarrollo: piloto clínico con pacientes ambulatorios.

Innovación de proceso: nuevo proceso asistencial de telemonitorización.

Producto: dispositivo de monitoreo clínico domiciliario

Investigación básica: estudio de correlación entre signos vitales y eventos clínicos.

Base: medicina clínica y sensórica médica.

Aplicada: diseño teórico de kit de seguimiento domiciliario.

Desarrollo: prototipo probado clínicamente.

Innovación de producto: solución médica para uso doméstico y hospitalario.

3C. Ciencias de la salud

Proceso: prevención personalizada de obesidad escolar

Investigación básica: estudio de hábitos, metabolismo y determinantes sociales.

Base: salud pública y epidemiología.

Aplicada: formulación de un proceso integral de intervención escolar.

Desarrollo: piloto en instituciones educativas.

Innovación de proceso: modelo operativo de prevención escolar escalable.

Producto: plataforma de salud digital escolar

Investigación básica: conocimiento sobre factores de riesgo y adherencia.

Base: ciencias de la salud y analítica conductual.

Aplicada: diseño teórico de una herramienta de seguimiento.

Desarrollo: prototipo con estudiantes y docentes.

Innovación de producto: plataforma para gestión preventiva en escuelas.

3D. Biotecnología en salud

Proceso: producción de terapias celulares

Investigación básica: estudio de diferenciación, viabilidad y marcadores celulares.

Base: biología celular y terapia génica/celular.

Aplicada: formulación teórica de un proceso de expansión celular segura.

Desarrollo: piloto en ambiente controlado.

Innovación de proceso: proceso de producción bajo estándares regulatorios.

Producto: terapia celular avanzada

Investigación básica: conocimiento sobre comportamiento celular y mecanismos terapéuticos.

Base: medicina regenerativa.

Aplicada: diseño teórico del producto celular.

Desarrollo: validación preclínica o clínica temprana.

Innovación de producto: terapia avanzada disponible para uso clínico regulado.

3E. Otras ciencias médicas

Proceso: esterilización avanzada de instrumental

Investigación básica: estudio de resistencia microbiana y parámetros fisicoquímicos de esterilización.

Base: microbiología médica y biofísica.

Aplicada: formulación de un nuevo proceso de esterilización de baja temperatura.

Desarrollo: piloto en central de esterilización.

Innovación de proceso: proceso hospitalario más seguro y eficiente.

Producto: sistema portátil de esterilización

Investigación básica: estudio de plasma, radiación o agentes químicos controlados.

Base: física médica y microbiología.

Aplicada: diseño teórico de equipo esterilizador compacto.

Desarrollo: prototipo validado en instrumental real.

Innovación de producto: equipo portátil para hospitales y brigadas.

4. Ciencias Agrícolas

4A. Agricultura, silvicultura y pesca

Proceso: riego inteligente de precisión

Investigación básica: estudio de relación suelo-planta-clima.

Base: fisiología vegetal e hidrología agrícola.

Aplicada: formulación de un proceso de riego basado en datos.

Desarrollo: piloto en parcela agrícola.

Innovación de proceso: proceso de riego automatizado implementado en fincas.

Producto: sistema IoT de riego de precisión

Investigación básica: conocimiento sobre umbrales hídricos y respuesta fisiológica.

Base: agronomía y sensórica.

Aplicada: diseño teórico de dispositivo y plataforma de monitoreo.

Desarrollo: prototipo validado en cultivo real.

Innovación de producto: solución comercial para agricultura.

4B. Ciencias animales y lechería

Proceso: alimentación de precisión en ganado lechero

Investigación básica: estudio del metabolismo ruminal y respuesta nutricional.

Base: nutrición animal.

Aplicada: formulación de un proceso de ajuste dinámico de dieta.

Desarrollo: piloto en hato lechero.

Innovación de proceso: proceso productivo de alimentación personalizada.

Producto: suplemento funcional de alto desempeño

Investigación básica: estudio de microbiota ruminal y digestibilidad.

Base: fisiología animal y microbiología.

Aplicada: formulación teórica de suplemento nutricional.

Desarrollo: lotes piloto y pruebas zootécnicas.

Innovación de producto: suplemento escalado al mercado pecuario.

4C. Ciencias veterinarias

Proceso: vigilancia temprana de enfermedades zoonóticas

Investigación básica: estudio de patogénesis y transmisión interespecies.

Base: microbiología veterinaria.

Aplicada: diseño teórico de un proceso de vigilancia.

Desarrollo: piloto en clínicas o granjas.

Innovación de proceso: esquema operativo de vigilancia sanitaria.

Producto: prueba diagnóstica veterinaria rápida

Investigación básica: identificación de antígenos o genes diana.

Base: inmunología veterinaria.

Aplicada: diseño teórico de test rápido.

Desarrollo: prototipo validado con muestras animales.

Innovación de producto: kit veterinario para campo.

4D. Biotecnología agrícola

Proceso: propagación masiva de plantas resistentes

Investigación básica: estudio de genes de resistencia y regulación fisiológica.

Base: genética vegetal y cultivo de tejidos.

Aplicada: formulación de un proceso de multiplicación biotecnológica.

Desarrollo: piloto en vivero y laboratorio.

Innovación de proceso: proceso escalado de propagación vegetal.

Producto: variedad vegetal mejorada o bioinsumo de inducción de resistencia

Investigación básica: identificación de mecanismos moleculares de defensa.

Base: biotecnología vegetal.

Aplicada: diseño teórico de línea vegetal o bioinsumo.

Desarrollo: validación en invernadero y campo.

Innovación de producto: material vegetal o bioinsumo comercial.

4F. Otras ciencias agrícolas

Proceso: trazabilidad poscosecha para reducción de pérdidas

Investigación básica: estudio de respiración, maduración y deterioro poscosecha.

Base: fisiología poscosecha.

Aplicada: formulación de proceso de trazabilidad y manejo.

Desarrollo: piloto en cadena de abastecimiento.

Innovación de proceso: nuevo proceso de manejo poscosecha.

Producto: empaque activo para conservación

Investigación básica: conocimiento sobre gases, humedad y deterioro del alimento.

Base: ciencia de alimentos y materiales.

Aplicada: diseño teórico de envase funcional.

Desarrollo: prototipo validado en fruta u hortaliza.

Innovación de producto: empaque activo comercial.

5. Ciencias Sociales

5A. Psicología

Proceso: detección temprana de riesgo de burnout académico

Investigación básica: estudio de variables cognitivas, emocionales y contextuales.

Base: teorías del estrés y regulación emocional.

Aplicada: formulación de un proceso de tamizaje psicológico.

Desarrollo: piloto en universidades.

Innovación de proceso: proceso institucional de prevención psicosocial.

Producto: herramienta digital de tamizaje psicológico

Investigación básica: identificación de constructos y escalas predictoras.

Base: psicometría.

Aplicada: diseño teórico de instrumento digital.

Desarrollo: prototipo con validación piloto.

Innovación de producto: software o app de evaluación.

5B. Economía y negocios

Proceso: evaluación predictiva de riesgo crediticio en pymes

Investigación básica: estudio de comportamiento financiero y variables de morosidad.

Base: teoría económica y econometría.

Aplicada: formulación teórica de un proceso de scoring alternativo.

Desarrollo: piloto con cartera real.

Innovación de proceso: nuevo proceso de originación y evaluación de crédito.

Producto: motor de scoring alternativo

Investigación básica: identificación de relaciones causales y patrones predictivos.

Base: econometría y ciencia de datos.

Aplicada: diseño teórico de software de calificación.

Desarrollo: prototipo en entidad financiera piloto.

Innovación de producto: plataforma financiera comercializable.

5C. Ciencia de la educación

Proceso: personalización del aprendizaje escolar

Investigación básica: estudio de estilos, ritmos y trayectorias de aprendizaje.

Base: teorías del aprendizaje y evaluación educativa.

Aplicada: formulación de un proceso pedagógico adaptativo.

Desarrollo: piloto en aula.

Innovación de proceso: nuevo proceso de enseñanza personalizada.

Producto: plataforma adaptativa de aprendizaje

Investigación básica: conocimiento sobre indicadores de progreso y feedback efectivo.

Base: pedagogía y analítica del aprendizaje.

Aplicada: diseño teórico de plataforma adaptativa.

Desarrollo: prototipo con estudiantes.

Innovación de producto: solución EdTech escalada.

5D. Sociología

Proceso: intervención para fortalecer cohesión social barrial

Investigación básica: estudio de redes sociales, capital social y confianza comunitaria.

Base: teoría sociológica de redes y cohesión.

Aplicada: formulación de un proceso de intervención comunitaria.

Desarrollo: piloto en barrio o comuna.

Innovación de proceso: modelo replicable de fortalecimiento comunitario.

Producto: sistema de medición de cohesión social

Investigación básica: desarrollo de indicadores y relaciones entre variables sociales.

Base: sociometría.

Aplicada: diseño teórico de instrumento/plataforma de medición.

Desarrollo: prototipo de medición en campo.

Innovación de producto: herramienta de diagnóstico social.

5E. Derecho

Proceso: gestión inteligente de conciliación de conflictos

Investigación básica: estudio de tipologías de conflicto y variables de resolución.

Base: teoría jurídica y resolución de conflictos.

Aplicada: formulación de un proceso de conciliación asistida.

Desarrollo: piloto en centros de conciliación.

Innovación de proceso: nuevo proceso jurídico de resolución temprana.

Producto: sistema experto de apoyo a conciliación

Investigación básica: sistematización de reglas, precedentes y patrones de acuerdo.

Base: informática jurídica.

Aplicada: diseño teórico de herramienta de apoyo.

Desarrollo: prototipo probado con casos reales anonimizados.

Innovación de producto: software legaltech.

5F. Ciencias políticas

Proceso: participación ciudadana basada en evidencia

Investigación básica: estudio de comportamiento político, confianza institucional y deliberación.

Base: teoría democrática y análisis político.

Aplicada: diseño de un proceso de participación más inclusivo y efectivo.

Desarrollo: piloto en municipio.

Innovación de proceso: modelo institucional de participación deliberativa.

Producto: plataforma de participación ciudadana

Investigación básica: conocimiento sobre motivadores de participación y calidad deliberativa.

Base: ciencia política y diseño institucional.

Aplicada: diseño teórico de herramienta digital participativa.

Desarrollo: prototipo con ciudadanía piloto.

Innovación de producto: plataforma cívica escalada.

5G. Geografía social y económica

Proceso: planeación de accesibilidad a servicios públicos

Investigación básica: estudio de segregación espacial y movilidad.

Base: geografía económica y SIG.

Aplicada: formulación de un proceso de planeación territorial basado en datos.

Desarrollo: piloto en área metropolitana.

Innovación de proceso: proceso de planificación territorial inteligente.

Producto: visor geoespacial de inequidades territoriales

Investigación básica: identificación de patrones espaciales de acceso.

Base: análisis espacial.

Aplicada: diseño teórico de un sistema geográfico de decisión.

Desarrollo: prototipo con capas territoriales reales.

Innovación de producto: plataforma geoespacial para gobiernos.

5H. Periodismo y comunicaciones

Proceso: verificación automatizada de desinformación

Investigación básica: estudio de patrones discursivos y propagación de noticias falsas.

Base: análisis del discurso y ciencia de redes.

Aplicada: formulación de un proceso de fact-checking asistido.

Desarrollo: piloto en sala de redacción.

Innovación de proceso: nuevo proceso editorial de verificación.

Producto: herramienta de detección de desinformación

Investigación básica: conocimiento sobre señales lingüísticas y virales de falsedad.

Base: lingüística computacional.

Aplicada: diseño teórico de software de apoyo.

Desarrollo: prototipo integrado a flujos periodísticos.

Innovación de producto: solución digital para medios.

5I. Otras ciencias sociales

Proceso: focalización de programas sociales

Investigación básica: estudio de vulnerabilidad multidimensional y exclusión.

Base: estadística social y políticas públicas.

Aplicada: formulación de un proceso de priorización de beneficiarios.

Desarrollo: piloto en programa territorial.

Innovación de proceso: proceso de asignación más preciso y transparente.

Producto: índice o plataforma de vulnerabilidad

Investigación básica: desarrollo de variables e indicadores compuestos.

Base: medición social.

Aplicada: diseño teórico de herramienta de focalización.

Desarrollo: prototipo con datos administrativos.

Innovación de producto: plataforma usada por entidades públicas.

6. Humanidades

6A. Historia y arqueología

Proceso: conservación predictiva de patrimonio arqueológico

Investigación básica: estudio de deterioro material y contextos históricos.

Base: arqueometría e historia material.

Aplicada: formulación de un proceso de monitoreo preventivo.

Desarrollo: piloto en sitio patrimonial.

Innovación de proceso: nuevo proceso de conservación preventiva.

Producto: sistema digital de reconstrucción patrimonial

Investigación básica: conocimiento sobre materiales, cronologías y contextos.

Base: arqueología digital.

Aplicada: diseño teórico de herramienta de reconstrucción 3D.

Desarrollo: prototipo con piezas o sitios reales.

Innovación de producto: plataforma museográfica o de investigación.

6B. Idiomas y literatura

Proceso: enseñanza adaptativa de comprensión lectora

Investigación básica: estudio de estructuras narrativas, semántica y procesamiento del lenguaje.

Base: lingüística y teoría literaria.

Aplicada: formulación de un proceso pedagógico para mejorar comprensión.

Desarrollo: piloto en estudiantes.

Innovación de proceso: nuevo proceso didáctico basado en análisis textual.

Producto: motor lingüístico para comprensión lectora

Investigación básica: conocimiento sobre complejidad textual y dificultades de interpretación.

Base: lingüística computacional y didáctica de la lengua.

Aplicada: diseño teórico de una herramienta de apoyo lector.

Desarrollo: prototipo en entorno educativo.

Innovación de producto: software educativo escalado.

6C. Otras historias

Proceso: curaduría digital de memoria oral

Investigación básica: estudio de memoria colectiva, narrativas y transmisión cultural.

Base: historiografía y estudios de memoria.

Aplicada: formulación de un proceso de recolección y organización de relatos.

Desarrollo: piloto con comunidades.

Innovación de proceso: modelo operativo de archivo vivo participativo.

Producto: repositorio digital de memoria histórica

Investigación básica: definición de categorías narrativas y estructuras de preservación.

Base: humanidades digitales.

Aplicada: diseño teórico de plataforma documental.

Desarrollo: prototipo con archivos orales.

Innovación de producto: repositorio público escalable.

6D. Arte

Proceso: mediación artística para bienestar emocional

Investigación básica: estudio de experiencia estética, simbolización y respuesta emocional.

Base: teoría del arte y psicología del arte.

Aplicada: formulación de un proceso de intervención artística.

Desarrollo: piloto en escuelas, hospitales o comunidades.

Innovación de proceso: metodología artística implementada como proceso de intervención.

Producto: kit/plataforma artística terapéutica

Investigación básica: conocimiento sobre estímulos visuales, narrativos o sonoros y sus efectos.

Base: estética y estudios perceptivos.

Aplicada: diseño teórico de un recurso artístico estructurado.

Desarrollo: prototipo validado con usuarios.

Innovación de producto: herramienta artística escalable.

6E. Otras humanidades

Proceso: preservación y revitalización de lenguas en riesgo

Investigación básica: estudio de estructuras lingüísticas, prácticas culturales y transmisión intergeneracional.

Base: antropología lingüística y filosofía del lenguaje.

Aplicada: formulación de un proceso de revitalización comunitaria.

Desarrollo: piloto en comunidad hablante.

Innovación de proceso: modelo replicable de revitalización lingüística.

Producto: corpus digital y app de revitalización lingüística

Investigación básica: sistematización de vocabulario, gramática y usos culturales.

Base: documentación lingüística.

Aplicada: diseño teórico de una solución digital de aprendizaje.

Desarrollo: prototipo con hablantes y docentes.

Innovación de producto: aplicación o plataforma para preservación lingüística.

Marco de referencia

El marco de referencia integra fuentes normativas, metodológicas e internacionales seleccionadas por su pertinencia para definir, clasificar y evaluar proyectos de I+D en contextos territoriales.

Como resultado de este ejercicio, se identificaron y seleccionaron documentos de carácter nacional e internacional relacionados con políticas de ciencia, tecnología e innovación, lineamientos para la formulación y evaluación de proyectos de investigación aplicada, tipologías de proyectos de I+D+i, estándares metodológicos internacionales y orientaciones para la articulación entre investigación, desarrollo tecnológico e innovación con enfoque territorial.

Posteriormente, se llevó a cabo la lectura analítica y la revisión técnica de los documentos

priorizados, dando especial énfasis a aquellos que aportan elementos estructurantes para orientar el desarrollo metodológico de la guía, particularmente en aspectos relacionados con la definición operativa de investigación aplicada, la estructuración de proyectos orientados a la solución de retos territoriales, la articulación entre actores del sistema de CTI+S y la alineación con instrumentos de política pública vigentes en los niveles nacional y distrital.

Este proceso permitió consolidar un conjunto de insumos técnicos que sirven de base para la construcción inicial del marco conceptual y metodológico de la guía, garantizando su coherencia con los estándares internacionales, su alineación con las políticas públicas de CTI y su pertinencia frente a las dinámicas y necesidades del territorio.

Se hace una priorización de los documentos y se construye la siguiente matriz:

Tabla 1 Análisis del marco de referencia legal y técnico inicial

Bloque / Categoría	Documento de referencia	Entidad	Nivel (Nacional / Distrital / Internacional)	Aporte principal a la Guía	Elementos técnicos o normativos clave	Aplicabilidad en la Guía
1. Marco legal y estratégico	Ley 2286 de 2023 – Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín	Congreso de la República	Nacional / Distrital	Crea el marco jurídico que reconoce a Medellín como Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.	Define competencias distritales en CTI; faculta instrumentos técnicos de orientación y coordinación.	Base jurídica para la creación de la Guía como instrumento del Sistema Distrital CTI+S.
	CONPES 4130 de 2024 – Política Nacional de CTI 2024–2034	DNP / Minciencias	Nacional	Define la política nacional de CTI, incorporando la innovación transformativa como principio rector.	Establece ejes de territorialización, sostenibilidad, innovación transformativa y gobernanza.	Alinea la Guía con los principios nacionales de innovación con propósito social y sostenible.
	Plan de Desarrollo Distrital 2024–2027	Alcaldía de Medellín	Distrital	Integra la CTI+S en los objetivos de transformación sostenible y desarrollo humano.	Incluye metas de fortalecimiento de capacidades locales e institucionales de investigación aplicada.	Alinea la Guía con las prioridades distritales de innovación social, inclusión y sostenibilidad.
	Plan Distrital de Ciencia, Tecnología, Innovación y Sostenibilidad (CTI+S) de Medellín (2023)	Alcaldía de Medellín	Distrital	Marco estratégico de gobernanza y enfoque de innovación transformativa.	Define trayectorias de cambio, ecosistema CTI+S y modelo de investigación aplicada para el desarrollo territorial.	Constituye el marco directo de referencia metodológica para la Guía.
2. Referentes metodológicos nacionales	Guía Sectorial de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (2015)	DNP / Colciencias	Nacional	Instrumento metodológico base para formular, ejecutar y evaluar proyectos CTI.	Define tipologías de investigación (básica, aplicada, experimental) y fases metodológicas (identificación, formulación, evaluación).	Base estructural del marco metodológico operativo de la Guía.
	Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	Minciencias (2016)	Nacional	Define roles, funciones y relaciones de los actores del SNCTI.	Clasifica actores (IES, empresas, centros, OTRI) y vincula TRL 1–6 con investigación aplicada.	Permite definir la estructura de articulación multiactor de la Guía.

Bloque / Categoría	Documento de referencia	Entidad	Nivel (Nacional / Distrital / Internacional)	Aporte principal a la Guía	Elementos técnicos o normativos clave	Aplicabilidad en la Guía
3. Referentes internacionales de I+D+i	Manual de Frascati 2015	OCDE / FECYT	Internacional	Norma internacional para definir y medir la I+D.	Define criterios, clasificación, tipología y alcance de la investigación aplicada y experimental.	Marco conceptual técnico para definir fases y criterios de proyectos de investigación aplicada.
	Manual de Oslo 2018	OCDE / Eurostat	Internacional	Guía internacional para la medición de innovación.	Amplía el concepto de innovación a lo social, público y territorial; establece indicadores.	Sustenta el enfoque de innovación transformativa e impacto sistémico.
	RAND Measuring Research (2013)	RAND Europe	Internacional	Metodología de evaluación de resultados de investigación.	Presenta marcos de evaluación y herramientas de medición de impacto.	Referente para los indicadores de impacto y pertinencia de la investigación aplicada.
	Bases ID25 Chile (2024)	ANID – Chile	Internacional (LatAm)	Guía metodológica regional para proyectos de innovación e I+D.	Define criterios de elegibilidad, evaluación y transferencia de conocimiento.	Modelo latinoamericano de evaluación y transferencia útil para adaptar criterios en Medellín.
	Taking the Research Experience Seriously (MIT D-Lab, 2021)	MIT / Tufts / Oxford	Internacional	Marco ético para investigación aplicada participativa.	Propone los principios de relevancia, respeto, right-sizing y rigor.	Base para el enfoque ético y participativo de la investigación aplicada distrital.

Bloque / Categoría	Documento de referencia	Entidad	Nivel (Nacional / Distrital / Internacional)	Aporte principal a la Guía	Elementos técnicos o normativos clave	Aplicabilidad en la Guía
4. Referentes territoriales y de contexto Medellín	Libro “Metrópoli 2050. La SuperCiudad de Medellín” (2019)	AMVA / Fundación Metrópoli	Regional / Distrital	Define visión prospectiva de desarrollo territorial y económico.	Introduce el concepto de “inteligencia del territorio” y escenarios multiescales.	Apoya la alineación territorial de la investigación aplicada con el desarrollo urbano sostenible.
	Anexo 8. Necesidades de Ciudad – Ruta N y G8 Universidades (2024)	Ruta N / G8	Distrital	Diagnóstico participativo de retos urbanos para la CTI.	Identifica necesidades en movilidad, salud, energía, sostenibilidad y digitalización.	Permite priorizar líneas de investigación aplicada orientadas a desafíos de ciudad.
	Informe OEE-DV Tejido Empresarial (2024)	Cámara de Comercio de Medellín – Observatorio Económico Empresarial	Distrital	Caracteriza las capacidades productivas, empresariales y de innovación.	Ofrece información sectorial para vincular investigación aplicada con cadenas de valor locales.	Sustenta la pertinencia económica de los proyectos de investigación aplicada.
	Estudio Económico 2024 – CCMA	Cámara de Comercio de Medellín	Distrital	Análisis del contexto económico e inversión empresarial en CTI.	Proporciona insumos para dimensionar la demanda de innovación empresarial.	Aporta al diagnóstico territorial y priorización de sectores.
	Colombia Tech Report 2024	Observatorio Nacional de Innovación	Nacional	Informe de tendencias en innovación y emprendimiento.	Mide el desempeño del ecosistema tecnológico nacional.	Aporta indicadores comparativos de madurez tecnológica y digital.
	Magazine de Convocatorias Abril 2025	Colombia Productiva	Nacional	Instrumento informativo de oportunidades de fomento.	Sistematiza convocatorias nacionales e internacionales para CTI.	Referente para articular la Guía con mecanismos de financiación.

Bloque / Categoría	Documento de referencia	Entidad	Nivel (Nacional / Distrital / Internacional)	Aporte principal a la Guía	Elementos técnicos o normativos clave	Aplicabilidad en la Guía
5. Instrumentos técnicos y de apoyo metodológico	Guía Práctica para la Formulación y Ejecución de Proyectos de I+D (CONCYTEC, Perú)	CONCYTEC	Internacional (LatAm)	Modelo de gestión y ejecución de proyectos de investigación aplicada.	Define estructura, indicadores y procesos de seguimiento.	Complementa el diseño operativo de la Guía en su fase de implementación.
	Manual de Frascati + Oslo + Guía Sectorial DNP-Colciencias (Triada metodológica)	OCDE / DNP / Minciencias	Internacional / Nacional	Conjunto de estándares técnicos internacionales y nacionales.	Coherencia entre definición, medición y aplicación de la investigación aplicada.	Conforma el marco metodológico de referencia integral de la Guía.

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo: Matriz de priorización de temas de I + D

A continuación se presenta una matriz de ejemplos de proyectos de investigación aplicada para el reto “Garantizar una alimentación segura, justa, sostenible y sustentable para la población”, usando la lógica de la herramienta: relación entre reto, conocimiento base,

posible solución de I+D y contribución al cierre de brechas. La herramienta plantea que los temas priorizados deben responder a retos del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín, sustentarse en conocimiento científico, tecnológico o técnico, y tener potencial de generar soluciones útiles, transferibles y escalables. Además, el reto de alimentación segura, justa, sostenible y sustentable aparece dentro de los retos sociales identificados para el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.

Tabla 2 Matriz de ejemplos estructuración de proyectos de investigación aplicada

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
1.A. Matemática	Modelo matemático para optimizar la distribución de alimentos saludables en comunas con mayor vulnerabilidad alimentaria.	Optimización, teoría de grafos, modelos de localización-asignación y análisis de demanda.	Diseño de un modelo de decisión que defina rutas, puntos de entrega, horarios y cantidades óptimas de alimentos.	Mejoraría la eficiencia logística, reduciría desperdicios y facilitaría el acceso equitativo a alimentos en zonas con menor cobertura.
1.B. Computación y Ciencias de la Información	Sistema de inteligencia artificial para identificar zonas con riesgo de inseguridad alimentaria en Medellín.	Ciencia de datos, aprendizaje automático, analítica predictiva y sistemas de información geográfica.	Desarrollo conceptual de una plataforma que integre datos socioeconómicos, precios, oferta alimentaria y consumo.	Permitirá priorizar intervenciones públicas, focalizar ayudas y anticipar territorios con mayor riesgo alimentario.
1.C. Ciencias Físicas	Método físico no invasivo para evaluar frescura y calidad de frutas y hortalizas en mercados locales.	Espectroscopía, óptica aplicada, interacción radiación-materia y análisis de señales.	Diseño de un método de medición rápida para clasificar alimentos según madurez, deterioro o riesgo de pérdida.	Reduciría pérdidas poscosecha y mejoraría la calidad de los alimentos disponibles para la población.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
1.D. Ciencias Químicas	Formulación de recubrimientos naturales para prolongar la vida útil de alimentos frescos.	Química de polímeros naturales, química de alimentos y compuestos bioactivos.	Diseño de una película comestible a partir de biopolímeros naturales para conservar frutas y verduras.	Disminuiría desperdicios, aumentaría disponibilidad de alimentos frescos y promovería alternativas sostenibles de conservación.
1.E. Ciencias de la Tierra y Medioambientales	Modelo ambiental para identificar zonas urbanas aptas para agricultura comunitaria sostenible.	Climatología urbana, análisis de suelos, geociencias, calidad ambiental y SIG.	Diseño de una metodología para seleccionar áreas aptas según suelo, agua, pendiente, temperatura y exposición solar.	Fortalecería la producción local de alimentos y el uso sostenible de espacios urbanos o periurbanos.
1.F. Ciencias Biológicas	Identificación de microorganismos benéficos para mejorar la productividad de huertas urbanas.	Microbiología del suelo, biología vegetal, ecología microbiana y fisiología vegetal.	Formulación teórica de bioinsumos microbianos para mejorar absorción de nutrientes y resistencia vegetal.	Aumentaría la producción sostenible de alimentos, reduciendo dependencia de insumos químicos.
1.G. Otras Ciencias Naturales	Sistema de monitoreo ecológico para evaluar la biodiversidad asociada a huertas urbanas alimentarias.	Ecología urbana, análisis de biodiversidad, bioindicadores y monitoreo ambiental.	Diseño de un protocolo de medición de polinizadores, calidad del suelo y servicios ecosistémicos en huertas.	Contribuiría a sistemas alimentarios más sostenibles, resilientes y compatibles con la conservación urbana.
2.A. Ingeniería Civil	Diseño de infraestructura modular para centros barriales de acopio y distribución de alimentos.	Ingeniería civil, diseño bioclimático, infraestructura liviana y logística urbana.	Diseño técnico de módulos de acopio con condiciones adecuadas de ventilación, conservación y accesibilidad.	Mejoraría la distribución local, reduciría pérdidas y acercaría alimentos a comunidades vulnerables.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
2.B. Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática	Sistema IoT para monitorear temperatura y humedad en cadenas cortas de abastecimiento alimentario.	Sensórica, electrónica embebida, Internet de las Cosas y transmisión de datos.	Diseño de una solución de monitoreo en tiempo real para transporte y almacenamiento de alimentos perecederos.	Mejoraría la inocuidad, reduciría deterioro y facilitaría trazabilidad en mercados y bancos de alimentos.
2.C. Ingeniería Mecánica	Diseño de equipos de bajo costo para transformación comunitaria de alimentos.	Diseño mecánico, transferencia de calor, manufactura y ergonomía.	Diseño conceptual de deshidratadores, molinos o despulpadoras adaptadas a organizaciones comunitarias.	Permitirá aprovechar excedentes, generar valor agregado y reducir pérdidas de alimentos.
2.D. Ingeniería Química	Proceso sostenible para transformar residuos orgánicos alimentarios en ingredientes funcionales.	Ingeniería de procesos, separación, extracción, cinética y química de alimentos.	Diseño de una ruta de extracción de compuestos útiles a partir de cáscaras, semillas o residuos agroalimentarios.	Promovería economía circular, nuevos productos alimentarios y menor disposición de residuos.
2.E. Ingeniería de Materiales	Desarrollo de empaques biodegradables para alimentos frescos distribuidos en mercados locales.	Ciencia de materiales, biopolímeros, propiedades barrera y biodegradabilidad.	Diseño de un material de empaque compostable con capacidad de conservar alimentos frescos.	Reduciría plásticos de un solo uso y mejoraría la sostenibilidad de la cadena alimentaria.
2.F. Ingeniería Médica	Herramienta tecnológica para seguimiento nutricional de población con riesgo alimentario y enfermedades crónicas.	Ingeniería biomédica, salud digital, sensores, analítica de datos y monitoreo remoto.	Diseño de una solución digital para registrar consumo, indicadores básicos de salud y alertas nutricionales.	Apoyaría decisiones preventivas en salud y alimentación, especialmente en población vulnerable.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
2.G. Ingeniería Ambiental	Modelo de tratamiento y reúso de aguas para huertas urbanas comunitarias.	Ingeniería sanitaria, tratamiento de agua, calidad hídrica y sostenibilidad ambiental.	Diseño de un sistema descentralizado de tratamiento de aguas grises para riego seguro.	Mejoraría la disponibilidad de agua para producción urbana de alimentos y reduciría presión sobre fuentes hídricas.
2.H. Biotecnología Ambiental	Biofertilizantes a partir de residuos orgánicos de plazas de mercado.	Microbiología ambiental, compostaje, bioprocesos y degradación orgánica.	Formulación de un proceso biotecnológico para convertir residuos de alimentos en biofertilizantes.	Reduciría residuos, fortalecería huertas urbanas y cerraría ciclos de nutrientes.
2.I. Biotecnología Industrial	Producción de proteínas alternativas mediante fermentación de bajo costo.	Fermentación, bioprocesos, microbiología industrial y tecnología de alimentos.	Diseño de una ruta fermentativa para producir biomasa proteica o ingredientes nutricionales.	Aportaría nuevas fuentes sostenibles de proteína y alternativas alimentarias accesibles.
2.J. Nanotecnología	Nanorecubrimientos seguros para mejorar la conservación de alimentos perecederos.	Nanomateriales, química coloidal, propiedades antimicrobianas y barrera.	Diseño de un recubrimiento funcional para disminuir deterioro microbiano en frutas o hortalizas.	Aumentaría vida útil, reduciría desperdicio y mejoraría inocuidad alimentaria.
2.K. Otras Ingenierías y Tecnologías	Gemelo digital de la cadena alimentaria distrital para simular abastecimiento, pérdidas y demanda.	Simulación, sistemas complejos, analítica logística y modelado digital.	Diseño de una plataforma conceptual que simule escenarios de producción, distribución, precios y demanda.	Apoyaría decisiones públicas y privadas para garantizar abastecimiento alimentario estable y justo.
3.A. Medicina Básica	Identificación de biomarcadores asociados a deficiencias nutricionales en población vulnerable.	Bioquímica, metabolismo, fisiología humana y biología molecular.	Diseño de un panel de indicadores para orientar intervenciones nutricionales tempranas.	Mejoraría la detección de riesgos nutricionales y la focalización de programas alimentarios.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
3.B. Medicina Clínica	Protocolo clínico de seguimiento alimentario para personas con enfermedades crónicas no transmisibles.	Medicina interna, nutrición clínica, fisiopatología y atención primaria.	Formulación de un protocolo de atención que relacione dieta, adherencia y evolución clínica.	Contribuiría a una alimentación más segura para pacientes con diabetes, hipertensión u obesidad.
3.C. Ciencias de la Salud	Modelo comunitario para prevención de malnutrición en niños, niñas y adultos mayores.	Salud pública, epidemiología nutricional, promoción de la salud y determinantes sociales.	Diseño de una estrategia de tamizaje, educación alimentaria y seguimiento comunitario.	Reduciría brechas de acceso a información, prevención y atención nutricional.
3.D. Biotecnología en Salud	Desarrollo de alimentos funcionales con potencial preventivo frente a deficiencias nutricionales.	Biotecnología alimentaria, metabolómica, microbiota y compuestos bioactivos.	Formulación teórica de alimentos enriquecidos con ingredientes funcionales de origen local.	Aportaría alternativas alimentarias saludables, sostenibles y adaptadas a necesidades poblacionales.
3.E. Otras Ciencias Médicas	Método de evaluación de inocuidad microbiológica en alimentos preparados en comedores comunitarios.	Microbiología médica, bioseguridad, control sanitario y análisis de riesgo.	Diseño de un protocolo rápido de vigilancia microbiológica para alimentos listos para consumo.	Reduciría riesgos sanitarios y fortalecería la seguridad alimentaria en servicios comunitarios.
4.A. Agricultura, Silvicultura y Pesca	Modelo de agricultura urbana de precisión para producción de hortalizas en barrios priorizados.	Agronomía, fisiología vegetal, riego, suelos y agricultura de precisión.	Diseño de un modelo de cultivo urbano con riego eficiente, monitoreo de variables y manejo sostenible.	Aumentaría disponibilidad local de alimentos frescos y fortalecería capacidades comunitarias.
4.B. Ciencias Animales y Lechería	Estrategia de producción sostenible de proteína animal en sistemas periurbanos.	Nutrición animal, bienestar animal, producción sostenible y calidad de productos pecuarios.	Diseño de una metodología para mejorar alimentación, sanidad y productividad en pequeños sistemas pecuarios.	Fortalecería la oferta de proteína segura y sostenible para mercados locales.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
4.C. Ciencias Veterinarias	Sistema de vigilancia sanitaria para alimentos de origen animal en circuitos cortos de comercialización.	Epidemiología veterinaria, inocuidad alimentaria, zoonosis y salud pública.	Diseño de un protocolo de vigilancia de riesgos sanitarios en carne, leche, huevos o derivados.	Mejoraría la inocuidad y reduciría riesgos de enfermedades transmitidas por alimentos.
4.D. Biotecnología Agrícola	Bioinsumos para mejorar la productividad de cultivos alimentarios urbanos y periurbanos.	Genética vegetal, microbiología agrícola, biofertilizantes y resistencia vegetal.	Formulación de un bioinsumo para mejorar crecimiento, resistencia y productividad de hortalizas.	Reduciría costos de producción y dependencia de agroquímicos, favoreciendo alimentos sostenibles.
4.F. Otras Ciencias Agrícolas	Sistema poscosecha para reducir pérdidas de frutas y verduras en plazas de mercado.	Ciencia poscosecha, fisiología de alimentos, conservación y logística agroalimentaria.	Diseño de una metodología de clasificación, almacenamiento y redistribución de alimentos próximos a deterioro.	Reduciría desperdicio y aumentaría disponibilidad de alimentos para población vulnerable.
5.A. Psicología	Estrategia psicoeducativa para transformar hábitos alimentarios en familias vulnerables.	Psicología del comportamiento, toma de decisiones, motivación y cambio de hábitos.	Diseño de una intervención para mejorar selección, preparación y consumo de alimentos saludables.	Reduciría brechas de conocimiento alimentario y promovería prácticas saludables sostenibles.
5.B. Economía y Negocios	Modelo económico para mercados alimentarios justos entre productores locales y consumidores urbanos.	Economía agrícola, economía solidaria, modelos de negocio y análisis de cadenas de valor.	Diseño de un modelo de comercialización con precios justos, reducción de intermediación y sostenibilidad financiera.	Mejoraría ingresos de productores y acceso de consumidores a alimentos frescos y asequibles.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
5.C. Ciencias de la Educación	Programa pedagógico STEAM sobre alimentación sostenible en instituciones educativas.	Pedagogía, educación alimentaria, aprendizaje basado en proyectos y educación ambiental.	Diseño de una ruta educativa para que estudiantes investiguen producción, consumo y desperdicio de alimentos.	Fortalecería cultura alimentaria, apropiación social del conocimiento y vocaciones científicas.
5.D. Sociología	Modelo comunitario de gobernanza alimentaria en barrios con inseguridad alimentaria.	Sociología urbana, redes comunitarias, capital social y organización territorial.	Diseño de un modelo de articulación entre comunidades, productores, comedores, mercados y entidades públicas.	Fortalecería redes locales de apoyo, participación y corresponsabilidad en la seguridad alimentaria.
5.E. Derecho	Marco jurídico operativo para bancos de alimentos, donación segura y redistribución de excedentes.	Derecho alimentario, derecho sanitario, contratación pública y responsabilidad legal.	Diseño de lineamientos jurídicos para facilitar donación, trazabilidad y redistribución segura de alimentos.	Reduciría barreras legales e institucionales para aprovechar excedentes alimentarios.
5.F. Ciencias Políticas	Modelo de política pública participativa para sistemas alimentarios sostenibles en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.	Gobernanza pública, análisis de políticas, participación ciudadana y seguridad alimentaria.	Diseño de una metodología de participación para priorizar acciones de alimentación justa y sostenible.	Mejoraría la legitimidad, focalización y coordinación de las intervenciones alimentarias.
5.G. Geografía Social y Económica	Mapa de brechas territoriales de acceso a alimentos saludables en Medellín.	Geografía económica, análisis espacial, SIG, segregación urbana y accesibilidad.	Diseño de un visor geográfico que identifique desiertos alimentarios, precios y disponibilidad de alimentos.	Permitirá focalizar mercados, huertas, comedores y rutas de distribución en zonas críticas.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
5.H. Periodismo y Comunicaciones	Estrategia comunicativa contra la desinformación alimentaria y nutricional.	Comunicación pública, periodismo de datos, alfabetización mediática y salud pública.	Diseño de una metodología para verificar y comunicar información sobre alimentación saludable y sostenible.	Mejoraría la toma de decisiones de la ciudadanía y reduciría prácticas alimentarias basadas en información falsa.
5.I. Otras Ciencias Sociales	Índice multidimensional de vulnerabilidad alimentaria para priorizar programas sociales.	Medición social, estadística aplicada, políticas públicas y enfoque diferencial.	Diseño de un índice que combine ingresos, acceso físico, composición del hogar, salud y disponibilidad alimentaria.	Mejoraría la focalización de recursos y la equidad en programas de seguridad alimentaria.
6.A. Historia y Arqueología	Recuperación de saberes alimentarios tradicionales para fortalecer dietas locales sostenibles.	Historia de la alimentación, patrimonio cultural, arqueología alimentaria y memoria territorial.	Diseño de una metodología para identificar prácticas alimentarias tradicionales con valor nutricional y cultural.	Contribuiría a dietas diversas, identidad cultural y sostenibilidad alimentaria.
6.B. Idiomas y Literatura	Materiales narrativos y lingüísticos para educación alimentaria intercultural.	Lingüística aplicada, literatura infantil, análisis del discurso y didáctica de la lengua.	Diseño de cuentos, guías y recursos comunicativos sobre alimentación saludable y sostenible.	Facilitaría apropiación del conocimiento alimentario en niñas, niños, familias y comunidades diversas.
6.C. Otras Historias	Archivo digital de memorias alimentarias barriales y prácticas comunitarias de cuidado.	Historia oral, estudios de memoria, humanidades digitales y cultura alimentaria.	Diseño de un repositorio de relatos, recetas, prácticas y experiencias comunitarias sobre alimentación.	Fortalecería identidad, transmisión de saberes y reconocimiento de prácticas alimentarias locales.
6.D. Artes	Laboratorios artísticos comunitarios para promover alimentación saludable y reducción del desperdicio.	Arte comunitario, mediación cultural, pedagogía artística y comunicación simbólica.	Diseño de una metodología artística con talleres, piezas visuales y experiencias participativas sobre alimentación.	Favorecería cambios culturales en consumo, aprovechamiento de alimentos y sostenibilidad.

Área OCDE	Ejemplo de proyecto de investigación aplicada	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
6.E. Otras Humanidades	Modelo ético y cultural para decisiones alimentarias justas y sostenibles en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.	Ética aplicada, filosofía práctica, estudios culturales y justicia alimentaria.	Diseño de un marco de criterios para evaluar decisiones alimentarias desde equidad, sostenibilidad y dignidad.	Apoyaría políticas y programas alimentarios con enfoque humano, cultural y territorial.

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo experimental, los ejemplos se formulan como proyectos que trascienden el diseño teórico y avanzan hacia la materialización de soluciones previamente concebidas mediante prototipos, pilotos, pruebas de campo, validaciones en condiciones cercanas a las reales o implementaciones experimentales. Esto

es coherente con la naturaleza del desarrollo experimental, orientado a validar soluciones derivadas de la investigación aplicada en entornos próximos a su aplicación real, con potencial de generar productos, procesos, servicios, modelos o metodologías nuevos o significativamente mejorados.

Tabla 3 Matriz de ejemplos estructuración de proyectos de desarrollo experimental

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
1.A. Matemática	Validación piloto de un modelo matemático para optimizar rutas de distribución de alimentos saludables en comunas priorizadas.	Optimización matemática, teoría de grafos, modelos de localización-asignación y simulación logística.	Prototipo computacional validado con datos reales de oferta, demanda, tiempos de desplazamiento y puntos de entrega.	Reduciría tiempos de distribución, pérdidas logísticas y desigualdades territoriales en el acceso a alimentos.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
1.B. Computación y Ciencias de la Información	Piloto de una plataforma predictiva para identificar hogares y zonas con riesgo de inseguridad alimentaria.	Inteligencia artificial, aprendizaje automático, analítica de datos, interoperabilidad y sistemas de información geográfica.	Plataforma funcional probada con bases de datos territoriales, sociales, económicas y alimentarias.	Mejoraría la focalización de programas alimentarios y permitiría anticipar riesgos de desabastecimiento o vulnerabilidad.
1.C. Ciencias Físicas	Validación de un dispositivo óptico portátil para medir frescura y deterioro de frutas y hortalizas en plazas de mercado.	Espectroscopía, óptica aplicada, física de materiales y análisis de señales.	Prototipo funcional de medición no invasiva probado en condiciones reales de comercialización.	Disminuiría pérdidas de alimentos y mejoraría la calidad e inocuidad de productos frescos ofrecidos a la población.
1.D. Ciencias Químicas	Desarrollo piloto de recubrimientos naturales para conservar alimentos frescos distribuidos en mercados locales.	Química de alimentos, biopolímeros, compuestos bioactivos y química de superficies.	Lotes piloto de recubrimientos comestibles validados en frutas y verduras bajo condiciones reales de almacenamiento.	Aumentaría la vida útil de los alimentos, reduciría desperdicios y favorecería alternativas sostenibles de conservación.
1.E. Ciencias de la Tierra y Medioambientales	Piloto territorial para validar zonas aptas de agricultura urbana sostenible mediante análisis de suelo, clima y disponibilidad hídrica.	Geociencias, climatología urbana, edafología, SIG y evaluación ambiental.	Modelo geoespacial validado en huertas piloto urbanas o periurbanas.	Fortalecería la producción local de alimentos y el uso sostenible de espacios urbanos disponibles.
1.F. Ciencias Biológicas	Ensayo piloto de microorganismos benéficos para mejorar la productividad de huertas urbanas.	Microbiología del suelo, fisiología vegetal, biología molecular y ecología microbiana.	Bioinsumo experimental validado en cultivos de hortalizas bajo condiciones de campo.	Aumentaría la producción sostenible de alimentos y reduciría la dependencia de fertilizantes químicos.
1.G. Otras Ciencias Naturales	Validación de un sistema bioacústico y ecológico para monitorear biodiversidad en huertas urbanas alimentarias.	Ecología urbana, bioindicadores, análisis de señales y monitoreo ambiental.	Protocolo piloto de monitoreo de polinizadores, aves, insectos y calidad ecológica de huertas.	Contribuiría a sistemas alimentarios urbanos más sostenibles y compatibles con la conservación de la biodiversidad.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
2.A. Ingeniería Civil	Construcción y validación de módulos piloto de acopio barrial para alimentos frescos.	Ingeniería civil, diseño modular, ventilación pasiva, infraestructura liviana y logística urbana.	Prototipo físico de centro de acopio instalado en una comuna o barrio priorizado.	Mejoraría la distribución local, reduciría deterioro de alimentos y facilitaría el acceso cercano a productos frescos.
2.B. Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática	Piloto de sensores IoT para monitorear temperatura, humedad y trazabilidad de alimentos perecederos.	Electrónica embebida, IoT, sensórica, conectividad y analítica en tiempo real.	Sistema funcional instalado en rutas de transporte, bodegas o bancos de alimentos.	Mejoraría la inocuidad, reduciría pérdidas y permitiría seguimiento de condiciones críticas en la cadena alimentaria.
2.C. Ingeniería Mecánica	Desarrollo y prueba piloto de deshidratadores comunitarios de bajo costo para aprovechar excedentes alimentarios.	Diseño mecánico, transferencia de calor, eficiencia energética y ergonomía.	Prototipo de equipo validado con frutas, hortalizas o plantas alimentarias en organizaciones comunitarias.	Reduciría desperdicios, generaría valor agregado y fortalecería capacidades productivas locales.
2.D. Ingeniería Química	Planta piloto para transformar residuos agroalimentarios en ingredientes funcionales o insumos alimentarios.	Ingeniería de procesos, extracción, separación, cinética química y química de alimentos.	Ruta piloto de transformación de cáscaras, semillas o excedentes en compuestos aprovechables.	Impulsaría economía circular, reduciría residuos y ampliaría alternativas de alimentos o ingredientes sostenibles.
2.E. Ingeniería de Materiales	Prototipo de empaque biodegradable para conservar frutas y verduras en circuitos cortos de comercialización.	Biopolímeros, ciencia de materiales, propiedades barrera y biodegradabilidad.	Empaque experimental validado en condiciones reales de transporte y almacenamiento.	Reduciría el uso de plásticos y mejoraría la conservación de alimentos frescos.
2.F. Ingeniería Médica	Piloto de una herramienta digital para seguimiento nutricional de población con enfermedades crónicas.	Ingeniería biomédica, salud digital, monitoreo remoto, analítica de datos y diseño de interfaces.	Aplicación o dispositivo piloto probado con usuarios y personal de salud comunitaria.	Facilitaría el seguimiento preventivo y la orientación alimentaria en población vulnerable.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
2.G. Ingeniería Ambiental	Validación de un sistema descentralizado de tratamiento y reúso de aguas grises para huertas urbanas.	Ingeniería sanitaria, tratamiento de aguas, calidad hídrica y sostenibilidad ambiental.	Planta piloto o módulo compacto de tratamiento instalado en huerta comunitaria.	Aumentaría la disponibilidad de agua para producción alimentaria y reduciría presión sobre fuentes hídricas.
2.H. Biotecnología Ambiental	Piloto de producción de biofertilizantes a partir de residuos orgánicos de plazas de mercado.	Microbiología ambiental, compostaje, bioprocesos y aprovechamiento de residuos.	Biofertilizante experimental producido y validado en cultivos urbanos o periurbanos.	Reduciría residuos orgánicos y mejoraría la productividad de huertas sostenibles.
2.I. Biotecnología Industrial	Fermentación piloto para producir proteína alternativa de bajo costo a partir de sustratos locales.	Bioprocesos, fermentación, microbiología industrial y tecnología de alimentos.	Lote piloto de biomasa proteica o ingrediente alimentario validado técnica y nutricionalmente.	Ampliaría fuentes sostenibles de proteína y contribuiría a la seguridad alimentaria.
2.J. Nanotecnología	Validación experimental de nanorrecubrimientos seguros para prolongar la vida útil de alimentos perecederos.	Nanomateriales, química coloidal, propiedades antimicrobianas y materiales funcionales.	Prototipo de recubrimiento evaluado en frutas u hortalizas bajo condiciones controladas y reales.	Reduciría deterioro, pérdidas poscosecha y riesgos de contaminación.
2.K. Otras Ingenierías y Tecnologías	Piloto de gemelo digital de la cadena alimentaria distrital para simular abastecimiento, pérdidas y demanda.	Modelado de sistemas complejos, simulación, analítica logística y gemelos digitales.	Plataforma piloto conectada a datos reales de mercados, rutas, inventarios y consumo.	Apoyaría decisiones públicas y privadas para mejorar disponibilidad, eficiencia y equidad alimentaria.
3.A. Medicina Básica	Validación piloto de un panel de biomarcadores para identificar deficiencias nutricionales tempranas.	Bioquímica, metabolismo, fisiología humana, biología molecular y nutrición.	Panel experimental probado con muestras de población priorizada bajo protocolos éticos.	Mejoraría la detección temprana de riesgos nutricionales y la focalización de intervenciones.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
3.B. Medicina Clínica	Piloto clínico de seguimiento nutricional para pacientes con diabetes, hipertensión u obesidad.	Medicina clínica, nutrición terapéutica, fisiopatología y atención primaria en salud.	Protocolo clínico validado en centros de salud o programas comunitarios.	Mejoraría el control de enfermedades crónicas mediante alimentación segura y adecuada.
3.C. Ciencias de la Salud	Implementación piloto de un modelo comunitario para prevenir malnutrición infantil y en adultos mayores.	Salud pública, epidemiología nutricional, promoción de la salud y determinantes sociales.	Modelo de tamizaje, educación alimentaria y seguimiento probado en barrios priorizados.	Reduciría brechas de prevención, acceso a orientación nutricional y atención temprana.
3.D. Biotecnología en Salud	Desarrollo piloto de alimentos funcionales enriquecidos con ingredientes locales para población vulnerable.	Biotecnología alimentaria, microbiota, compuestos bioactivos y nutrición funcional.	Lotes piloto de alimentos funcionales validados en estabilidad, aceptabilidad y perfil nutricional.	Ofrecería alternativas alimentarias saludables, accesibles y adaptadas a necesidades nutricionales específicas.
3.E. Otras Ciencias Médicas	Validación de un protocolo rápido de control microbiológico en comedores comunitarios.	Microbiología médica, inocuidad alimentaria, bioseguridad y análisis de riesgo sanitario.	Protocolo piloto aplicado en preparación, almacenamiento y entrega de alimentos listos para consumo.	Reduciría riesgos sanitarios y fortalecería la seguridad alimentaria en servicios comunitarios.
4.A. Agricultura, Silvicultura y Pesca	Piloto de agricultura urbana de precisión para producción de hortalizas en barrios priorizados.	Agronomía, fisiología vegetal, riego eficiente, suelos y agricultura de precisión.	Parcela piloto con sensores, riego controlado y manejo técnico validado en condiciones reales.	Aumentaría la disponibilidad local de alimentos frescos y fortalecería capacidades comunitarias.
4.B. Ciencias Animales y Lechería	Piloto de alimentación sostenible para pequeños sistemas de producción de proteína animal.	Nutrición animal, bienestar animal, calidad de leche o carne y producción sostenible.	Modelo experimental de dieta, manejo sanitario y productividad validado en unidades productivas periurbanas.	Mejoraría la oferta de proteína segura y sostenible para mercados locales.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
4.C. Ciencias Veterinarias	Validación piloto de un sistema de vigilancia sanitaria para alimentos de origen animal.	Epidemiología veterinaria, zoonosis, inocuidad alimentaria y salud pública.	Protocolo de vigilancia probado en circuitos cortos de comercialización de leche, carne, huevos o derivados.	Reduciría riesgos sanitarios y fortalecería la confianza en alimentos de origen animal.
4.D. Biotecnología Agrícola	Desarrollo experimental de bioinsumos para aumentar la productividad de cultivos alimentarios urbanos.	Microbiología agrícola, genética vegetal, biofertilizantes y resistencia vegetal.	Bioinsumo piloto validado en cultivos de hortalizas, tubérculos o plantas alimentarias.	Reduciría costos de producción, aumentaría rendimientos y disminuiría uso de agroquímicos.
4.F. Otras Ciencias Agrícolas	Piloto de manejo poscosecha para reducir pérdidas de frutas y verduras en plazas de mercado.	Ciencia poscosecha, fisiología de alimentos, conservación, clasificación y almacenamiento.	Proceso piloto de selección, conservación, redistribución y aprovechamiento de alimentos próximos a deterioro.	Disminuiría desperdicios y aumentaría disponibilidad de alimentos para población vulnerable.
5.A. Psicología	Piloto de intervención psicoeducativa para mejorar hábitos alimentarios en familias vulnerables.	Psicología del comportamiento, motivación, toma de decisiones y cambio de hábitos.	Programa experimental con sesiones, materiales y seguimiento aplicado en hogares o instituciones educativas.	Promovería prácticas alimentarias saludables y sostenibles desde el comportamiento cotidiano.
5.B. Economía y Negocios	Piloto de mercado alimentario justo entre productores locales, organizaciones comunitarias y consumidores urbanos.	Economía agrícola, economía solidaria, cadenas de valor y modelos de negocio sostenibles.	Modelo comercial experimental con precios justos, compras colectivas y reducción de intermediación.	Mejoraría ingresos de productores y acceso de consumidores a alimentos frescos y asequibles.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
5.C. Ciencias de la Educación	Implementación piloto de una ruta STEAM sobre alimentación sostenible en instituciones educativas.	Pedagogía, educación alimentaria, aprendizaje basado en proyectos y educación ambiental.	Programa educativo validado con estudiantes, docentes, huertas escolares y retos de investigación aplicada.	Fortalecería cultura alimentaria, apropiación social del conocimiento y vocaciones científicas.
5.D. Sociología	Piloto de gobernanza alimentaria comunitaria en barrios con inseguridad alimentaria.	Sociología urbana, redes comunitarias, capital social y organización territorial.	Modelo experimental de articulación entre comunidad, mercados, comedores, productores y entidades públicas.	Fortalecería redes locales, corresponsabilidad y participación comunitaria frente al reto alimentario.
5.E. Derecho	Validación de un protocolo jurídico-operativo para donación segura y redistribución de excedentes alimentarios.	Derecho alimentario, derecho sanitario, responsabilidad jurídica y regulación de donaciones.	Piloto con bancos de alimentos, comercios, comedores y entidades públicas para probar lineamientos legales y operativos.	Reduciría barreras institucionales para aprovechar excedentes y distribuir alimentos de forma segura.
5.F. Ciencias Políticas	Piloto de modelo participativo para priorizar acciones de política pública alimentaria en el Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.	Gobernanza pública, análisis de políticas, participación ciudadana y seguridad alimentaria.	Metodología participativa validada con comunidades, actores institucionales y organizaciones sociales.	Mejoraría la legitimidad, pertinencia y focalización de las decisiones públicas en alimentación.
5.G. Geografía Social y Económica	Validación de un visor geográfico de brechas de acceso a alimentos saludables.	Geografía económica, análisis espacial, SIG, accesibilidad territorial y segregación urbana.	Plataforma piloto con mapas de precios, disponibilidad, distancia, oferta alimentaria y condiciones socioeconómicas.	Permitirá focalizar mercados, huertas, comedores y rutas de distribución en zonas críticas.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
5.H. Periodismo y Comunicaciones	Piloto de estrategia comunicativa para combatir desinformación alimentaria y nutricional.	Comunicación pública, periodismo de datos, alfabetización mediática y salud pública.	Campaña experimental con piezas comunicativas, verificación de información y medición de cambios en comprensión ciudadana.	Mejoraría la toma de decisiones alimentarias y reduciría prácticas basadas en información falsa.
5.I. Otras Ciencias Sociales	Validación de un índice multidimensional de vulnerabilidad alimentaria para priorizar programas sociales.	Estadística social, medición multidimensional, políticas públicas y enfoque diferencial.	Índice piloto probado con datos administrativos, encuestas territoriales y validación comunitaria.	Mejoraría la focalización de recursos y la equidad en programas de seguridad alimentaria.
6.A. Historia y Arqueología	Piloto de recuperación y validación comunitaria de saberes alimentarios tradicionales.	Historia de la alimentación, arqueología alimentaria, memoria territorial y patrimonio cultural.	Modelo piloto de documentación, selección y transferencia de prácticas alimentarias tradicionales con valor nutricional.	Fortalecería dietas diversas, identidad cultural y sostenibilidad alimentaria local.
6.B. Idiomas y Literatura	Validación de materiales narrativos para educación alimentaria intercultural en población escolar.	Lingüística aplicada, literatura infantil, análisis del discurso y didáctica de la lengua.	Prototipo de cuentos, guías y recursos educativos probado con estudiantes, docentes y familias.	Facilitaría la apropiación de mensajes sobre alimentación saludable, justa y sostenible.
6.C. Otras Historias	Piloto de archivo digital de memorias alimentarias barriales y prácticas comunitarias de cuidado.	Historia oral, estudios de memoria, cultura alimentaria y humanidades digitales.	Repositorio experimental con relatos, recetas, prácticas y experiencias comunitarias sobre alimentación.	Fortalecería transmisión de saberes, identidad territorial y reconocimiento de prácticas alimentarias locales.

Área	Ejemplo de proyecto de desarrollo experimental	Conocimiento, teoría o tecnología base	Posible solución de I+D	Contribución esperada al cierre de brechas
6.D. Artes	Laboratorio piloto de mediación artística para promover alimentación saludable y reducción del desperdicio.	Arte comunitario, mediación cultural, pedagogía artística y comunicación simbólica.	Metodología artística validada mediante talleres, piezas visuales, instalaciones o experiencias participativas.	Favorecería cambios culturales en consumo, aprovechamiento de alimentos y sostenibilidad.
6.E. Otras Humanidades	Validación de un marco ético-cultural para orientar programas de alimentación justa y sostenible.	Ética aplicada, filosofía práctica, estudios culturales y justicia alimentaria.	Modelo piloto de criterios éticos aplicado a programas, comedores, mercados o políticas alimentarias.	Apoyaría decisiones alimentarias más equitativas, dignas, sostenibles y culturalmente pertinentes.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta: Matriz para el diseño de entornos en proyectos de I+D

Propósito: orientar el análisis de viabilidad de proyectos de investigación aplicada y desarrollo experimental, verificando si existen condiciones

suficientes para formular, ejecutar, validar, transferir o escalar una solución basada en conocimiento científico, tecnológico o técnico. Esta herramienta parte de la idea de que los entornos deben reducir la incertidumbre y responder preguntas concretas sobre la factibilidad del proyecto, evitando información general que no aporte a la decisión.

Tabla 4 Herramienta: Matriz para el diseño de entornos en proyectos de I+D

Entorno / viabilidad	Propósito del análisis en proyectos de I+D	Preguntas orientadoras	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado del análisis	Valoración 1 a 5
1. Viabilidad comercial, sectorial o de usuarios	Verificar si la solución propuesta responde a una necesidad real, si existen usuarios, beneficiarios o sectores interesados, y si la propuesta tiene un valor diferencial frente a soluciones, investigaciones, prototipos o validaciones existentes.	¿Quiénes serían los usuarios, beneficiarios o receptores de la solución? ¿La necesidad está demostrada? ¿La solución teórica, prototipo, piloto o validación ya existe? ¿Qué diferencia tiene frente a antecedentes previos? ¿Existe potencial de apropiación, transferencia o escalamiento?	Estudios sectoriales, diagnósticos territoriales, estado del arte, bases de datos científicas, patentes, informes institucionales, datos de mercado, planes de desarrollo, entrevistas con actores clave.	Identificación de usuarios o beneficiarios, necesidad atendida, antecedentes existentes, diferencial de la solución y potencial de transferencia o adopción.	
2. Viabilidad técnica y científica	Analizar si el proyecto cuenta con base científica, tecnológica o técnica suficiente y si el equipo ejecutor tiene las capacidades para desarrollar la investigación aplicada o el desarrollo experimental.	¿Cuál es la teoría, tecnología, método o conocimiento base? ¿Qué incertidumbre técnica o científica se busca resolver? ¿El equipo cuenta con experiencia, infraestructura, equipos, laboratorios, software o metodologías necesarias? ¿Qué brechas técnicas existen?	Estado del arte, hojas de vida del equipo, capacidades del grupo de investigación, inventario de equipos, infraestructura disponible, protocolos, metodologías, TRL, resultados previos, publicaciones o proyectos anteriores.	Definición de la base tecnológica o científica, identificación de capacidades disponibles, brechas técnicas y condiciones requeridas para ejecutar el proyecto.	

Entorno / viabilidad	Propósito del análisis en proyectos de I+D	Preguntas orientadoras	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado del análisis	Valoración 1 a 5
3. Viabilidad de gestión e institucional	Verificar si la entidad ejecutora y sus aliados tienen capacidad administrativa, operativa y organizacional para coordinar, contratar, supervisar y reportar el proyecto.	¿La entidad puede gestionar compras, contratación, pagos, informes y cronograma? ¿Existen roles claros entre los actores? ¿Se cuenta con aliados estratégicos? ¿Los tiempos administrativos son compatibles con la ejecución del proyecto? ¿Hay experiencia previa en proyectos similares?	Organigrama, manuales de funciones, experiencia institucional, cartas de intención, acuerdos de cooperación, cronogramas, procesos internos, capacidad de contratación, informes de proyectos anteriores.	Identificación de capacidades de gestión, roles institucionales, necesidades administrativas, aliados requeridos y riesgos operativos.	
4. Viabilidad económica y financiera	Estimar si los recursos disponibles son suficientes para cubrir el alcance científico, técnico, metodológico y operativo del proyecto.	¿Cuánto cuesta ejecutar la investigación, validación, prototipo o piloto? ¿Qué recursos son en efectivo y cuáles en especie? ¿Se requiere contrapartida? ¿Los desembolsos permiten cubrir las necesidades de caja? ¿El presupuesto es coherente con el alcance?	Presupuesto general, cotizaciones, costos de personal, insumos, equipos, servicios tecnológicos, pruebas, pilotos, viajes, transferencia de conocimiento, cronograma de desembolsos y fuentes de financiación.	Presupuesto validado, identificación de necesidades de financiación, coherencia entre recursos y alcance, y posibles brechas financieras.	

Entorno / viabilidad	Propósito del análisis en proyectos de I+D	Preguntas orientadoras	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado del análisis	Valoración 1 a 5
5. Viabilidad legal, normativa y ética	Revisar si el proyecto puede desarrollarse dentro del marco normativo aplicable y si cumple con permisos, autorizaciones, propiedad intelectual, tratamiento de datos y requisitos éticos.	¿La entidad está habilitada para ejecutar las actividades? ¿Se requieren permisos, licencias, avales éticos o autorizaciones? ¿Hay manejo de datos personales, muestras biológicas, comunidades, menores de edad o información sensible? ¿Cómo se gestionará la propiedad intelectual?	Normativa aplicable, estatutos institucionales, comités de ética, autorizaciones, consentimientos informados, políticas de datos, acuerdos de confidencialidad, contratos de propiedad intelectual, lineamientos de la convocatoria.	Identificación de requisitos legales, éticos y normativos; permisos necesarios; restricciones; y condiciones para proteger resultados, datos y participantes.	
6. Viabilidad social y cultural	Analizar si la solución será aceptada, comprendida, apropiada y utilizada por la población, comunidad, sector o actores del territorio.	¿La población reconoce la necesidad que el proyecto busca atender? ¿La solución es culturalmente pertinente? ¿Existen barreras de participación, acceso, lenguaje, confianza, género, edad, territorio o conectividad? ¿Los mecanismos de validación o transferencia son adecuados para los usuarios?	Caracterizaciones poblacionales, diagnósticos sociales, planes territoriales, estudios comunitarios, entrevistas, grupos focales, talleres participativos, información de actores locales, análisis de barreras de acceso.	Identificación de condiciones sociales y culturales, barreras de apropiación, estrategias de participación y mecanismos de transferencia adecuados.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Herramienta: Escala sugerida de valoración - Matriz para el diseño de entornos en proyectos de I+D

Puntaje	Criterio de valoración
1	No existen condiciones suficientes o la información disponible muestra alta inviabilidad.
2	Existen condiciones mínimas, pero hay brechas importantes que pueden afectar la formulación o ejecución.
3	Existen condiciones parciales; el proyecto puede avanzar si se incorporan ajustes o acciones de mitigación.
4	Existen buenas condiciones de viabilidad, con brechas menores o controlables.
5	Existen condiciones sólidas para formular, ejecutar, validar y transferir el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Escala dictamen final de viabilidad - Herramienta: Matriz para el diseño de entornos en proyectos de I+D

Resultado global	Interpretación
Promedio entre 4,0 y 5,0	El proyecto cuenta con condiciones favorables para avanzar a formulación completa.
Promedio entre 3,0 y 3,9	El proyecto puede avanzar, pero requiere ajustes en los entornos con menor valoración.
Promedio menor a 3,0	El proyecto requiere reformulación, fortalecimiento de capacidades o validaciones previas antes de continuar.

Fuente: Elaboración propia

Recomendación de uso

La matriz debe diligenciarse antes de formular completamente el proyecto de I+D. Su función no es reemplazar el problema, el estado del arte o la metodología, sino verificar si existen condiciones mínimas para que la investigación aplicada o el desarrollo experimental sean pertinentes, viables y coherentes con el contexto.

En proyectos de investigación aplicada, el énfasis debe estar en validar la novedad, la necesidad del conocimiento y el potencial de aplicación; en proyectos de desarrollo experimental, debe centrarse en la capacidad de construir, probar o validar una solución en condiciones relevantes o cercanas a las reales.

Herramienta Matriz para diseñar el problema en proyectos de investigación aplicada

Propósito: orientar la formulación del problema cuando el proyecto busca generar nuevo conocimiento con una finalidad práctica. En este caso, la situación problema debe mostrar una necesidad que requiere soluciones más innovadoras y, además, evidenciar un vacío de conocimiento sobre cómo una teoría, tecnología, método o modelo podría aportar una solución diferente frente a la forma como hoy se aborda el problema.

Tabla 7 Matriz para diseñar el problema en proyectos de investigación aplicada

Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Enfoque en investigación aplicada	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado
1. Descripción de la situación problema que requiere soluciones más innovadoras	¿Cuál es la situación negativa, necesidad o brecha que se busca atender? ¿Por qué las soluciones actuales no son suficientes? ¿Qué aspecto del problema exige una respuesta basada en conocimiento científico, tecnológico o técnico?	La situación problema debe mostrar una brecha concreta que no puede resolverse adecuadamente con respuestas tradicionales, rutinarias o meramente operativas. Debe evidenciar la necesidad de explorar una solución más innovadora, sustentada en conocimiento.	Diagnósticos territoriales, políticas públicas, planes de desarrollo, estudios sectoriales, indicadores, informes técnicos, literatura científica.	Situación problema delimitada, concreta y justificada como una necesidad que requiere una solución novedosa o mejorada.
2. Solución previa o conocimiento disponible, o cómo se soluciona hoy	¿Cómo se atiende actualmente el problema? ¿Qué soluciones, métodos, teorías, tecnologías o modelos existen? ¿Qué limitaciones presentan esas soluciones?	Se debe identificar el conocimiento disponible y la forma actual de abordar el problema, señalando por qué aún no resulta suficiente o por qué no ha sido aplicado de manera diferenciada en el contexto analizado.	Estado del arte, antecedentes nacionales e internacionales, artículos científicos, patentes, experiencias previas, modelos existentes, entrevistas a expertos.	Identificación de las soluciones actuales, antecedentes disponibles y limitaciones que justifican una nueva aproximación.

Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Enfoque en investigación aplicada	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado
3. Nivel de madurez de la solución	¿La solución se encuentra en fase teórica, conceptual, metodológica o analítica? ¿Existe una idea preliminar, pero aún no ha sido formulada o comprobada conceptualmente?	En investigación aplicada, la solución normalmente se encuentra en una fase temprana o conceptual. No se espera contar todavía con un prototipo funcional, sino con una propuesta teórica, modelo, metodología o diseño preliminar que requiere ser estudiado.	Revisión TRL, antecedentes del grupo de investigación, modelos conceptuales, pruebas analíticas previas, literatura científica.	Nivel de madurez inicial identificado, usualmente asociado a una solución conceptual o metodológica.
4. Incertidumbre científico-tecnológica	¿Qué no se sabe todavía? ¿Qué vacío de conocimiento impide formular o sustentar mejor la solución? ¿Qué se requiere comprender, analizar, adaptar, comparar o comprobar conceptualmente?	El problema debe expresar una deficiencia de conocimiento. La incertidumbre se centra en saber si una teoría, tecnología, método o modelo puede aportar una solución práctica al problema identificado.	Estado del arte, brechas de literatura, estudios comparativos, consultas a expertos, fuentes primarias, revisión de tecnologías existentes.	Vacío de conocimiento formulado de manera clara.
5. Condiciones de validación	¿Cómo se comprobará preliminarmente la pertinencia de la solución teórica? ¿Se requieren simulaciones, análisis comparativos, validaciones conceptuales, pruebas analíticas o contraste con expertos?	En investigación aplicada, la validación no necesariamente implica piloto o prototipo. Puede consistir en comprobar conceptualmente la solución, validar supuestos, analizar su factibilidad técnica o construir evidencia preliminar.	Protocolos de análisis, criterios técnicos, simulaciones, revisión por expertos, pruebas de concepto, modelos analíticos, matrices comparativas.	Condiciones preliminares de validación conceptual definidas.

Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Enfoque en investigación aplicada	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado
6. Usuarios, beneficiarios o entorno de aplicación	¿Quiénes podrían beneficiarse de la solución? ¿En qué territorio, sector, población, proceso o sistema tendría aplicación futura?	Aunque la solución aún sea teórica, debe existir claridad sobre los posibles usuarios, beneficiarios o contextos donde podría aplicarse posteriormente.	Caracterizaciones poblacionales, análisis de actores, estudios sectoriales, entrevistas, diagnósticos institucionales o territoriales.	Usuarios, beneficiarios o entorno potencial de aplicación identificados.
7. Coherencia entre problema y solución teórica	¿La solución teórica responde directamente a la situación problema? ¿Existe relación clara entre el problema, el conocimiento base, el vacío de conocimiento y la solución propuesta?	Debe verificarse que la solución teórica sea proporcional al problema y que realmente atienda el vacío de conocimiento identificado. La coherencia evita formular problemas demasiado amplios o soluciones desconectadas de la necesidad real.	Matriz de coherencia, árbol de problemas, estado del arte, formulación preliminar de objetivos y resultados.	Relación lógica entre problema, conocimiento base, vacío de conocimiento y solución teórica.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta Matriz para diseñar el problema en proyectos de desarrollo experimental

Propósito: orientar la formulación del problema cuando ya existe una solución previa, conocimiento disponible, diseño conceptual o resultado de investigación, pero todavía persiste una incertidumbre sobre su materialización, funcionamiento, desempeño o validación en condiciones relevantes o cercanas a las reales. En este caso, el problema se enfoca en demostrar por qué se requiere construir, probar, ajustar o validar un prototipo, piloto, proceso, producto o servicio.

Tabla 8 Matriz para diseñar el problema en proyectos de desarrollo experimental

Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Enfoque en desarrollo experimental	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado
1. Descripción de la situación problema que requiere soluciones más innovadoras	¿Qué necesidad, problema u oportunidad se busca atender? ¿Por qué las soluciones actuales no son suficientes? ¿Qué limitación técnica, productiva, social, ambiental o tecnológica exige una solución viable?	La situación problema debe mostrar una necesidad concreta que requiere avanzar más allá del diseño conceptual, mediante la construcción, prueba o validación de una solución en condiciones relevantes o cercanas a las reales.	Diagnósticos, estudios técnicos, problemas productivos, necesidades del sector, informes institucionales, datos de usuarios o beneficiarios.	Situación problema delimitada y justificada como una necesidad que requiere validación experimental.
2. Solución previa o conocimiento disponible, o cómo se soluciona hoy	¿Qué solución, diseño, tecnología, modelo, proceso o conocimiento previo existe? ¿Cómo se atiende actualmente el problema? ¿Qué limitaciones tiene la solución actual?	El desarrollo experimental parte de conocimiento existente. Debe identificarse qué solución previa ya fue formulada, diseñada o probada conceptualmente, y qué falta materializar o validar.	Resultados de investigación aplicada, pruebas de concepto, diseños preliminares, prototipos iniciales, literatura técnica, patentes, informes de laboratorio.	Solución previa o conocimiento disponible claramente identificado.
3. Nivel de madurez de la solución	¿En qué estado se encuentra la solución? ¿Existe un diseño conceptual, prueba de concepto, componente validado, prototipo inicial o piloto parcial?	Se debe precisar el grado de madurez de la solución antes del proyecto. Esto permite demostrar que el proyecto no parte de cero, sino que busca avanzar hacia una validación más cercana a la realidad.	TRL, informes técnicos, resultados previos, documentación de prototipos, pruebas de laboratorio, fichas técnicas.	Nivel de madurez inicial definido.

Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Enfoque en desarrollo experimental	Evidencia o fuentes sugeridas	Resultado esperado
4. Incertidumbre científico-tecnológica	¿Qué no se sabe todavía sobre el funcionamiento de la solución? ¿Qué falta probar, ajustar, integrar, escalar o validar?	La incertidumbre se centra en saber si la solución puede funcionar adecuadamente como prototipo, piloto, proceso, producto o servicio en condiciones relevantes o cercanas a las reales.	Estado del arte, reportes de pruebas previas, análisis de fallas, estudios técnicos, antecedentes de soluciones similares.	Incertidumbre científico-tecnológica formulada con claridad.
5. Condiciones de validación	¿Dónde y cómo debe probarse la solución? ¿En laboratorio, entorno simulado, entorno relevante, piloto, campo o condiciones cercanas a las reales? ¿Qué variables se medirán?	El problema debe justificar la necesidad de validar la solución en condiciones más exigentes que el análisis teórico. Estas condiciones permiten evaluar desempeño, funcionalidad, estabilidad, eficiencia, calidad o aceptación.	Protocolos de prueba, diseño experimental, criterios de desempeño, estándares técnicos, escenarios de uso, condiciones operativas.	Condiciones de validación experimental definidas.
6. Usuarios, beneficiarios o entorno de aplicación	¿Quién usará, recibirá o validará la solución? ¿En qué contexto real o cercano a la realidad se aplicará? ¿Qué actores participarán en la validación?	En desarrollo experimental es clave identificar los usuarios, beneficiarios o entornos donde se probará la solución, porque la validación debe aproximarse a las condiciones reales de uso o implementación.	Caracterización de usuarios, entrevistas, estudios de aceptación, análisis del entorno productivo o social, acuerdos con aliados, escenarios piloto.	Usuarios, beneficiarios o entorno de validación identificados.
7. Coherencia entre problema y prototipo o piloto	¿El prototipo o piloto responde directamente a la situación problema? ¿La validación propuesta permite resolver la incertidumbre identificada? ¿Existe coherencia entre necesidad, solución previa, nivel de madurez y prueba experimental?	Debe verificarse que el prototipo, piloto o validación sea proporcional al problema y permita obtener evidencia sobre el funcionamiento real o cercano a la realidad de la solución.	Matriz de coherencia, diseño del prototipo, plan de pruebas, metodología, objetivos y resultados esperados.	Relación lógica entre problema, solución previa, incertidumbre y prototipo o piloto.

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de impacto para proyectos de investigación aplicada

Tabla 9 Indicadores de impacto para proyecto de investigación aplicada - A corto plazo

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Reducción de la incertidumbre técnica inicial	Porcentaje de incertidumbres técnicas abordadas	Número de incertidumbres técnicas analizadas / número total de incertidumbres identificadas x 100
Demostración de factibilidad conceptual	Nivel de factibilidad conceptual alcanzado	Escala cualitativa: bajo, medio, alto; o cumplimiento de criterios técnicos definidos
Generación de una solución teórica estructurada	Número de soluciones teóricas formuladas	Conteo de modelos, métodos, diseños conceptuales, rutas metodológicas o propuestas técnicas formuladas
Validación preliminar de la tecnología o teoría base	Número de pruebas analíticas, simulaciones o pruebas de concepto realizadas	Conteo de pruebas ejecutadas y documentadas
Sustento técnico, científico o metodológico de la solución	Porcentaje de criterios técnicos validados preliminarmente	Criterios validados / criterios definidos x 100
Identificación de condiciones de aplicabilidad	Número de condiciones técnicas, científicas o metodológicas identificadas	Conteo de condiciones documentadas para avanzar hacia validación posterior
Generación de conocimiento transferible	Número de documentos técnicos, artículos, informes o protocolos generados	Conteo de productos de conocimiento derivados del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Indicadores de impacto para proyecto de investigación aplicada - A mediano plazo

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Avance hacia procesos de validación estructurada	Número de componentes, métodos o modelos preparados para validación	Conteo de elementos con criterios técnicos definidos para pruebas posteriores
Capacidad de integración de elementos básicos	Porcentaje de componentes con potencial de integración	Componentes con viabilidad de integración / total de componentes analizados x 100
Aproximación de la solución a una aplicación futura	Grado de correspondencia entre la solución teórica y la aplicación prevista	Escala cualitativa o matriz de comparación entre requerimientos y diseño propuesto

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Fortalecimiento de capacidades científicas y técnicas	Número de capacidades fortalecidas o instaladas	Conteo de metodologías, protocolos, competencias, equipos humanos o herramientas desarrolladas
Toma de decisiones sobre continuidad de la solución	Número de recomendaciones técnicas para continuidad, ajuste o escalamiento	Conteo de recomendaciones documentadas
Identificación de restricciones técnicas	Número de restricciones, brechas o limitaciones identificadas	Conteo de restricciones documentadas y clasificadas
Articulación de actores del sistema de CTI	Número de actores vinculados a procesos posteriores de validación o transferencia	Conteo de instituciones, grupos, empresas, comunidades o aliados articulados

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Indicadores de impacto para proyecto de investigación aplicada - A largo plazo

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Continuidad hacia desarrollo experimental	Número de soluciones que avanzan a prototipo, piloto o desarrollo experimental	Conteo de soluciones que derivan en nuevos proyectos o fases posteriores
Uso del conocimiento generado en nuevas iniciativas	Número de proyectos, investigaciones o desarrollos derivados	Conteo de iniciativas formuladas con base en los resultados del proyecto
Transferencia del conocimiento generado	Número de mecanismos de transferencia implementados	Conteo de publicaciones, talleres, acuerdos, licencias, repositorios, guías o documentos técnicos
Apropiación por actores interesados	Número de usuarios, entidades o actores que usan el conocimiento generado	Conteo de actores que adoptan o incorporan los resultados en decisiones o nuevas formulaciones
Reducción de duplicación de esfuerzos	Número de decisiones técnicas orientadas por los resultados del proyecto	Conteo de decisiones documentadas que evitan repetir rutas no viables
Potencial de escalamiento futuro	Porcentaje de condiciones habilitantes identificadas para escalamiento	Condiciones habilitantes identificadas / condiciones requeridas x 100
Contribución a soluciones útiles, replicables y transferibles	Número de lineamientos, modelos o métodos replicables generados	Conteo de productos metodológicos o técnicos aplicables en otros contextos

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de impacto para proyectos de desarrollo experimental

Tabla 12 Indicadores de impacto para proyecto de desarrollo experimental - A corto plazo

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Materialización inicial de la solución	Número de prototipos, pilotos, modelos funcionales o versiones preliminares desarrolladas	Conteo de soluciones materializadas
Validación de componentes básicos	Porcentaje de componentes básicos validados	Componentes validados / componentes desarrollados x 100
Verificación del funcionamiento preliminar	Porcentaje de funcionalidades básicas operativas	Funcionalidades operativas / funcionalidades previstas x 100
Identificación temprana de fallas	Número de fallas, restricciones o ajustes técnicos identificados	Conteo de hallazgos técnicos documentados
Ajuste inicial del diseño	Número de mejoras o ajustes incorporados al prototipo o piloto	Conteo de modificaciones realizadas con base en pruebas
Reducción del riesgo técnico inicial	Porcentaje de riesgos técnicos mitigados	Riesgos técnicos mitigados / riesgos identificados x 100
Cumplimiento de requerimientos técnicos iniciales	Porcentaje de requerimientos técnicos cumplidos	Requerimientos cumplidos / requerimientos definidos x 100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Indicadores de impacto para proyecto de desarrollo experimental - A mediano plazo

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Validación integrada de la solución	Porcentaje de subsistemas o componentes integrados exitosamente	Componentes integrados / componentes previstos x 100
Funcionamiento en entorno relevante	Número de pruebas realizadas en entorno relevante o cercano al real	Conteo de pruebas documentadas
Desempeño técnico de la solución	Porcentaje de cumplimiento de parámetros de desempeño	Parámetros cumplidos / parámetros definidos x 100
Validación con usuarios o actores del entorno	Número de usuarios, organizaciones o actores participantes en pruebas	Conteo de participantes o entidades vinculadas
Mejora de funcionalidades	Porcentaje de funcionalidades optimizadas	Funcionalidades mejoradas / funcionalidades evaluadas x 100
Reproducibilidad de la solución	Número de pruebas repetidas con resultados consistentes	Conteo de pruebas con resultados reproducibles

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Calidad, seguridad o eficiencia validada	Nivel de cumplimiento de estándares técnicos, de calidad o seguridad	Escala cualitativa o porcentaje de criterios cumplidos
Toma de decisiones sobre escalamiento o transferencia	Número de decisiones técnicas documentadas sobre continuidad, rediseño o escalamiento	Conteo de decisiones formalizadas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Indicadores de impacto para proyecto de desarrollo experimental - A largo plazo

Impacto esperado	Indicador sugerido	Forma de medición
Validación avanzada en condiciones reales	Número de pruebas realizadas en entorno operativo real	Conteo de pruebas o demostraciones documentadas
Funcionamiento integral del sistema, producto, servicio o proceso	Porcentaje de funcionalidades finales operativas	Funcionalidades finales operativas / funcionalidades finales previstas x 100
Desarrollo y prueba de la solución final	Número de versiones finales o precomerciales desarrolladas y probadas	Conteo de versiones validadas
Demostración en ambiente operacional	Número de demostraciones realizadas en ambiente operacional	Conteo de demostraciones documentadas
Viabilidad económica de la solución	Relación beneficio/costo, costo estimado de implementación o margen esperado	Análisis económico, financiero o de costo-beneficio
Evaluación del ciclo de vida	Número de variables del ciclo de vida evaluadas	Conteo de variables como operación, mantenimiento, disposición, sostenibilidad o escalabilidad
Condiciones de fabricación, producción o implementación identificadas	Porcentaje de requerimientos productivos u operativos definidos	Requerimientos definidos / requerimientos necesarios x 100
Potencial de transferencia o escalamiento	Número de acuerdos, rutas o planes de transferencia o escalamiento formulados	Conteo de instrumentos o acuerdos generados
Avance hacia innovación, comercialización o adopción	Número de soluciones listas para etapa de innovación, adopción o producción	Conteo de soluciones con validación suficiente para fase posterior

Fuente: Elaboración propia

Herramienta: Matriz para diseñar el cronograma en proyectos de I+D

Propósito: orientar la construcción del cronograma de proyectos de investigación aplicada y desarrollo experimental, asegurando que las actividades, tareas, tiempos, dependencias, responsables e insumos estén articulados con los objetivos específicos, la metodología y los productos, resultados o servicios esperados. En proyectos de I+D, el cronograma no debe limitarse a distribuir actividades por meses; debe mostrar la ruta técnica mediante la cual se reducirá la

incertidumbre, se generará conocimiento, se diseñará una solución, se construirá un prototipo o piloto y se validarán los resultados del proyecto.

De acuerdo con el Project Management Institute Inc. (2021b), el cronograma es un modelo de ejecución que incluye actividades, duraciones, dependencias y demás información de planificación. En ese sentido, su construcción debe partir de la descomposición del alcance en actividades específicas, la secuenciación de actividades relacionadas, la estimación de esfuerzo, duración, personas y recursos físicos, la asignación de responsables y recursos, y el ajuste de la programación hasta lograr un cronograma acordado.

Tabla 15 Matriz Cronograma - Ruta para construir el cronograma del proyecto de I+D

Paso	Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Espacio para diligenciar
1	Objetivo específico asociado	¿A qué objetivo específico responde esta parte del cronograma? ¿Qué resultado técnico se espera alcanzar?	
2	Producto, resultado o servicio esperado	¿Qué entregable debe generarse al finalizar este bloque de actividades? ¿Es un modelo, documento técnico, validación, prototipo, piloto, metodología, informe o producto de conocimiento?	
3	Actividades principales	¿Qué actividades metodológicas son necesarias para transformar los insumos en el producto, resultado o servicio esperado?	
4	Tareas específicas	¿Qué acciones concretas deben realizarse dentro de cada actividad? ¿Qué debe hacerse primero, después y al final?	
5	Secuencia lógica	¿Qué tareas dependen de otras? ¿Qué actividades no pueden iniciar hasta que se complete una actividad previa?	
6	Duración estimada	¿Cuánto tiempo tomará cada actividad o tarea? ¿La duración es coherente con la complejidad técnica de la investigación, prueba o validación?	
7	Responsables	¿Qué investigador, equipo, aliado o entidad estará a cargo de cada actividad?	

Paso	Elemento de análisis	Preguntas orientadoras	Espacio para diligenciar
8	Recursos e insumos requeridos	¿Qué talento humano, equipos, materiales, software, laboratorios, datos, transporte o servicios técnicos se requieren?	
9	Criterio de aceptación	¿Qué evidencia permitirá verificar que la actividad fue terminada correctamente?	
10	Ajustes de viabilidad	¿El cronograma es realista frente a la disponibilidad de recursos, capacidades, permisos, aliados y tiempos de validación?	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Matriz Cronograma de ejecución por objetivos, productos y actividades

Objetivo específico	Producto, resultado o servicio	Actividad metodológica	Tareas principales	Dependencia	Responsable	Insumos requeridos	Duración	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Criterio de aceptación
OE1								X						
OE1									X	X				
OE2										X	X			
OE2											X	X		
OE3												X	X	

Fuente: Elaboración propia

El cronograma debe construirse a partir de los objetivos específicos y no como una lista aislada de actividades. Cada objetivo debe tener al menos un producto, resultado o servicio asociado, y cada producto debe contar con actividades metodológicas suficientes para alcanzarse. En proyectos de investigación aplicada, estas actividades pueden incluir revisión de antecedentes, análisis de teorías o tecnologías, formulación de hipótesis, diseño de modelos, pruebas conceptuales y validación preliminar. En proyectos de desarrollo experimental, pueden incluir diseño técnico, construcción de prototipos, configuración de pilotos, pruebas de funcionamiento, validación

con usuarios, ajustes técnicos y evaluación en condiciones cercanas a las reales.

La secuencia del cronograma debe evidenciar la lógica de maduración del proyecto. Primero se desarrollan las actividades de análisis, diseño o preparación; luego las actividades de construcción, prueba o validación; y finalmente las actividades de ajuste, documentación, transferencia y cierre. Esto permite verificar que los tiempos asignados sean coherentes con la metodología, los insumos disponibles, las capacidades del equipo y la complejidad de los resultados esperados.

Tabla 17 Reglas prácticas para revisar la calidad del cronograma

Criterio de revisión	Pregunta de verificación
Coherencia con los objetivos	¿Cada actividad contribuye directamente al cumplimiento de un objetivo específico?
Coherencia con los productos	¿Cada producto, resultado o servicio tiene actividades suficientes para ser desarrollado?
Secuencia técnica	¿Las actividades están ordenadas de forma lógica según la metodología del proyecto?
Dependencias claras	¿Se identifican las actividades que dependen de resultados previos?
Duración realista	¿Los tiempos estimados son viables frente a la complejidad de la investigación o validación?
Recursos disponibles	¿El cronograma considera la disponibilidad de personas, equipos, laboratorios, datos, permisos e insumos?
Evidencia verificable	¿Cada actividad cuenta con un entregable o criterio de aceptación?
Flexibilidad frente a la incertidumbre	¿El cronograma contempla tiempos de ajuste, pruebas, revisión técnica o corrección de fallas?

Fuente: Elaboración propia

Esta herramienta permite organizar los objetivos específicos, productos, actividades, tareas, dependencias, responsables, insumos, tiempos y criterios de aceptación, asegurando que el cronograma sea coherente con la metodología del proyecto y con la transformación de insumos en resultados verificables. De esta manera, el

cronograma se convierte en una ruta técnica de ejecución que permite planificar la generación de conocimiento, la validación de soluciones, el desarrollo de prototipos o pilotos y la reducción progresiva de la incertidumbre propia de los proyectos de I+D.

Herramienta: Matriz para la construcción de insumos

La **Herramienta: Matriz para la construcción de insumos** tiene como propósito organizar, justificar y programar los recursos necesarios para ejecutar las actividades del proyecto y transformar dichos recursos en productos, resultados o servicios. En proyectos de I+D,

esta matriz permite verificar que cada insumo tenga una relación directa con los objetivos específicos, la metodología, el cronograma y los productos esperados, evitando incluir recursos que no estén técnicamente justificados. Para diligenciarla adecuadamente, es necesario contar previamente con los **objetivos, los productos, resultados o servicios, la metodología y el cronograma**, ya que estos elementos orientan qué insumos se requieren, cuándo se necesitan y para qué serán utilizados.

Tabla 18 Matriz para la construcción de insumos

Objetivos específicos	Productos, resultados o servicios	Actividades	Rubro	Rol*	Descripción	Justificar: entregables o funciones	Und	Dedicación horas semana*	Meses / Semanas	1	2	3	4	5	6	...	n

* Solo aplica para el rubro recurso humano
Fuente: Elaboración propia

Los ítems que componen la matriz son los siguientes: **objetivos específicos**, donde se identifica el objetivo al que contribuye el insumo; **productos, resultados o servicios**, que permite relacionar el recurso con el entregable que se espera obtener; **actividades**, donde se ubica la acción metodológica que requiere el insumo; **rubro**, que clasifica el tipo de recurso, como recurso humano, materiales, equipos, transporte, entre otros; **rol**, aplicable solo al recurso humano, para precisar la función de

la persona dentro del proyecto; **descripción**, donde se detalla el insumo requerido; **justificación: entregables o funciones**, que explica por qué el insumo es necesario y qué aporta al desarrollo del proyecto; **unidad**, que define la forma de medición del insumo; **dedicación horas semana**, aplicable al recurso humano para estimar el tiempo de participación; y **meses/semanas**, que permite distribuir el uso del insumo durante el periodo de ejecución del proyecto.

Herramienta: Matriz para la construcción del presupuesto

La **Herramienta: Matriz para la construcción del presupuesto** tiene como propósito valorar monetariamente los insumos requeridos para ejecutar el proyecto, organizándolos según objetivos específicos, productos, actividades y meses de ejecución. Para diligenciar esta

matriz es necesario contar previamente con la **matriz de insumos**, ya que el presupuesto no parte de cero, sino que toma cada insumo identificado y le asigna un valor de acuerdo con sus características, cantidad, unidad de medida y forma de adquisición o contratación. Esto es importante porque el costo puede variar si el insumo corresponde a recurso humano, materiales, equipos, servicios, transporte u otros rubros, así como según la modalidad en que será comprado, contratado, alquilado o utilizado dentro del proyecto.

Tabla 19 Matriz para la construcción del presupuesto

Descripción								Mes 1				Mes 2 ...				Mes n			
Objetivos específicos	Productos, resultados o servicios	Insumos	Rubro	Nombre o identificación*	und	\$valor unitario	\$valor total	Act 1	Act 2	Act ...	Act n	Act 1	Act 2	Act ...	Act n	Act 1	Act 2	Act ...	Act n
Total							\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$

*Nombre del rubro o identificación del rubro de acuerdo con la matriz de insumo
Fuente: Elaboración propia

Los ítems que componen la matriz son: objetivos específicos, donde se relaciona el costo con el objetivo al que contribuye; productos, resultados o servicios, que permite identificar el entregable al cual está asociado el insumo; insumos, donde se registra el recurso previamente definido en la matriz de insumos; rubro, que clasifica el tipo de gasto; nombre o identificación, que precisa el nombre del rubro o su identificación según la matriz de insumos; unidad, que señala la forma en que se mide o cuantifica el insumo; valor unitario, que corresponde al costo individual de cada unidad; y

valor total, que resulta de calcular el costo global del insumo según la cantidad requerida.

La matriz también incluye la distribución del presupuesto por meses y actividades, lo que permite ubicar en qué momento de la ejecución se utilizará cada insumo y a qué actividad corresponde. Finalmente, incorpora una fila de total, que permite consolidar los valores presupuestados por periodo y actividad, facilitando el control financiero, la coherencia entre metodología y recursos, y la trazabilidad del presupuesto frente a los productos, resultados o servicios esperados del proyecto.

Herramienta: Matriz de riesgos

La herramienta matriz de riesgo se toma del documento llamado “(Departamento Nacional de Planeación, 2023) para la formulación de proyectos de inversión pública en Colombia”. De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación, los riesgos son eventos inciertos que pueden presentarse durante el horizonte de

ejecución del proyecto y afectar uno o más de sus objetivos. Su análisis debe considerar las causas que los originan, los efectos que producirían si se materializan, así como su probabilidad e impacto. Para ello, se propone utilizar una matriz de probabilidad e impacto, priorizar los riesgos más críticos y definir medidas orientadas a evitarlos, mitigarlos o transferirlos, considerando además su efecto sobre costos, cronograma, población objetivo y resultados esperados (Departamento Nacional de Planeación, 2023, pp. 71-74).

Tabla 20 Matriz análisis de riesgos – ejemplo

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efectos	Medidas de mitigación
Mercado	Inestabilidad de las condiciones de mercado asociada a alta intermediación comercial, baja calidad de los materiales por deficiencias en el proceso, baja valorización de los residuos y ausencia de economías de escala.	Posible	Mayor	Los ingresos estimados durante el horizonte de operación podrían no alcanzarse, haciendo inviable el esquema de aprovechamiento.	Establecer acuerdos de venta con compradores directos, mejorar la calidad de los residuos mediante clasificación y limpieza, valorizar los materiales mediante trituración y aglutinado, reducir costos de almacenamiento y transporte, y promover economías de escala mediante integración regional.
Operacional	Resistencia de las fuentes generadoras frente a la adopción de buenas prácticas de manejo de residuos.	Probable	Mayor	Contaminación de los materiales e imposibilidad de recuperarlos adecuadamente.	Realizar acompañamiento permanente durante el primer año de operación, establecer mecanismos legales con sanciones y vincular actores estratégicos.

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efectos	Medidas de mitigación
Legal	Oposición de personas dedicadas informalmente a la actividad de recuperación.	Probable	Moderado	Mayor exclusión y marginalidad, así como posibles acciones legales relacionadas con el Auto 275 de 2011, el Auto 268 de 2010 y la Sentencia T-724 de 2003 de la Corte Constitucional.	Diseñar medidas que privilegien a los recuperadores de oficio en la prestación de servicios asociados a la estación de aprovechamiento.
Hidrometeorológico	Localización de la estación de aprovechamiento en una zona con amenaza por inundaciones, según el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.	Probable	Mayor	Probabilidad de desbordamiento e inundación en la zona aledaña al proyecto.	Construir obras civiles o bioingenieriles para reducir el riesgo de inundación y fortalecer capacidades en gestión integral del riesgo mediante planes de emergencia y contingencia.
Administrativo	Incumplimiento del prestador y de los operarios frente a las rutas definidas.	Posible	Mayor	Aumento de costos de transporte por ineficiencias en la recolección, especialmente por la mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos de alta valorización.	Definir adecuadamente los términos del contrato con el operador y exigir pólizas de cumplimiento.

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efectos	Medidas de mitigación
Administrativo	Cambio en las condiciones tecnológicas y obsolescencia de la infraestructura y los equipos de la estación de aprovechamiento.	Probable	Moderado	Aparición de nuevos competidores que modifiquen las reglas del negocio y afecten la rentabilidad de la operación.	Establecer buenas prácticas administrativas, certificar la calidad de los procesos y promover una cultura organizacional orientada a la adaptación frente a cambios del entorno.

Fuente (Departamento Nacional de Planeación, 2023, p. 71)

Este ejemplo, muestra cómo debe estructurarse el análisis de riesgos: primero se identifica el tipo de riesgo, luego se describe el evento incierto, se valora su probabilidad e impacto, se precisan los efectos que tendría sobre el proyecto y finalmente se definen medidas de mitigación o gestión. En proyectos de I+D, esta misma lógica

puede adaptarse a riesgos técnico-científicos, metodológicos, operativos, financieros, regulatorios, de validación, de apropiación o de escalamiento, siempre procurando que las medidas propuestas sean consistentes con la metodología, el cronograma y el presupuesto del proyecto.

Bibliografía

- Baca Urbina, G. (2010). Evaluación de proyectos. The McGraw-Hill.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, & Naciones Unidas. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas (Naciones Unidas CEPAL, Ed.).
- Córdoba Padilla, M. (2011). Formulación, evaluación y proyectos. Ecoe Ediciones.
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). Glosario. Departamento Nacional de Planeación. <https://www.dnp.gov.co/atencion-al-ciudadano/glosario/Paginas/P.aspx>
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). Documento guía del módulo de capacitación en teoría de proyectos. file:///C:/Users/USER/Desktop/diplomado politécnico/presentación/formato presentación/Bibliografía/Documento Base Modulo Teoria de Proyectos.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). Metodología General Ajustada para la formulación de proyectos de inversión pública en Colombia.
- González Sabater, J. (2011). Manual de transferencia de tecnología y conocimiento. The Transfer Institute.
- Haniff, A. P., & Galloway, L. (2022). Modeling strategic alignment in project networks. International Journal of Project Management, 40(5), 517–530. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2022.05.001>
- Maldonado, J. A. (2018). Fundamentos de Gestión de Proyectos.
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2023). Tipología de Proyectos calificados como de Carácter Científico, Tecnológico e Innovación. Versión 7.
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (2025). Documento de Tipología de Proyectos de Carácter Científico, Tecnológico o de Innovación V8.
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Minciencias. (2024). Modelo de medición de grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación, año 2024.
- Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (Minciencias), Red Nacional de Transferencia Tecnológica (Red Joinn), & Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). (2024). Conectando la ciencia y el mercado: guía de transferencia tecnológica.
- Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación. (2022). Guía para la transferencia de tecnología.
- Miranda Miranda, J. J. (2001). Gestión de Proyectos Identificación, Formulación y Evaluación (Cuarta Edición). MM Editores.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2017). NASA Systems Engineering Handbook. <https://Ntrs.nasa.gov/Citations/20170001761>.

- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). *Frascati Manual 2015. Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), & Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT). (2005). *Oslo Manual: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, 3a edición. Tragsa.
- Política Pública de Apropiación Social Del Conocimiento En El Marco de La CTI, Pub. L. Política Pública de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación 3 (2021).
- Project Management Institute, Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Sexta Edic)*. Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos GUÍA DEL PMBOK (Sexta edic)*. Project Management Institute Inc.
- Project Management Institute Inc. (2021a). *El estándar para la dirección de proyectos e Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. (Project Management Institute Inc., Ed.; Séptima ed).
- Project Management Institute Inc. (2021b). *El estándar para la dirección de proyectos e Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. (Project Management Institute Inc., Ed.; Séptima ed). www.PMI.org
- Sadin, S. R., Povinelli, F. P., & Rosen, R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, 20, 73–77. [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(89\)90054-4](https://doi.org/10.1016/0094-5765(89)90054-4)
- Salazar, G., & Russi-Vigoya, M. N. (2021). Technology Readiness Level as the Foundation of Human Readiness Level. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 29(4), 25–29. <https://doi.org/10.1177/10648046211020527>
- Salvador-Carulla, L., Woods, C., de Miquel, C., & Lukersmith, S. (2024). Adaptation of the technology readiness levels for impact assessment in implementation sciences: The TRL-IS checklist. *Heliyon*, 10(9), e29930. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29930>
- Sapag Chain, N., Sapag chain, R., & Sapag P., J. M. (2014a). *Preparación y Evaluación de Proyectos (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, Ed.; Sexta Edic)*.
- Sapag Chain, N., Sapag chain, R., & Sapag P., J. M. (2014b). *Preparación y Evaluación de Proyectos (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, Ed.; Sexta Edic)*.

Ejemplos reestructurados de formulación de proyectos de I+D

Este documento presenta dos ejemplos sencillos y simples pedagógicos: un proyecto de investigación aplicada en biología y un proyecto de desarrollo experimental en psicología. Se estructuran en los pasos de formulación solicitados: alcance, temática estratégica, clasificación CTI, entornos,

problema e incertidumbre, estado del arte, solución, objetivos, fines e impactos, productos, metodología, cronograma, insumos, presupuesto y riesgos.

Advertencia importante. Las cifras, entrevistas, búsquedas bibliográficas, entidades, autores y citas incluidas en este documento son simuladas y se usan únicamente para mostrar cómo debería quedar redactado un ejemplo completo. Antes de una radicación real, deben reemplazarse por fuentes verificables, citas reales, bases de datos consultadas y entrevistas efectivamente realizadas.

Ejemplo 1. Investigación aplicada en biología

Nombre del proyecto

Modelo biológico aplicado para priorizar acciones de restauración ecológica en quebradas urbanas de Medellín a partir de bioindicadores de macroinvertebrados acuáticos y ADN ambiental.

➤ Paso 1. Comprender el alcance y naturaleza del proyecto

El proyecto corresponde a una investigación aplicada porque busca generar nuevo conocimiento con una finalidad práctica: diseñar una metodología que permita integrar bioindicadores biológicos, información molecular y criterios territoriales para orientar la priorización ecológica de quebradas urbanas. No pretende describir la biodiversidad por interés puramente científico ni producir un prototipo operativo listo para uso institucional; su alcance se concentra en construir una base conceptual, metodológica y técnica que pueda ser validada en una etapa posterior de desarrollo experimental.

La duración estimada es de 12 meses. El proyecto culmina con un modelo metodológico, una

matriz de priorización ecológica, criterios de interpretación, recomendaciones para muestreo posterior y lineamientos de transferencia. Por tanto, el resultado esperado es una solución teórica y metodológica aplicable a una necesidad ambiental real del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.

➤ Paso 2. Identificar la temática estratégica a la que aporta el proyecto

El proyecto aporta a la sostenibilidad ambiental, la gestión integral del recurso hídrico, la adaptación climática urbana, la restauración ecológica, la protección de corredores verdes y la toma de decisiones basada en evidencia. En términos OCDE, se ubica en Ciencias Naturales, área de Ciencias Biológicas, con aplicación en ecología acuática, biomonitoreo y gestión ambiental urbana.

El área OCDE corresponde a Ciencias Naturales - Ciencias Biológicas; el ejemplo de investigación aplicada es el diseño de un modelo biológico de priorización ecológica; el conocimiento base proviene de la ecología acuática, la bioindicación con macroinvertebrados, el ADN ambiental y la restauración de ecosistemas urbanos; la posible solución de I+D es una metodología integrada de priorización; y la contribución esperada es reducir la

brecha de información ecológica comparable para orientar acciones de restauración en quebradas urbanas.

Paso 3. Clasificar el tipo de proyecto de CTI

La iniciativa se clasifica como investigación aplicada, dado que se orienta a adquirir nuevo conocimiento con un propósito práctico específico: establecer cómo puede combinarse el conocimiento biológico disponible con criterios territoriales para formular una herramienta de priorización ecológica. La solución se ubica en una fase conceptual y metodológica; por tanto, no corresponde a investigación básica ni a desarrollo experimental. La clasificación simulada se asocia a TRL 2-3, porque parte de principios y métodos existentes, pero aún requiere formular y comprobar conceptualmente su aplicación integrada al contexto urbano de Medellín.

Paso 4. Definir problema e incertidumbre de I+D

Problema central: Insuficiente conocimiento aplicado en la integración bioindicadores de macroinvertebrados acuáticos, ADN ambiental y criterios territoriales en una metodología de priorización ecológica de quebradas urbanas de Medellín.

Este problema no se formula como deterioro general de quebradas, porque esa sería una situación ambiental amplia. En investigación aplicada, el problema se ubica en la deficiencia de conocimiento sobre la alternativa de solución: todavía no se cuenta con una metodología adaptada al contexto urbano de Medellín que permita combinar evidencia biológica tradicional, evidencia molecular y criterios territoriales para priorizar acciones de restauración ecológica. En consecuencia, aunque existan datos ambientales o intervenciones aisladas, persiste una brecha sobre cómo convertir ese conocimiento en una herramienta aplicable de decisión.

Antecedentes y descripción ampliada del problema

Las quebradas urbanas cumplen funciones ecológicas, hidrológicas y sociales: regulan flujos hídricos, conectan fragmentos de hábitat, aportan a la biodiversidad urbana y pueden funcionar como corredores verdes en zonas densamente urbanizadas. Para fines del ejemplo, se asume que Medellín cuenta con más de 4.000 drenajes y quebradas con distintos niveles de intervención, de los cuales cerca del 36% presenta presión urbana alta o muy alta por ocupación de rondas, vertimientos, residuos sólidos o alteraciones de cauce (Observatorio Ambiental de Medellín, 2025, cita simulada).

La gestión de quebradas suele priorizar puntos críticos visibles, afectaciones hidráulicas, riesgo físico, quejas ciudadanas o necesidades de mantenimiento. Sin embargo, esta lógica no siempre permite identificar la condición ecológica del sistema, su capacidad de recuperación ni el valor biológico de microhábitats que pueden estar deteriorados de manera no evidente. Estudios técnicos simulados señalan que, en 2024, el 62% de los reportes institucionales revisados sobre quebradas urbanas incluía información físico-química o de riesgo, pero solo el 18% incorporaba indicadores biológicos comparables entre microcuencas (Londoño, Vélez & Patiño, 2024, cita simulada).

La literatura reciente reconoce que los macroinvertebrados bentónicos son útiles para evaluar la calidad ecológica de ecosistemas acuáticos, porque responden a condiciones acumuladas de hábitat, oxigenación, sedimentos, materia orgánica y perturbación urbana. No obstante, también se ha señalado que los índices biológicos requieren adaptación local, control de estacionalidad, criterios taxonómicos consistentes y contextualización territorial para evitar interpretaciones erróneas en ríos y quebradas urbanas tropicales (Gómez & Arango, 2023, cita simulada; Ríos-Urbano Lab, 2025, cita simulada).

El ADN ambiental ha ampliado las posibilidades de detección de biodiversidad acuática, especialmente cuando la identificación morfológica es difícil o cuando se busca complementar el monitoreo tradicional. Aun así, su aplicación en contextos urbanos presenta desafíos: contaminación cruzada, interpretación de señales moleculares, disponibilidad de bibliotecas de referencia, costos de análisis y necesidad de protocolos estandarizados. En una revisión simulada de 72 publicaciones de 2021-2025 sobre ADN ambiental en ecosistemas urbanos latinoamericanos, solo 9 abordaban explícitamente su integración con macroinvertebrados y criterios de restauración, y ninguna proponía una matriz de priorización ecológica adaptada a quebradas urbanas de Medellín (Quintero, Salazar & Méndez, 2025, cita simulada).

De este modo, la situación problemática es más amplia que la insuficiencia de datos: existe información ambiental dispersa, métodos biológicos disponibles y tecnologías emergentes, pero no se sabe suficientemente cómo articularlos en una herramienta aplicada, comparable y útil para tomar decisiones sobre restauración ecológica. Esta deficiencia limita la posibilidad de priorizar quebradas no solo por su riesgo físico o visibilidad del daño, sino por su condición ecológica, potencial de recuperación y valor estratégico dentro de la red hídrica urbana.

Fuentes primarias simuladas para el ejemplo

Entrevista 1. Experta en hidrobiología y bioindicación acuática. La entrevistada señaló que el principal reto no es demostrar que los macroinvertebrados indiquen calidad ecológica, sino construir criterios de interpretación útiles para quebradas urbanas con alta variabilidad hidráulica, contaminación puntual y fragmentación de hábitats. También indicó que el ADN ambiental podría complementar la identificación de organismos, pero no reemplazar la lectura ecológica del hábitat ni la interpretación territorial.

Entrevista 2. Profesional de gestión ambiental de quebradas urbanas. El entrevistado indicó que las decisiones de intervención suelen depender de urgencias operativas, riesgo, solicitudes ciudadanas y disponibilidad presupuestal. Afirmó que una matriz biológica de priorización sería útil si entrega categorías claras, criterios verificables y recomendaciones comprensibles para equipos técnicos no especializados en biología molecular.

Búsqueda documental simulada. Se realizó una búsqueda de ejemplo en Scopus, Google Scholar y bases institucionales con las palabras clave 'urban streams', 'macroinvertebrates', 'environmental DNA', 'ecological restoration', 'priority matrix', 'Andean cities', 'quebradas urbanas' y 'Medellín'. La búsqueda simulada identificó literatura sobre biomonitoreo, ADN ambiental y restauración urbana, pero pocos trabajos integran los tres elementos en una herramienta de priorización ecológica aplicable a quebradas urbanas tropicales.

Evolución reciente de la situación negativa identificada

Entre 2021 y 2025 se incrementó la presión sobre quebradas urbanas por eventos de lluvia intensa, expansión de superficies impermeables, ocupación de rondas y acumulación de residuos. Para fines del ejemplo, se asume que los reportes de puntos críticos asociados a quebradas crecieron 28% entre 2022 y 2025, mientras que los monitoreos biológicos comparables crecieron solo 7% en el mismo periodo (Unidad de Gestión Hídrica Urbana, 2026, cita simulada). Esta evolución muestra que las necesidades de intervención aumentan más rápido que la capacidad de generar evidencia ecológica comparable.

Al mismo tiempo, la discusión internacional sobre restauración urbana ha pasado de intervenciones ornamentales o hidráulicas hacia enfoques basados en funciones ecológicas, conectividad y resiliencia. Esta transición exige criterios técnicos más integrales. Sin embargo, Medellín aún requeriría herramientas que traduzcan

el conocimiento biológico en decisiones de priorización, especialmente en microcuencas con alta heterogeneidad social, física y ecológica (Instituto Andino de Ecología Aplicada, 2025, cita simulada).

Intervenciones realizadas diferentes a la propuesta

Las intervenciones existentes incluyen limpieza de cauces, retiro de residuos, mantenimiento hidráulico, obras de mitigación, estabilización de taludes, siembra de vegetación, educación ambiental, recorridos comunitarios y monitoreos fisicoquímicos. Estas acciones son necesarias, pero no sustituyen una metodología de priorización ecológica basada en conocimiento biológico integrado. Su limitación principal es que suelen actuar sobre síntomas visibles del deterioro o sobre urgencias de riesgo, mientras que la propuesta busca generar conocimiento aplicado para decidir dónde una intervención puede tener mayor sentido ecológico y mayor potencial de recuperación.

Causas del problema

Causa 1. Fragmentación de la información biológica, ambiental y territorial. Los datos sobre quebradas se producen desde estudios, monitoreos, reportes operativos, investigaciones académicas y diagnósticos territoriales que no siempre usan los mismos indicadores, escalas o periodos de análisis. Esta fragmentación impide comparar microcuencas y dificulta convertir datos en criterios de priorización. En el ejemplo, se asume que el 54% de los informes ambientales revisados entre 2022 y 2025 no reporta metadatos suficientes para comparar resultados biológicos entre quebradas (Londoño et al., 2024, cita simulada). La causa genera el problema porque, aunque exista información parcial, no hay una estructura común que permita integrarla en una herramienta aplicada de decisión.

Causa 2. Limitada adaptación local de métodos integrados de biomonitoreo. Los métodos basados en macroinvertebrados y ADN ambiental han avanzado, pero su uso combinado exige definir protocolos de muestreo, criterios de interpretación, niveles de sensibilidad y limitaciones de cada técnica. En quebradas urbanas andinas, la pendiente, la canalización, los eventos de lluvia y la intervención humana alteran las comunidades acuáticas y pueden afectar la lectura de los indicadores. Una revisión simulada de 2021-2025 concluyó que el 71% de los estudios de ADN ambiental en sistemas urbanos se concentra en detección de especies, pero no en priorización de restauración (Quintero et al., 2025, cita simulada). La causa genera el problema porque el conocimiento existe, pero no está suficientemente adaptado para resolver la pregunta práctica de qué quebradas priorizar y con qué criterios.

Causa 3. Predominio de criterios físicos, hidráulicos y operativos en la toma de decisiones. Las entidades tienden a priorizar intervenciones por riesgo, accesibilidad, quejas ciudadanas, deterioro visible o necesidad de mantenimiento. Estos criterios son válidos, pero pueden subrepresentar la condición ecológica y el potencial de recuperación. En el ejemplo, se asume que 8 de cada 10 decisiones de intervención revisadas entre 2022 y 2025 se justificaron por riesgo físico u operativo, y solo 2 incluyeron evidencia biológica sistemática (Unidad de Gestión Hídrica Urbana, 2026, cita simulada). La causa genera el problema porque la dimensión ecológica queda como información complementaria, no como criterio estructurante de priorización.

Efectos del problema y fines/impactos asociados.

De acuerdo a la lógica de formulación, cada fin o impacto se presenta como respuesta directa a un efecto del problema. Los efectos muestran la situación negativa derivada del problema; los impactos expresan la contribución positiva esperada del proyecto una vez finalizada su ejecución o en etapas posteriores.

Tabla 21 Efectos del problema y fines/impactos asociados - Ejemplo 1. Investigación aplicada en biología

Horizonte	Efecto del problema	Fin o impacto asociado	Indicador sugerido
Corto plazo	E1. Persistencia de incertidumbre técnica sobre qué variables biológicas usar para priorizar quebradas.	I1. Reducción de la incertidumbre técnica mediante criterios biológicos, moleculares y territoriales definidos.	Porcentaje de variables priorizadas con justificación técnica.
Corto plazo	E2. Dificultad para organizar la información disponible en categorías comparables.	I2. Generación de una estructura metodológica que ordena información dispersa en categorías comunes.	Número de categorías y criterios documentados.
Corto plazo	E3. Uso limitado de evidencia molecular en decisiones ambientales urbanas.	I3. Validación conceptual del rol del ADN ambiental como complemento del biomonitoreo tradicional.	Número de supuestos moleculares revisados por expertos.
Corto plazo	E4. Baja claridad sobre el potencial de aplicación de bioindicadores en planificación territorial.	I4. Identificación de condiciones de aplicabilidad del modelo en quebradas urbanas de Medellín.	Número de condiciones técnicas y territoriales identificadas.
Mediano plazo	E5. Comparabilidad limitada entre quebradas y microcuencas.	I5. Disponibilidad de una matriz de clasificación ecológica para comparar microcuencas con criterios comunes.	Matriz validada conceptualmente.
Mediano plazo	E6. Menor capacidad institucional para usar conocimiento biológico en priorización.	I6. Fortalecimiento de capacidades técnicas para interpretar bioindicadores en gestión ambiental.	Número de capacidades o lineamientos transferidos.
Mediano plazo	E7. Riesgo de formular proyectos de restauración sin suficiente sustento ecológico.	I7. Mejora en la calidad técnica de futuras formulaciones de restauración ecológica.	Número de recomendaciones aplicables a proyectos posteriores.
Mediano plazo	E8. Duplicación de estudios o diagnósticos sin integración metodológica.	I8. Reducción de duplicidad mediante una ruta metodológica replicable.	Número de insumos integrados en la ruta metodológica.
Largo plazo	E9. Priorización incompleta de inversiones ambientales.	I9. Mejor orientación futura de inversiones hacia quebradas con mayor necesidad y potencial de recuperación.	Uso del modelo en formulaciones o decisiones posteriores.
Largo plazo	E10. Restauraciones con bajo seguimiento ecológico posterior.	I10. Creación de bases para sistemas de seguimiento ecológico con indicadores integrados.	Número de indicadores propuestos para seguimiento.

Largo plazo	E11. Bajo aprovechamiento del conocimiento científico local en políticas ambientales.	I11. Transferencia de conocimiento aplicado al ecosistema de CTI y actores ambientales.	Número de actores que reciben el modelo y lineamientos.
Largo plazo	E12. Dificultad para avanzar hacia desarrollo experimental del modelo.	I12. Generación de condiciones para una fase posterior de validación en campo.	Documento de ruta para validación experimental posterior.

Fuente: *Elaboración Propia*

Características de la zona de estudio

La zona de estudio corresponde a quebradas urbanas de Medellín con distintos niveles de presión antrópica. Para fines del ejemplo, se propone seleccionar microcuencas con tres condiciones contrastantes: alta presión urbana, presión intermedia y áreas con mayor cobertura vegetal relativa. La selección busca permitir que el modelo conceptual sea aplicable a escenarios diversos de restauración, no a una sola quebrada aislada.

Estado del arte

El estado del arte se organiza en cuatro líneas. La primera corresponde a la bioindicación con macroinvertebrados, que en los últimos años se ha usado para evaluar gradientes de perturbación urbana, calidad de hábitat y respuesta ecológica a presiones acumuladas. La literatura simulada de 2022-2026 reporta que estos organismos mantienen valor como indicadores, pero exige calibración local y criterios taxonómicos consistentes (Gómez & Arango, 2023, cita simulada; Pineda, Molina & Suárez, 2026, cita simulada).

La segunda línea es el ADN ambiental, cuyo uso permite detectar señales biológicas en agua o sedimentos sin depender exclusivamente de la captura e identificación morfológica. Los estudios recientes simulados destacan sensibilidad y eficiencia, pero advierten limitaciones asociadas a bases de referencia

incompletas, interpretación ecológica de la señal molecular y costos de procesamiento (Quintero et al., 2025, cita simulada).

La tercera línea corresponde a la restauración de quebradas urbanas, que ha evolucionado desde intervenciones físicas hacia enfoques de conectividad, funciones ecosistémicas y resiliencia. La evidencia simulada indica que las restauraciones con criterios ecológicos explícitos tienen mayor potencial de seguimiento y aprendizaje institucional que aquellas definidas solo por urgencias operativas (Instituto Andino de Ecología Aplicada, 2025, cita simulada).

La cuarta línea se relaciona con modelos de priorización multicriterio. Estos modelos permiten combinar variables heterogéneas para apoyar decisiones. Sin embargo, la brecha identificada es que los modelos disponibles suelen separar variables biológicas, territoriales y operativas, o no incorporan ADN ambiental como complemento. Por ello, el proyecto se justifica como investigación aplicada: busca generar una metodología novedosa, sustentada en conocimiento existente, para resolver una deficiencia práctica de decisión ambiental.

➤ Paso 5. Plantear la solución de I+D

La solución propuesta es una metodología de priorización ecológica compuesta por cinco elementos: revisión de evidencia biológica y territorial; selección de indicadores de macroinvertebrados; lineamientos para

incorporar ADN ambiental como complemento; matriz de ponderación ecológica y territorial; y guía de interpretación para tomadores de decisión. La solución es aplicada porque transforma conocimiento biológico en una herramienta conceptual de decisión, sin llegar todavía a una plataforma, piloto o validación de campo.

Paso 6. Formular los objetivos del proyecto

Objetivo general. Diseñar un modelo biológico aplicado en la priorización de acciones de restauración ecológica en quebradas urbanas

de Medellín mediante la integración conceptual de bioindicadores de macroinvertebrados acuáticos, ADN ambiental y criterios territoriales. Objetivo específico 1. Analizar antecedentes científicos, técnicos e institucionales sobre bioindicación, ADN ambiental y priorización ecológica en quebradas urbanas. Objetivo específico 2. Definir criterios biológicos, moleculares y territoriales para estructurar una metodología de priorización ecológica aplicable al contexto de Medellín. Objetivo específico 3. Validar conceptualmente el modelo metodológico con expertos y actores técnicos, estableciendo recomendaciones para una fase posterior de desarrollo experimental.

Paso 7. Productos, resultados o servicios esperados

Tabla 22 Productos, resultados o servicios esperados - Ejemplo 1. Investigación aplicada en biología

Objetivo específico	Producto/resultado	Descripción verificable
OE1	Documento de análisis de antecedentes	Síntesis de literatura, diagnósticos, métodos y brechas sobre bioindicación, ADN ambiental y priorización ecológica.
OE2	Modelo metodológico de priorización	Matriz de criterios biológicos, moleculares y territoriales con ponderaciones y reglas de interpretación.
OE3	Informe de validación conceptual	Resultados de entrevistas/taller con expertos, ajustes al modelo y recomendaciones para desarrollo experimental posterior.

Fuente: Elaboración Propia

Paso 8. Metodología y cronograma

La metodología se desarrolla en tres fases. La fase 1, de análisis documental, comprende búsqueda bibliográfica simulada, revisión de diagnósticos y sistematización de métodos.

La fase 2, de diseño metodológico, define criterios, escalas, ponderaciones y reglas de integración. La fase 3, de validación conceptual, contrasta el modelo con expertos y ajusta la ruta de implementación futura.

Tabla 23 Metodología y cronograma - Ejemplo 1. Investigación aplicada en biología

Fase	Meses	Actividades principales	Producto asociado
Fase 1. Análisis	1-4	Búsqueda, revisión, sistematización y análisis de brechas.	Documento de antecedentes.
Fase 2. Diseño	5-8	Definición de indicadores, ponderaciones y matriz de priorización.	Modelo metodológico.
Fase 3. Validación	9-12	Entrevistas, taller técnico, ajustes y recomendaciones.	Informe de validación conceptual.

Fuente: Elaboración Propia

Paso 9. Insumos y presupuesto

Los insumos se programan de acuerdo con objetivos, productos, actividades, rubros, roles, dedicación y meses de ejecución. Se evita incluir recursos que no tengan relación directa con productos verificables.

Tabla 24 Matriz para la construcción de insumos - Proyecto de biología

Objetivos específicos	Productos, resultados o servicios	Actividades	Rubro	Rol*	Descripción	Justificar: entregables o funciones	Und	Dedicación horas semana*	Meses / Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OE1	Documento de análisis de antecedentes	A1.1. Buscar, depurar y analizar literatura científica e informes técnicos	Personal científico	Investigador/a en biología acuática	Revisión aplicada sobre macroinvertebrados, ADN ambiental, restauración y priorización ecológica.	Matriz de antecedentes, brechas y criterios preliminares documentada.	Mes	12	1-4	X	X	X	X								
OE1	Documento de análisis de antecedentes	A1.2. Sistematizar información territorial, actores y experiencias previas	Apoyo técnico	Asistente de investigación	Organización de información secundaria, fichas de lectura, diagnósticos y mapas de actores.	Base sistematizada de evidencia y fuentes para sustentar el problema y el modelo.	Mes	8	2-4		X	X	X								
OE2	Modelo metodológico de priorización ecológica	A2.1. Definir criterios biológicos, moleculares y territoriales	Personal científico	Experto/a en hidrobiología	Construcción de criterios de bioindicación, ADN ambiental, presión urbana y potencial de restauración.	Criterios técnicos definidos y vinculados con variables verificables.	Mes	14	5-7					X	X	X					

OE2	Modelo metodológico de priorización ecológica	A2.2. Diseñar matriz de ponderación y reglas de priorización	Consultoría técnica	Especialista en análisis multicriterio	Diseño de escalas, ponderaciones, reglas de integración y dictamen de priorización.	Matriz de priorización ecológica con escala, pesos y criterios de interpretación.	Mes	8	6-8							X	X	X				
OE2	Guía de interpretación del modelo	A2.3. Elaborar guía técnica de aplicación e interpretación	Transferencia técnica	Profesional metodológico/ editor técnico	Redacción de instructivo, flujograma, criterios de lectura y recomendaciones de uso.	Guía técnica para uso del modelo por actores ambientales e institucionales.	Mes	6	8-9								X	X				
OE3	Validación conceptual con expertos	A3.1. Realizar entrevistas y taller de contraste técnico	Servicios profesionales	Moderador/a técnico y relator	Preparación, moderación, relatoría y análisis de observaciones de expertos.	Acta de validación, matriz de observaciones y ajustes priorizados.	Mes	8	9-10									X	X			
OE3	Documento técnico final y socialización	A3.2. Ajustar el modelo, elaborar informe final y socializar resultados	Divulgación y transferencia	Equipo técnico y diagramador	Edición final, diagramación, presentación y memoria de socialización.	Informe final, presentación de resultados y recomendaciones para fase posterior.	Mes	8	11-12											X	X	
OE1	Base de evidencia científica y técnica	A1.3. Acceder a bases de datos, repositorios y gestores bibliográficos	Servicios de información	Acceso bibliográfico y software	Consulta, organización y trazabilidad de referencias y documentos técnicos.	Repositorio ordenado de fuentes, fichas y matriz de búsqueda documental.	Global	N/A	1-4	X	X	X	X									
OE3	Validación conceptual con expertos	A3.3. Gestionar logística de taller y compensación técnica de expertos	Logística de validación	Apoyo logístico	Convocatoria, plataforma, materiales y reconocimiento simbólico de expertos.	Sesión de validación ejecutada con soportes y lista de asistencia.	Global	N/A	9-10									X	X			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25 Matriz para la construcción del presupuesto - Proyecto de biología

Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12							
Objetivos específicos	Productos, resultados o servicios	Insumos	Rubro	Nombre o identificación*	und	\$ valor unitario	\$ valor total	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor
OE1	Documento de análisis de antecedentes	A1.1. Buscar, depurar y analizar literatura científica e informes técnicos	Personal científico	Investigador/a en biología acuática	Mes	\$5.000.000	\$20.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000	\$5.000.000								
OE1	Documento de análisis de antecedentes	A1.2. Sistematizar información territorial, actores y experiencias previas	Apoyo técnico	Asistente de investigación	Mes	\$2.500.000	\$7.500.000		\$2.500.000	\$2.500.000	\$2.500.000								
OE2	Modelo metodológico de priorización ecológica	A2.1. Definir criterios biológicos, moleculares y territoriales	Personal científico	Experto/a en hidrobiología	Mes	\$5.500.000	\$16.500.000					\$5.500.000	\$5.500.000	\$5.500.000					
OE2	Modelo metodológico de priorización ecológica	A2.2. Diseñar matriz de ponderación y reglas de priorización	Consultoría técnica	Especialista en análisis multicriterio	Mes	\$4.500.000	\$13.500.000						\$4.500.000	\$4.500.000	\$4.500.000				
OE2	Guía de interpretación del modelo	A2.3. Elaborar guía técnica de aplicación e interpretación	Transferencia técnica	Profesional metodológico/ editor técnico	Mes	\$3.500.000	\$7.000.000								\$3.500.000	\$3.500.000			
OE3	Validación conceptual con expertos	A3.1. Realizar entrevistas y taller de contraste técnico	Servicios profesionales	Moderador/a técnico y relator	Mes	\$3.000.000	\$6.000.000									\$3.000.000	\$3.000.000		
OE3	Documento técnico final y socialización	A3.2. Ajustar el modelo, elaborar informe final y socializar resultados	Divulgación y transferencia	Equipo técnico y diagramador	Mes	\$4.000.000	\$8.000.000										\$4.000.000	\$4.000.000	

OE1	Base de evidencia científica y técnica	A1.3. Acceder a bases de datos, repositorios y gestores bibliográficos	Servicios de información	Acceso bibliográfico y software	Global	\$1.500.000	\$6.000.000	\$1.500.000	\$1.500.000	\$1.500.000	\$1.500.000								
OE3	Validación conceptual con expertos	A3.3. Gestionar logística de taller y compensación técnica de expertos	Logística de validación	Apoyo logístico	Global	\$2.000.000	\$4.000.000									\$2.000.000	\$2.000.000		
Total	\$88.500.000	\$6.500.000	\$9.000.000	\$9.000.000	\$9.000.000	\$5.500.000	\$10.000.000	\$10.000.000	\$8.000.000	\$8.500.000	\$5.000.000	\$4.000.000	\$4.000.000						

*Nombre del rubro o identificación del rubro de acuerdo con la matriz de insumo. Valores simulados para fines pedagógicos.
Fuente: *Elaboración Propia*

➤ Paso 10. Riesgos y verificación de pertinencia

Tabla 26 *Riesgos y verificación de pertinencia - Ejemplo 1. Investigación aplicada en biología*

Riesgo	Tipo	Probabilidad/ impacto	Mitigación
Información secundaria incompleta o no comparable.	Técnico	Media/Alta	Definir criterios mínimos de inclusión y triangulación con expertos.
Baja disponibilidad de expertos para validación.	Gestión	Media/Media	Programar entrevistas tempranas y disponer de expertos suplentes.
Dificultad para traducir resultados técnicos a tomadores de decisión.	Transferencia	Media/Alta	Diseñar guías de interpretación y formatos visuales de priorización.
Confusión entre investigación aplicada y monitoreo operativo.	Metodológico	Baja/Alta	Mantener el foco en generación de metodología y vacío de conocimiento aplicado.

Fuente: *Elaboración Propia*

Ejemplo 2. Desarrollo experimental en psicología

Nombre del proyecto

Prototipo de intervención psicológica digital para fortalecer regulación emocional y rutas de apoyo en adolescentes escolarizados de Medellín.

➤ Paso 1. Comprender el alcance y naturaleza del proyecto

El proyecto corresponde a desarrollo experimental porque parte de conocimiento psicológico y digital ya existente, y busca materializarlo en un prototipo funcional que pueda ser probado, ajustado y validado de manera preliminar en un entorno relevante. No pretende producir investigación básica sobre emociones, ni implementar un servicio clínico, ni reemplazar la atención profesional. Su alcance es construir y probar un prototipo psicoeducativo con salvaguardas éticas, contenidos de regulación emocional y rutas de apoyo escolar.

La duración estimada es de 12 meses. El proyecto incluye diseño funcional, desarrollo de prototipo, validación ética, prueba de usabilidad, medición de aceptabilidad y ajustes. El resultado esperado es una versión preliminar validada en condiciones controladas o cercanas al uso escolar, con evidencia sobre funcionamiento, comprensión, seguridad y pertinencia.

➤ Paso 2. Identificar la temática estratégica a la que aporta el proyecto

El proyecto se relaciona con bienestar, salud mental, educación, inclusión digital, prevención, convivencia escolar y fortalecimiento de capacidades socioemocionales. En términos

OCDE, se ubica en Ciencias Sociales, área de Psicología, con aplicación en salud mental escolar, tecnologías digitales y psicoeducación para adolescentes.

El área OCDE corresponde a Ciencias Sociales - Psicología; el ejemplo de desarrollo experimental es un prototipo digital de apoyo psicoeducativo; el conocimiento base proviene de regulación emocional, psicoeducación, estrategias cognitivo-conductuales, diseño centrado en usuarios y salud digital segura; la posible solución de I+D es un prototipo funcional; y la contribución esperada es reducir la brecha entre necesidades socioemocionales escolares y herramientas de apoyo éticas, comprensibles y adaptadas al contexto local.

➤ Paso 3. Clasificar el tipo de proyecto de CTI

La iniciativa se clasifica como desarrollo experimental porque parte de conocimiento disponible y de un diseño conceptual previo, pero todavía existe incertidumbre sobre su materialización, funcionamiento, aceptabilidad y seguridad en condiciones escolares. La clasificación simulada se asocia a TRL 4-5, dado que se busca pasar de un diseño conceptual a un prototipo probado en un entorno relevante, sin llegar aún a innovación o escalamiento institucional.

➤ Paso 4. Definir problema e incertidumbre de I+D

Problema central: Incertidumbre científico-tecnológica sobre el funcionamiento, aceptabilidad, usabilidad y seguridad de un prototipo digital de apoyo psicoeducativo en la regulación emocional y orientación de rutas de apoyo en adolescentes escolarizados de Medellín.

El problema no se formula como aumento general de dificultades emocionales en adolescentes, porque esa situación excede el alcance de un proyecto de desarrollo experimental. El problema se ubica en la incertidumbre sobre la materialización de una solución: aunque existen enfoques psicológicos, contenidos psicoeducativos y tecnologías digitales, todavía no se sabe si un prototipo diseñado para el contexto escolar local puede funcionar de manera segura, comprensible y aceptable para adolescentes, orientadores y familias.

Antecedentes y descripción ampliada del problema

La salud mental y el bienestar emocional de adolescentes se han convertido en una prioridad educativa y social. Para fines del ejemplo, se asume que en Medellín el 41% de los orientadores escolares consultados reportó aumento de solicitudes de apoyo socioemocional entre 2022 y 2025, principalmente por dificultades de regulación emocional, conflictos familiares, presión académica y problemas de convivencia (Red Escolar de Bienestar, 2025, cita simulada).

Las instituciones educativas cuentan con orientadores, rutas de convivencia, talleres, campañas y remisiones, pero su capacidad suele ser limitada frente al volumen de estudiantes y la continuidad requerida para fortalecer habilidades emocionales. Un informe simulado de 2024 indica que, en instituciones urbanas de tamaño medio, un orientador puede acompañar entre 700 y 1.100 estudiantes, lo que reduce la posibilidad de seguimiento individual y actividades preventivas sostenidas (Observatorio de Salud Mental Escolar, 2024, cita simulada).

Las herramientas digitales de bienestar han aumentado, pero no todas están diseñadas para adolescentes, ni adaptadas a instituciones educativas colombianas, ni incorporan salvaguardas éticas suficientes. En una revisión simulada de 86 aplicaciones de bienestar emocional disponibles entre 2021 y 2025, el 58%

no explicaba con claridad sus límites de uso, el 47% no incluía rutas de apoyo local y el 63% no reportaba validaciones con adolescentes escolarizados (Herrera, Castaño & Muñoz, 2025, cita simulada).

La regulación emocional es un campo con amplio sustento psicológico. Sin embargo, convertir ese conocimiento en un prototipo digital exige resolver decisiones de diseño, lenguaje, interacción, privacidad, seguridad y pertinencia cultural. El reto no es únicamente digitalizar contenidos, sino comprobar si el prototipo puede orientar ejercicios psicoeducativos, mantener comprensión por parte de adolescentes, evitar interpretaciones clínicas inadecuadas y facilitar rutas de apoyo sin sustituir el acompañamiento profesional (Vargas & Restrepo, 2023, cita simulada; Laboratorio de Psicología Digital, 2026, cita simulada).

Por tanto, la situación negativa se expresa en una brecha de desarrollo experimental: existen contenidos psicológicos y soluciones digitales generales, pero falta evidencia local sobre cómo debe funcionar un prototipo de apoyo psicoeducativo en colegios de Medellín, qué salvaguardas debe incorporar, qué nivel de aceptabilidad tendría y qué ajustes técnicos o comunicativos serían necesarios antes de pensar en adopción institucional.

Fuentes primarias simuladas para el ejemplo

Entrevista 1. Psicóloga escolar de institución educativa urbana. La entrevistada indicó que muchos estudiantes reconocen emociones intensas, pero tienen dificultades para nombrarlas, regularlas y pedir apoyo a tiempo. También señaló que una herramienta digital sería útil si se presenta como apoyo psicoeducativo, no como terapia, y si permite orientar rutas claras hacia adultos responsables y servicios institucionales.

Entrevista 2. Experto en salud mental digital y ética de tecnologías. El entrevistado afirmó que un prototipo para adolescentes debe tener

límites explícitos, evitar diagnósticos, proteger datos, incluir mensajes de cuidado, reducir lenguaje clínico complejo y activar rutas de orientación cuando el usuario exprese señales de riesgo psicosocial. También recomendó pruebas de usabilidad antes de cualquier implementación amplia.

Búsqueda documental simulada. Se realizó una búsqueda de ejemplo en Scopus, PubMed, PsycINFO, Google Scholar y bases institucionales con las palabras clave 'digital mental health adolescents', 'emotional regulation', 'school-based intervention', 'usability', 'acceptability', 'safety protocol', 'Colombia' y 'Medellín'. La búsqueda simulada encontró literatura sobre intervenciones digitales y regulación emocional, pero pocos estudios sobre prototipos escolares con salvaguardas éticas adaptadas a adolescentes colombianos.

Evolución reciente de la situación negativa identificada

Entre 2021 y 2026 aumentó la visibilidad de las necesidades de salud mental adolescente y también la oferta de herramientas digitales de bienestar. Sin embargo, la velocidad de aparición de aplicaciones y contenidos supera la disponibilidad de evaluaciones locales de usabilidad, aceptabilidad y seguridad. Para fines del ejemplo, se asume que las consultas escolares por dificultades socioemocionales crecieron 32% entre 2022 y 2025, mientras que las herramientas digitales validadas en instituciones educativas locales permanecieron por debajo de 10 experiencias documentadas (Red Escolar de Bienestar, 2025, cita simulada).

Esta evolución genera una tensión: las instituciones requieren apoyos preventivos y escalables, pero no pueden adoptar soluciones digitales sin evidencia mínima sobre pertinencia, protección de datos, comprensión por parte de adolescentes y articulación con rutas institucionales. Por eso, la necesidad no es comprar una aplicación comercial, sino desarrollar y validar experimentalmente un prototipo ajustado al contexto.

Intervenciones realizadas diferentes a la propuesta

Las intervenciones existentes incluyen orientación escolar presencial, talleres de convivencia, escuelas de familias, campañas de bienestar, líneas de atención, remisiones institucionales, aplicaciones comerciales de meditación, contenidos en redes sociales y chatbots generales de apoyo. Estas intervenciones pueden ser útiles, pero presentan limitaciones: baja continuidad entre encuentros, escasa adaptación local, ausencia de validación con adolescentes escolarizados, poca integración con rutas escolares y riesgos éticos si se confunden con atención clínica. La propuesta se diferencia porque busca construir y probar un prototipo psicoeducativo con alcance delimitado, salvaguardas y validación preliminar.

Causa 1. Limitada disponibilidad de herramientas digitales adaptadas al contexto escolar local. Muchas herramientas de bienestar son genéricas, comerciales o diseñadas para otros contextos culturales, por lo que pueden no coincidir con el lenguaje, las dinámicas escolares, la conectividad, las rutas institucionales ni las expectativas de adolescentes en Medellín. En una revisión simulada de 2025, solo el 14% de las aplicaciones analizadas incluía rutas locales o adaptación escolar explícita (Herrera et al., 2025, cita simulada). Esta causa genera el problema porque, aunque existen herramientas digitales, no se sabe si son pertinentes para el contexto específico ni si responden a necesidades escolares reales.

Causa 2. Insuficiente integración entre contenidos psicológicos, diseño de experiencia de usuario y salvaguardas éticas. Un prototipo puede tener buen contenido psicológico pero fallar si el lenguaje no es comprensible, si la navegación no es intuitiva, si no protege datos o si no delimita claramente que no ofrece atención clínica. Estudios simulados recientes advierten que las intervenciones digitales para adolescentes requieren diseño centrado en usuarios, consentimiento, privacidad

y protocolos de orientación (Vargas & Restrepo, 2023, cita simulada; Laboratorio de Psicología Digital, 2026, cita simulada). Esta causa genera el problema porque la materialización de la solución depende de integrar simultáneamente psicología, tecnología, ética y experiencia de usuario.

Causa 3. Insuficiente evidencia preliminar sobre usabilidad, aceptabilidad y seguridad del prototipo en adolescentes escolarizados. Antes de escalar una herramienta digital, es necesario probar si los estudiantes comprenden las instrucciones, perciben utilidad, confían en la privacidad, usan correctamente los módulos y reconocen rutas de apoyo. Para fines del ejemplo, se asume que el 67% de los orientadores entrevistados expresó dudas sobre adoptar

herramientas digitales sin pruebas previas de seguridad y aceptabilidad (Observatorio de Salud Mental Escolar, 2024, cita simulada). Esta causa genera el problema porque, sin validación experimental, la solución puede ser técnicamente funcional pero inadecuada para su uso real en colegios.

Efectos del problema y fines/impactos asociados

Cada impacto se formula como respuesta directa a un efecto del problema. Así se conserva la relación lógica entre la situación negativa identificada y la contribución positiva esperada del desarrollo experimental.

Tabla 27 Efectos del problema y fines/impactos asociados - Ejemplo 2. Desarrollo experimental en psicología

Horizonte	Efecto del problema	Fin o impacto asociado	Indicador sugerido
Corto plazo	E1. Incertidumbre sobre si los adolescentes comprenden el lenguaje y navegación del prototipo.	I1. Verificación preliminar de usabilidad y comprensión del prototipo.	Porcentaje de tareas completadas correctamente.
Corto plazo	E2. Riesgo de que contenidos psicológicos se interpreten como atención clínica.	I2. Delimitación funcional y comunicativa del alcance psicoeducativo.	Número de mensajes de alcance y límites validados.
Corto plazo	E3. Baja confianza institucional frente a herramientas digitales no probadas.	I3. Generación de evidencia preliminar sobre seguridad y aceptabilidad.	Índice de aceptabilidad de orientadores y estudiantes.
Corto plazo	E4. Falta de criterios técnicos para decidir ajustes del prototipo.	I4. Identificación temprana de fallas, barreras y mejoras funcionales.	Número de ajustes priorizados en el prototipo.
Mediano plazo	E5. Uso discontinuo de estrategias de regulación emocional fuera de sesiones presenciales.	I5. Disponibilidad de módulos guiados que apoyan práctica autónoma supervisada.	Frecuencia de uso de módulos en prueba controlada.
Mediano plazo	E6. Desconexión entre herramienta digital y rutas escolares de apoyo.	I6. Integración de mensajes de orientación hacia rutas institucionales.	Número de rutas y mensajes integrados.

Mediano plazo	E7. Dificultad para ajustar la herramienta según necesidades de adolescentes.	I7. Ajuste del prototipo con retroalimentación de usuarios reales.	Porcentaje de recomendaciones incorporadas.
Mediano plazo	E8. Riesgo de baja apropiación por docentes, familias u orientadores.	I8. Mejora de la pertinencia social y cultural del prototipo.	Nivel de pertinencia percibida por actores escolares.
Largo plazo	E9. Adopción institucional limitada por ausencia de evidencia experimental.	I9. Generación de base técnica para decidir continuidad o escalamiento.	Documento de decisión técnica sobre continuidad.
Largo plazo	E10. Uso de soluciones comerciales sin adaptación ética ni local.	I10. Disponibilidad de criterios replicables para tecnologías psicoeducativas escolares.	Número de criterios éticos y funcionales documentados.
Largo plazo	E11. Sobrecarga de orientación escolar sin apoyos preventivos complementarios.	I11. Creación de condiciones para apoyar acciones preventivas no clínicas.	Ruta de integración con orientación escolar.
Largo plazo	E12. Dificultad para avanzar hacia innovación educativa segura.	I12. Reducción del riesgo técnico y operativo para una fase posterior de implementación.	Plan de escalamiento y validación ampliada.

Fuente: Elaboración Propia

Características de la zona de estudio

La zona de estudio corresponde a instituciones educativas urbanas de Medellín con estudiantes entre 13 y 17 años. Para fines del ejemplo, se propone una institución con jornada diurna, acompañamiento de orientación escolar, acceso básico a dispositivos y conectividad controlada para prueba de prototipo. El entorno de validación debe ser seguro, supervisado y aprobado por comité de ética.

Estado del arte

El estado del arte se organiza en cuatro líneas. La primera línea corresponde a regulación emocional en adolescentes, entendida como la capacidad de identificar, comprender y modular respuestas emocionales en situaciones escolares, familiares y sociales. Estudios simulados recientes indican que los programas psicoeducativos con ejercicios breves, lenguaje claro y práctica guiada pueden fortalecer habilidades de autorregulación cuando se

aplican de forma consistente (Vargas & Restrepo, 2023, cita simulada).

La segunda línea corresponde a intervenciones digitales en salud mental y bienestar. La literatura simulada de 2021-2026 muestra que las herramientas digitales pueden ampliar el acceso a contenidos preventivos, pero requieren validación, protección de datos, límites de uso y articulación con profesionales cuando se dirigen a adolescentes (Laboratorio de Psicología Digital, 2026, cita simulada).

La tercera línea aborda usabilidad y aceptabilidad. En adolescentes, la aceptación de una herramienta depende del lenguaje, privacidad, diseño visual, tiempo de uso, confianza y percepción de utilidad. Una solución técnicamente funcional puede fracasar si los estudiantes no la entienden, la consideran invasiva o no perciben conexión con su vida escolar (Herrera et al., 2025, cita simulada).

La cuarta línea se relaciona con ética, datos y salvaguardas. Las herramientas digitales para menores de edad deben incorporar consentimiento, asentimiento, minimización de datos, protocolos de orientación y límites explícitos. La brecha del proyecto consiste en materializar estos elementos en un prototipo escolar y probar su funcionamiento, aceptabilidad y seguridad antes de cualquier adopción institucional.

Paso 5. Plantear la solución de I+D

La solución propuesta es un prototipo digital de apoyo psicoeducativo con cuatro módulos: registro emocional, ejercicios guiados de regulación emocional, orientación hacia rutas de apoyo y recursos para docentes/orientadores. El prototipo incluirá mensajes de alcance, consentimiento, privacidad, límites de uso y derivación hacia adultos responsables o rutas

institucionales cuando corresponda. La solución no ofrece diagnóstico ni atención clínica.

Paso 6. Formular los objetivos del proyecto

Objetivo general. Desarrollar un prototipo digital de apoyo psicoeducativo en la regulación emocional y orientación de rutas de apoyo en adolescentes escolarizados de Medellín.
Objetivo específico 1. Diseñar los contenidos psicoeducativos, flujos de interacción y salvaguardas éticas del prototipo digital.
Objetivo específico 2. Construir una versión funcional del prototipo con módulos de registro emocional, ejercicios guiados y orientación hacia rutas de apoyo.
Objetivo específico 3. Validar preliminarmente la usabilidad, aceptabilidad, comprensión y seguridad del prototipo en un entorno escolar controlado.

Paso 7. Productos, resultados o servicios esperados

Tabla 28 Productos, resultados o servicios esperados - Ejemplo 2. Desarrollo experimental en psicología

Objetivo específico	Producto/resultado	Descripción verificable
OE1	Diseño funcional y ético	Arquitectura del prototipo, contenidos, flujos, mensajes de límite, consentimiento y criterios de seguridad.
OE2	Prototipo funcional	Versión navegable con módulos psicoeducativos, registro emocional y orientación hacia rutas de apoyo.
OE3	Informe de validación experimental	Resultados de usabilidad, aceptabilidad, comprensión, seguridad, ajustes y recomendaciones de continuidad.

Fuente: Elaboración Propia

Paso 8. Metodología y cronograma

La metodología se desarrolla en tres fases. La fase 1 diseña contenidos y salvaguardas. La fase 2 construye el prototipo funcional. La fase 3 ejecuta prueba controlada con adolescentes, recoge retroalimentación, mide usabilidad y genera ajustes. Todas las actividades con menores de edad requieren consentimiento, asentimiento, aprobación ética y acompañamiento institucional.

Tabla 29 Metodología y cronograma Productos, resultados o servicios esperados - Ejemplo 2.
Desarrollo experimental en psicología

Fase	Meses	Actividades principales	Producto asociado
Fase 1. Diseño	1-4	Diseño de contenidos, flujos, salvaguardas y protocolo ético.	Diseño funcional y ético.
Fase 2. Desarrollo	5-8	Construcción de prototipo, pruebas internas y ajustes técnicos.	Prototipo funcional.
Fase 3. Validación	9-12	Prueba de usabilidad, análisis de aceptabilidad y ajustes.	Informe de validación experimental.

Fuente: *Elaboración propia*

Paso 9. Insumos y presupuesto

Tabla 30 Matriz para la construcción de insumos - Proyecto de psicología

Objetivos específicos	Productos, resultados o servicios	Actividades	Rubro	Rol*	Descripción	Justificar: entregables o funciones	Und	Dedicación horas semana*	Meses / Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OE1	Diseño funcional y ético del prototipo	A1.1. Diseñar contenidos psicoeducativos y ejercicios de regulación emocional	Personal científico	Psicólogo/a educativo-clínico	Diseño de contenidos, ejercicios, mensajes de alcance y recursos psicoeducativos.	Banco de contenidos, guiones y criterios psicológicos del prototipo.	Mes	12	1-4	X	X	X	X								
OE1	Arquitectura UX del prototipo	A1.2. Diseñar flujos de usuario, navegación, lenguaje y experiencia de uso	Diseño UX/ UI	Diseñador/a UX	Traducción de contenidos psicológicos en pantallas, rutas, interacciones y tono comunicativo.	Mapa de experiencia, wireframes y criterios de accesibilidad y comprensión.	Mes	10	2-4		X	X	X								
OE1	Protocolo ético y de protección de datos	A1.3. Formular salvaguardas, consentimiento, asentimiento y límites de uso	Asesoría ética y legal	Asesor/a en ética y datos	Definición de requisitos para trabajo con adolescentes, datos sensibles y rutas de apoyo.	Protocolo ético, formatos de consentimiento/ asentimiento y lineamientos de datos.	Mes	6	1-3	X	X	X									
OE2	Prototipo funcional	A2.1. Desarrollar módulos de registro emocional, ejercicios guiados y rutas de apoyo	Desarrollo tecnológico	Desarrollador/a de software	Construcción de versión navegable con módulos funcionales y almacenamiento mínimo seguro.	Prototipo funcional versión alfa/beta con módulos implementados.	Mes	16	5-8					X	X	X	X				

OE2	Prototipo probado internamente	A2.2. Ejecutar pruebas internas de navegación, errores y comprensión	QA y pruebas	Tester/analista UX	Pruebas de funcionamiento, flujo, errores, tiempos y claridad de instrucciones.	Registro de pruebas internas, incidencias y ajustes técnicos.	Mes	8	7-8								X	X				
OE2	Ambiente seguro de prueba	A2.3. Configurar ambiente de prueba, seguridad básica y respaldo	Servicios tecnológicos	Infraestructura y seguridad	Alojamiento, seguridad básica, pruebas de acceso y respaldos del prototipo.	Ambiente controlado para prueba escolar y documentación de configuración.	Mes	N/A	5-8					X	X	X	X					
OE3	Validación preliminar con usuarios	A3.1. Implementar prueba controlada de usabilidad y aceptación	Trabajo de campo	Facilitador/a e investigador/a	Gestión de participantes, aplicación de instrumentos y acompañamiento de sesión controlada.	Base de resultados de prueba, consentimientos y acta de aplicación.	Mes	10	9-10									X	X			
OE3	Validación preliminar con usuarios	A3.2. Cubrir logística, materiales e incentivos pedagógicos de participación	Logística de validación	Apoyo logístico	Materiales, espacios, refrigerios y reconocimientos pedagógicos no monetarios.	Soportes de logística y participación en la prueba controlada.	Global	N/A	9-10									X	X			
OE3	Informe de validación y ajustes	A3.3. Analizar datos de usabilidad, aceptabilidad, comprensión y seguridad	Análisis de datos	Analista de datos y psicólogo/a	Procesamiento de instrumentos, categorización de hallazgos y recomendaciones de ajuste.	Informe de resultados, matriz de hallazgos y lista de ajustes priorizados.	Mes	8	10-11										X	X		
OE3	Documento final y socialización	A3.4. Elaborar informe final, versión ajustada y socialización institucional	Transferencia y divulgación	Equipo técnico y diagramador	Ajuste final, preparación de presentación y memoria de socialización.	Informe final, presentación, ficha técnica y recomendaciones de escalamiento.	Global	8	12													X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31 Matriz para la construcción del presupuesto - Proyecto de psicología

Matriz para la construcción del presupuesto - Proyecto de psicología	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12							
Objetivos específicos	Productos, resultados o servicios	Insumos	Rubro	Nombre o identificación*	und	\$ valor unitario	\$ valor total	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor	Act./valor
OE1	Diseño funcional y ético del prototipo	A1.1. Diseñar contenidos psicoeducativos y ejercicios de regulación emocional	Personal científico	Psicólogo/a educativo-clínico	Mes	\$5.500.000	\$22.000.000	\$5.500.000	\$5.500.000	\$5.500.000	\$5.500.000								
OE1	Arquitectura UX del prototipo	A1.2. Diseñar flujos de usuario, navegación, lenguaje y experiencia de uso	Diseño UX/UI	Diseñador/a UX	Mes	\$4.500.000	\$13.500.000		\$4.500.000	\$4.500.000	\$4.500.000								
OE1	Protocolo ético y de protección de datos	A1.3. Formular salvaguardas, consentimiento, asentimiento y límites de uso	Asesoría ética y legal	Asesor/a en ética y datos	Mes	\$3.500.000	\$10.500.000	\$3.500.000	\$3.500.000	\$3.500.000									
OE2	Prototipo funcional	A2.1. Desarrollar módulos de registro emocional, ejercicios guiados y rutas de apoyo	Desarrollo tecnológico	Desarrollador/a de software	Mes	\$7.000.000	\$28.000.000					\$7.000.000	\$7.000.000	\$7.000.000	\$7.000.000				
OE2	Prototipo probado internamente	A2.2. Ejecutar pruebas internas de navegación, errores y comprensión	QA y pruebas	Tester/analista UX	Mes	\$3.500.000	\$7.000.000							\$3.500.000	\$3.500.000				
OE2	Ambiente seguro de prueba	A2.3. Configurar ambiente de prueba, seguridad básica y respaldo	Servicios tecnológicos	Infraestructura y seguridad	Mes	\$2.000.000	\$8.000.000					\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000	\$2.000.000				

OE3	Validación preliminar con usuarios	A3.1. Implementar prueba controlada de usabilidad y aceptabilidad	Trabajo de campo	Facilitador/a e investigador/a	Mes	\$4.000.000	\$8.000.000									\$4.000.000	\$4.000.000		
OE3	Validación preliminar con usuarios	A3.2. Cubrir logística, materiales e incentivos pedagógicos de participación	Logística de validación	Apoyo logístico	Global	\$2.500.000	\$5.000.000									\$2.500.000	\$2.500.000		
OE3	Informe de validación y ajustes	A3.3. Analizar datos de usabilidad, aceptabilidad, comprensión y seguridad	Análisis de datos	Analista de datos y psicólogo/a	Mes	\$4.000.000	\$8.000.000										\$4.000.000	\$4.000.000	
OE3	Documento final y socialización	A3.4. Elaborar informe final, versión ajustada y socialización institucional	Transferencia y divulgación	Equipo técnico y diagramador	Global	\$5.000.000	\$5.000.000												\$5.000.000
Total	\$115.000.000	\$9.000.000	\$13.500.000	\$13.500.000	\$10.000.000	\$9.000.000	\$9.000.000	\$12.500.000	\$12.500.000	\$6.500.000	\$10.500.000	\$4.000.000	\$5.000.000						

*Nombre del rubro o identificación del rubro de acuerdo con la matriz de insumo. Valores simulados para fines pedagógicos.
Fuente: *Elaboración Propia*

 Paso 10. Riesgos y verificación de pertinencia

Tabla 32 Riesgos y verificación de pertinencia - Ejemplo 2. Desarrollo experimental en psicología

Riesgo	Tipo	Probabilidad/ impacto	Mitigación
Riesgo ético por participación de adolescentes.	Ético	Media/Alta	Aprobación ética, consentimiento, asentimiento y acompañamiento institucional.
Confusión del prototipo con atención clínica.	Técnico/ ético	Media/Alta	Mensajes de límites, rutas de apoyo y supervisión profesional.
Baja aceptabilidad o uso limitado por parte de estudiantes.	Social	Media/Media	Diseño centrado en usuarios, prueba piloto y ajustes de lenguaje.
Vulnerabilidad de datos o privacidad.	Legal/téc- nico	Media/Alta	Minimización de datos, protocolos de seguridad y almacenamiento controlado.

Fuente: Elaboración Propia

Referencias simuladas utilizadas para el ejemplo

- Gómez, L., & Arango, P. (2023). Bioindicación en quebradas urbanas tropicales: retos metodológicos para ciudades andinas. *Revista Simulada de Ecología Aplicada*, 12(2), 45-68.
- Herrera, M., Castaño, D., & Muñoz, S. (2025). Usabilidad, aceptabilidad y privacidad en aplicaciones de bienestar emocional para adolescentes. *Revista Simulada de Psicología Digital*, 8(1), 22-49.
- Instituto Andino de Ecología Aplicada. (2025). Criterios ecológicos para restauración de microcuencas urbanas. Informe técnico simulado.
- Laboratorio de Psicología Digital. (2026). Salvaguardas éticas en prototipos psicoeducativos para adolescentes. Documento técnico simulado.
- Londoño, A., Vélez, C., & Patiño, J. (2024). Integración de información ambiental para la gestión de quebradas urbanas. Informe simulado de investigación aplicada.
- Observatorio Ambiental de Medellín. (2025). Estado simulado de presiones urbanas sobre quebradas del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de Medellín.
- Boletín técnico simulado.
- Observatorio de Salud Mental Escolar. (2024). Capacidades institucionales y demanda socioemocional en colegios urbanos. Informe simulado.
- Pineda, R., Molina, F., & Suárez, N. (2026). Macroinvertebrados, hábitat y restauración ecológica en sistemas acuáticos urbanos. *Revista Simulada de Biología Aplicada*, 15(1), 10-33.
- Quintero, V., Salazar, M., & Méndez, L. (2025). ADN ambiental y biomonitoreo urbano: revisión simulada de aplicaciones en América Latina. *Cuadernos Simulados de Biotecnología Ambiental*, 6(3), 71-96.
- Red Escolar de Bienestar. (2025). Tendencias simuladas de solicitudes de apoyo socioemocional en instituciones educativas urbanas. Reporte técnico simulado.
- Ríos-Urbano Lab. (2025). Protocolos simulados para interpretación de indicadores biológicos en quebradas urbanas andinas. Documento metodológico simulado.
- Unidad de Gestión Hídrica Urbana. (2026). Reporte simulado de puntos críticos y monitoreo biológico en microcuencas urbanas. Informe técnico simulado.
- Vargas, A., & Restrepo, J. (2023). Regulación emocional adolescente y diseño de apoyos psicoeducativos digitales. *Revista Simulada de Psicología Educativa*, 19(4), 101-124.

Medellín está IN

UNA CIUDAD QUE GENERA, APROPIA Y TRANSFIERE CONOCIMIENTO

Tecnova 

SAPIENCIA
Agencia de Educación
Postsecundaria de Medellín


Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación