

# Impactos de tendencias sobre los **procesos y el empleo industrial** manufacturero uruguayo

 **País  
Industrial**  
TRABAJADORES Y EMPRESAS EN ACCIÓN  
POR EL DESARROLLO DE URUGUAY



**País Industrial.** (2026).

*Impactos de tendencias sobre los procesos y el empleo industrial manufacturero uruguayo*

<https://paisindustrial.uy/impactos-de-tendencias-sobre-los-procesos-y-el-empleo-industrial-manufacturero-uruguayo.pdf>

**Autores:**

Paola Albé

Julián Malcón

Andrea Castagnola

Verónica Azevedo

**Seguimiento técnico desde País Industrial:**

Jorge Acevedo

(Cámara de Industrias del Uruguay)

Gerónimo Rodríguez

(Instituto Cuesta Duarte del PIT-CNT)

**Montevideo**

**Setiembre de 2026**

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero del Instituto Nacional de Empleo y Formación Profesional (INEFOP). Su contenido es responsabilidad exclusiva de las instituciones ejecutoras del mismo: Instituto Cuesta Duarte (ICUDU) y Cámara de Industrias del Uruguay (CIU).

**Nota sobre este documento.** Este informe sintetiza, en un único documento publicable, los tres entregables técnicos producidos entre abril y junio de 2026 en el marco del Proyecto País Industrial: Entregable 1 — Alineación conceptual y marco analítico de procesos industriales (Fases 0 y 1), Entregable 2 — Análisis de tendencias estratégicas priorizadas (Fase 2) y Entregable 3 — Escenarios prospectivos e implicancias estratégicas (Fase 3). El cuerpo principal presenta la narrativa integrada y los hallazgos clave orientados a la toma de decisiones; los anexos reúnen las matrices, tablas y evidencias de detalle que sustentan el análisis. La metodología completa, los instrumentos de relevamiento (guiones de entrevista, encuestas, listados de participantes) y las fichas extendidas de evidencia empírica internacional pueden consultarse en los tres entregables técnicos de referencia.



# Índice

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Prólogo .....                                                         | 5  |
| 2. Resumen ejecutivo .....                                               | 7  |
| 3. Introducción .....                                                    | 10 |
| 3.1. Contexto y propósito del proyecto .....                             | 10 |
| 3.2. Objetivos de este informe .....                                     | 11 |
| 3.3. Alcance y limitaciones .....                                        | 11 |
| 4. Enfoque metodológico .....                                            | 12 |
| 5. El sistema productivo: procesos industriales transversales .....      | 14 |
| 6. Identificación y priorización de tendencias .....                     | 16 |
| 6.1. Identificación mediante horizon scanning .....                      | 16 |
| 6.2. Priorización mediante matriz multicriterio .....                    | 16 |
| 6.3. Definición de las tendencias .....                                  | 17 |
| 7. Impacto de las tendencias sobre los procesos industriales .....       | 19 |
| 7.1. Procesos que concentran la mayor transformación .....               | 19 |
| 7.2. Tendencias con mayor poder transformador .....                      | 22 |
| 7.3. La convergencia hacia la fábrica inteligente .....                  | 23 |
| 8. Impacto en el empleo .....                                            | 24 |
| 8.1. Marco conceptual .....                                              | 24 |
| 8.2. Ocupaciones críticas .....                                          | 24 |
| 8.3. Perfiles emergentes e híbridos .....                                | 26 |
| 8.4. Un gradiente según el tamaño de empresa .....                       | 27 |
| 9. Competencias humanas requeridas .....                                 | 28 |
| 9.1. Tres tipos de descalce entre oferta y demanda .....                 | 28 |
| 9.2. Prioridades formativas por nivel ocupacional .....                  | 29 |
| 10. Buenas prácticas internacionales de desarrollo de competencias ..... | 30 |
| 11. Escenarios futuros al 2035 .....                                     | 31 |
| 11.1. Crecimiento o continuidad .....                                    | 32 |
| 11.2. Colapso o declive .....                                            | 32 |
| 11.3. Disciplina .....                                                   | 33 |
| 11.4. Transformación .....                                               | 34 |
| 11.5. Síntesis .....                                                     | 35 |
| 11.6. El futuro imaginado .....                                          | 35 |



|                                                                                              |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 12. Implicancias estratégicas para la política pública.....                                  | 37     |
| EJE I. Estructura del empleo industrial.....                                                 | 37     |
| EJE II. Formación, reconversión y trayectorias laborales .....                               | 37     |
| EJE III. Competitividad de la PyME manufacturera .....                                       | 38     |
| EJE IV. Inserción internacional y posicionamiento regional .....                             | 38     |
| EJE V. Rol del Estado, política industrial y diálogo tripartito .....                        | 39     |
| EJE VI. Sostenibilidad ambiental como condición de competitividad.....                       | 39     |
| 13. Análisis de implicancias sobre cinco procesos seleccionados .....                        | 41     |
| 14. Conclusiones .....                                                                       | 43     |
| <br>Bibliografía .....                                                                       | <br>45 |
| <br>Anexo 1. Nota metodológica ampliada .....                                                | <br>46 |
| A1.1. Escaneo de horizontes (Fase 1) .....                                                   | 46     |
| A1.2. Marco de estimación de riesgo ocupacional (Fase 2) .....                               | 46     |
| A1.3. Marco de escenarios (Fase 3).....                                                      | 47     |
| A1.4. Limitaciones metodológicas .....                                                       | 47     |
| Anexo 2. Procesos transversales y subprocesos relevantes de la industria manufacturera ..... | 48     |
| Anexo 3. Base ampliada de tendencias identificadas mediante horizon scanning .....           | 49     |
| Anexo 4. Escala de calificación de los criterios de priorización de tendencias .....         | 50     |
| Anexo 5. Matriz multicriterio de priorización de tendencias .....                            | 53     |
| Anexo 6. Matrices de impacto de las tendencias sobre los procesos transversales .....        | 55     |
| Anexo 7. Perfiles emergentes e híbridos de alta demanda proyectada.....                      | 57     |
| Anexo 8. Mapa de brechas de competencias y urgencia formativa por proceso .....              | 59     |
| Anexo 9. Competencias transversales comunes a todos los niveles ocupacionales.....           | 60     |
| Anexo 10. Buenas prácticas internacionales de desarrollo de competencias.....                | 61     |
| Anexo 11. Variables críticas a monitorear .....                                              | 62     |

# 1. Prólogo

## Anticipar para decidir: **la industria uruguaya con horizonte 2035**

Cuando las dos instituciones que representamos al sector industrial, la Cámara de Industrias del Uruguay y el Instituto Cuesta Duarte del PIT-CNT, decidimos trabajar juntas por primera vez, lo hicimos a partir de una convicción compartida: la industria manufacturera tiene una trayectoria acumulada y un papel estratégico en el desarrollo del país, por su aporte al empleo y a la producción, su capacidad de incorporar conocimiento y tecnología, desarrollar encadenamientos con otros sectores y contribuir a la inserción internacional de Uruguay. Sostener y ampliar ese lugar dependerá, en buena medida, de nuestra capacidad para comprender y anticipar los cambios antes de que nos alcancen.

Sobre esta base diseñamos, junto a INEFOP, el proyecto País Industrial, incorporando como uno de sus ejes de trabajo la Formación para el futuro del trabajo.

Para comprender hacia dónde se dirige la industria, desarrollamos un ejercicio sistemático de anticipación de las transformaciones tecnológicas, productivas y normativas con capacidad efectiva de modificar los procesos de producción y las ocupaciones de la manufactura nacional en un horizonte de cinco a diez años. El análisis combinó evidencia nacional e internacional con la participación directa de empresarios y trabajadores del sector industrial.

Los resultados permiten identificar procesos productivos que atravesarán cambios relevantes, ocupaciones que serán transformadas o desplazadas y perfiles técnicos emergentes que requerirán recorridos formativos todavía no consolidados.

Consideramos que contar con esta información es fundamental para promover empleo de calidad y fortalecer la competitividad de las empresas industriales. A partir de estos resultados, avanzaremos en la generación de espacios de articulación con hacedores de política pública, instituciones educativas y otros actores vinculados al desarrollo industrial. Asimismo, elaboraremos propuestas formativas concretas orientadas a atender las brechas identificadas.

Este ejercicio de anticipación no constituye una conclusión cerrada ni puede concebirse como una tarea que se realiza una única vez. Es necesario examinar y discutir los resultados, así como también instalar capacidades nacionales de análisis prospectivo industrial, que permitan transformar señales de cambio en decisiones oportunas sobre formación, empleo, competitividad y desarrollo industrial.

**Eduardo Burgos**

Director del proyecto por el  
Instituto Cuesta Duarte del PIT-CNT

**Carola Saavedra**

Directora del proyecto por la  
Cámara de Industrias del Uruguay



## 2. Resumen ejecutivo

Entre 2026 y 2035, la industria manufacturera uruguaya enfrentará una transformación impulsada por la interacción de tendencias tecnológicas, normativas, económicas y geopolíticas, que redefinirá los procesos productivos, las ocupaciones y las competencias de los trabajadores y empresarios.

Este informe sintetiza un estudio prospectivo realizado en el marco de **País Industrial**, la primera iniciativa conjunta entre la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU) y el Instituto Cuesta Duarte del PIT-CNT, con financiamiento y participación de INEFOP en el diseño, fase operativa, gestión administrativa y seguimiento técnico. El propósito del proyecto es el de impulsar el desarrollo productivo del sector industrial a través de la investigación, diagnóstico, capacitación y propuesta de políticas públicas sectoriales.

El estudio combinó un curso-taller con actores del diálogo tripartito, entrevistas a referentes sectoriales, encuestas a empresas, trabajadores y profesionales, horizon scanning internacional y un ejercicio de construcción de escenarios siguiendo el marco de los Cuatro Futuros Genéricos de Jim Dator (2009). El análisis se organizó en cuatro fases secuenciales:

- 0 Definición del foco y del sistema de análisis.
- 1 Construcción de un marco de procesos industriales transversales e identificación y priorización de tendencias.
- 2 Análisis en profundidad de las tendencias priorizadas y de su impacto sobre procesos, empleo y competencias.
- 3 Formulación de escenarios al 2035 y derivación de implicancias estratégicas para la política pública.

Mediante un estudio de *horizon scanning*, se identificaron y sistematizaron 23 tendencias. Una priorización robusta, utilizando criterios acordados con País Industrial y validada mediante análisis de sensibilidad, permitió seleccionar ocho de ellas: manufactura flexible y reconfiguración dinámica de procesos; regionalización y *nearshoring*<sup>1</sup>; automatización y robotización física (AGV, AMR, cobots<sup>2</sup>); sistemas parcialmente autónomos de toma de decisiones; exposición a riesgos reputacionales y de *compliance* global; volatilidad de mercados de insumos y costos logísticos; trazabilidad digital; monitoreo y control en tiempo real (IIoT<sup>3</sup>); y, como tendencia emergente a monitorear, las regulaciones sobre inteligencia artificial y vigilancia digital.

**El impacto sobre los procesos:** estas tendencias no afectan de manera uniforme a los procesos y subprocesos seleccionados para el estudio. En el horizonte inmediato (0–2 años), la automatización física y el monitoreo en tiempo real concentran el mayor poder transformador sobre producción, logística, mantenimiento y control de calidad, mientras que la logística de entrada es, en conjunto, el proceso con mayor carga de transformación. En el horizonte proyectado (3–5 años), los sistemas de decisión parcialmente autónomos emergen como la tendencia de mayor expansión, irradiando hacia funciones hoy dependientes del criterio humano —planificación, compras, mantenimiento predictivo—, mientras los procesos de compras y abastecimiento y la gestión de la producción registran la mayor escalada de exposición.

**El impacto sobre el empleo:** el análisis identifica diez grupos ocupacionales de atención prioritaria: cuatro con riesgo alto de desplazamiento por automatización (operadores de máquinas, ensambladores, conductores de equipos móviles, trabajadores de procesamiento) y seis con riesgo alto o medio de transformación radical de sus funciones (planificadores de producción, técnicos de mantenimiento, analistas de compras, entre otros). El horizonte de materialización de estos riesgos es de tres a cinco años, lo que confiere carácter urgente a la anticipación formativa. Simultáneamente, emergen al menos doce perfiles híbridos —técnico de robótica industrial, especialista en mantenimiento predictivo, oficial de cumplimiento de IA, entre otros— que hoy no existen en el país en número suficiente ni cuentan con itinerarios formativos consolidados.

---

**1.** Estrategia de relocalización de procesos productivos o de servicios hacia países geográficamente cercanos al mercado de destino, con el fin de reducir costos logísticos y riesgos de suministro.

**2.** AGV: Automated Guided Vehicle (Vehículo Guiado Automatizado); AMR: Autonomous Mobile Robot (Robot Móvil Autónomo); cobot: robot colaborativo.

**3.** IIoT: Industrial Internet of Things (Internet de las Cosas Industrial).

**Los escenarios:** se construyeron cuatro narrativas exploratorias hacia el año 2035 —Crecimiento, Colapso, Disciplina y Transformación— que comparten una misma base tecnológica, pero difieren en su mecanismo de gobernanza. En los cuatro casos emerge la misma fractura potencial: un núcleo exportador que accede a tecnología, financiamiento y capacidad de negociación, frente a un tejido de pequeñas y medianas empresas orientadas al mercado interno que enfrenta mayores dificultades para sostener el ritmo de cambio. El escenario que se alcance dependerá de si el sistema cuenta con mecanismos de gobernanza capaces de gestionar tensiones y distribuir potenciales beneficios y costos.

**Las implicancias estratégicas:** el estudio deriva un conjunto de implicancias organizadas en seis ejes:

- I la estructura del empleo industrial se polariza entre un núcleo técnico calificado y una periferia de tareas rutinarias en riesgo.
- II la formación y reconversión enfrentan su mayor urgencia en el nivel operativo y su mayor escasez en los perfiles técnico-profesionales emergentes.
- III la brecha tecnológica entre la gran empresa y la PyME es la principal tensión estructural del sistema, mitigable mediante modelos de acceso compartido a tecnología y políticas de apoyo integral.
- IV la trazabilidad digital y el cumplimiento de estándares europeos se convierten en condición de acceso a los mercados de mayor valor.
- V la articulación tripartita entre Estado, sector empresarial y movimiento sindical es el factor institucional determinante para sostener trayectorias de crecimiento con inclusión.
- VI la sostenibilidad ambiental deja de ser un atributo de diferenciación para convertirse en condición de competitividad.

**Mensaje central del análisis de implicancias:** el sistema manufacturero uruguayo enfrenta la disyuntiva sobre cómo gestionar la distribución y el alcance de la transformación tecnológica. La articulación tripartita que constituye el marco institucional de este proyecto es una variable que explica, en gran medida, la diferencia entre trayectorias de mayor integración o de mayor exclusión hacia 2035. Por otra parte, es una de las variables sobre las que los actores pueden lograr mayor control, frente a otras tendencias que podrían evolucionar con dirección y velocidad propia.

## 3. Introducción

### 3.1. Contexto y propósito del proyecto

El **Proyecto País Industrial** es una iniciativa de fortalecimiento del sector industrial uruguayo bajo un modelo de diálogo social tripartito, impulsada conjuntamente por la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU), el Instituto Cuesta Duarte del PIT-CNT (ICUDU) y el Instituto Nacional de Empleo y Formación Profesional (INEFOP), que tiene como propósito potenciar las capacidades de la industria uruguaya mediante la comprensión de su realidad, su posicionamiento en la sociedad y el aporte a la formulación de políticas públicas para el desarrollo productivo nacional y el empleo de calidad, en un marco de colaboración y diálogo social entre empresarios y trabajadores del sector.

En ese marco, el presente estudio tuvo como objetivo identificar, analizar y anticipar las transformaciones tecnológicas, productivas, ambientales, sociales y normativo-regulatorias que inciden sobre los procesos industriales y el empleo manufacturero, en un horizonte de cinco a diez años, y traducir esa anticipación en insumos concretos para la negociación colectiva, la formación profesional y el diseño de política pública industrial.

**La pregunta que orienta todo el estudio es:**

¿Cómo impactarán las transformaciones que están ocurriendo sobre los procesos y el empleo del sector industrial uruguayo en los próximos cinco a diez años, y qué implicancias estratégicas tendrán sobre la necesidad de adaptación de empresas y trabajadores?

## 3.2. Objetivos de este informe

El objetivo general de este documento es presentar los resultados del estudio de sistematización de las tendencias en temas tecnológico-productivos, de sostenibilidad, y normativo-regulatorios, y sus implicancias a nivel de la industria nacional.

**Los objetivos específicos son:**

- a presentar el marco analítico de procesos industriales transversales y las tendencias priorizadas que constituyen la base empírica del estudio.
- b sintetizar el análisis de impacto de esas tendencias sobre los procesos productivos, el empleo y las competencias.
- c presentar los cuatro escenarios prospectivos al 2035 y las implicancias estratégicas derivadas para la política pública.
- d ofrecer, en anexos, el detalle metodológico y las matrices de evidencia que sustentan cada hallazgo, para quienes requieran profundizar en aspectos específicos.

## 3.3. Alcance y limitaciones

El análisis cubre la manufactura uruguaya en su conjunto, a través de un marco de procesos transversales comunes a la generalidad de los subsectores industriales, sin analizar las particularidades de cada uno. Las estimaciones de impacto sobre procesos, ocupaciones y competencias son de naturaleza cualitativa, construidas mediante triangulación metodológica (taller, entrevistas, encuestas, *horizon scanning* y evidencia internacional), y deben leerse como una herramienta de anticipación y priorización, no como una proyección cuantitativa.

## 4. Enfoque metodológico

El estudio se desarrolló en cuatro fases secuenciales, cada una construida sobre los resultados de la anterior, combinando técnicas participativas con análisis documental y de evidencia internacional.

**Fase 0** — Alineación conceptual y definición de foco: un curso-taller con actores del diálogo tripartito (empresarios, trabajadores, técnicos e instituciones vinculadas) permitió validar la pregunta foco del estudio, realizar un análisis PESTAL<sup>4</sup> de los factores clave del sistema (ver Figura 1) y producir, a través de un ejercicio de imaginación colectivo, visiones del futuro deseado para la industria.

Figura 1. Factores clave del sistema industrial identificados en el curso-taller



4. PESTAL: político, económico, social, tecnológico, ambiental, legal.

### **Fase 1 — Marco analítico de procesos industriales y priorización de tendencias:**

a partir de entrevistas a referentes sectoriales, el trabajo del curso-taller y la revisión de fuentes secundarias nacionales (Lorenzo et al., 2005; Barafani et al., 2020; Lalanne, 2021) e internacionales (Nutz y Sievers, 2016; Basco et al., 2018), se construyó un marco de procesos industriales transversales a la manufactura uruguaya y se identificó, mediante *horizon scanning*, una base de 23 tendencias agrupadas en cuatro dimensiones (tecnológicas, normativo-regulatorias, económico-geopolíticas y sociodemográficas). Estas tendencias fueron priorizadas mediante un análisis multicriterio ponderado —impacto en procesos, impacto en el empleo, madurez de la tendencia, presión externa o regulatoria y esfuerzo de reconversión empresarial— cuya robustez fue verificada mediante análisis de sensibilidad ante variaciones de ponderación del 5% y el 10%.

**Fase 2 — Análisis en profundidad de tendencias priorizadas:** cada una de las tendencias priorizadas fue caracterizada en su dinámica evolutiva y contrastada con la consulta directa a empresarios y profesionales vinculados a la industria manufacturera. Se construyeron matrices de impacto de cada tendencia sobre los ocho procesos transversales y dos subprocesos relevantes en dos horizontes temporales (0–2 años y 3–5 años), se desarrolló una matriz de cuatro niveles (proceso, subproceso, ocupación y cometidos principales<sup>5</sup>) para vincular las tendencias con el riesgo ocupacional, y se sistematizaron las competencias requeridas por nivel ocupacional con referencia a marcos internacionales<sup>6</sup>. Se completó con una revisión de buenas prácticas de desarrollo de competencias a nivel global.

**Fase 3 — Escenarios prospectivos e implicancias estratégicas:** sobre la base de las tendencias e incertidumbres identificadas, se construyeron cuatro escenarios siguiendo el marco de los Cuatro Futuros Genéricos de Jim Dator (2009) —Crecimiento, Colapso, Disciplina y Transformación—, se derivaron implicancias estratégicas organizadas en seis ejes de política pública y se profundizó el análisis en cinco procesos seleccionados por su criticidad con el equipo técnico de País Industrial.

En el Anexo 1 se amplía la descripción metodológica de algunos instrumentos aplicados en las fases 1, 2 y 3.

---

<sup>5</sup>. Se utilizó la clasificación internacional uniforme de ocupaciones (CIUO-08, OIT, 2012) y la base de ocupaciones O\*NET (U.S. Department of Labor, Employment and Training Administration, 2026).

<sup>6</sup>. DigComp 2.2 (Vuorikari et al., 2022); e-CF (Comité Europeo de Normalización, 2019).



## 5. Procesos industriales transversales

A partir del trabajo de campo y la revisión de fuentes secundarias, el estudio construyó un marco de procesos industriales transversales (Figura 2), de los cuales se priorizaron ocho procesos transversales (compras y abastecimiento, logística de entrada, producción, logística de salida, gestión de personas y salud y seguridad ocupacional (SSO), gestión del cumplimiento, gestión de residuos y gestión y planificación de la producción), más dos subprocesos relevantes (mantenimiento industrial y control de calidad), que resultan ser comunes a la generalidad de la manufactura uruguaya, con independencia del subsector específico. Cada empresa participante en el diálogo tripartito reconoció su operativa en estos procesos, lo que permitió validar el marco como lenguaje común para el análisis posterior de tendencias, empleo y competencias.

Figura 2. **Mapa de cadena de valor y actores de la industria manufacturera uruguaya**



**Nota.** Elaborado a partir de Nutz y Sievers (2016).

La criticidad de cada proceso —definida en conjunto con los actores locales a través del taller, entrevistas y encuestas— resultó en la siguiente clasificación:

Tabla 1. **Criticidad de los procesos industriales transversales y subprocesos relevantes**

| Criticidad   | Procesos                                                                                                                                           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ALTA</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Producción</li><li>✓ Gestión y planificación de la producción</li><li>✓ Compras y abastecimiento</li></ul> |
| <b>MEDIA</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Mantenimiento industrial</li><li>✓ Gestión de personas y SSO</li><li>✓ Logística de salida</li></ul>       |
| <b>BAJA</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Logística de entrada</li><li>✓ Gestión integral del cumplimiento</li><li>✓ Gestión de residuos</li></ul>   |

En la priorización, el subproceso Control de calidad se trató como parte del proceso transversal Producción.

El detalle de la definición, subprocesos y descripción operativa de cada proceso se presenta en el Anexo 2.

Si bien todos los procesos fueron analizados con la misma profundidad, esta asignación de criticidad fue utilizada para priorizar las tendencias, dándole mayor peso a las que impactan sobre los procesos más críticos.

## 6. Identificación y priorización de tendencias

### 6.1. Identificación mediante *horizon scanning*

El *horizon scanning* realizado en la Fase 1 permitió identificar y sistematizar 23 tendencias agrupadas en cuatro dimensiones: tecnológicas (digitalización e integración de sistemas, IA y analítica predictiva, gemelos digitales, realidad aumentada, entre otras), normativo-regulatorias (compras sostenibles y debida diligencia ESG, economía circular, responsabilidad extendida del productor, regulaciones sobre IA), económico-geopolíticas (*nearshoring*, volatilidad de insumos, fragmentación geoeconómica, riesgos de *compliance*) y sociodemográficas (cambios generacionales, envejecimiento de la fuerza laboral, diversidad e inclusión). El listado completo, con su descripción, se presenta en el Anexo 3.

### 6.2. Priorización mediante matriz multicriterio

Se aplicó un análisis multicriterio, ponderado —impacto en procesos (20%), impacto en el empleo (25%), madurez de la tendencia (15%), presión externa o regulatoria (15%) y esfuerzo de reconversión empresarial (25%)— que dio como resultado ocho tendencias en el cuartil superior de la matriz de priorización, más una tendencia emergente que se consideró relevante monitorear por su alta presión externa, pese a su madurez aún incipiente. El análisis de sensibilidad aplicado confirmó la robustez de esta selección. El detalle de la escala de calificación se describe en el Anexo 4 y la matriz completa de puntajes se presenta en el Anexo 5. Tanto los pesos específicos de cada dimensión como las escalas de calificación fueron acordados con el equipo técnico de País Industrial.

Tabla 2. **Tendencias priorizadas**

| Código | Tendencia                                                                                    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| T01    | Exposición a riesgos reputacionales y de compliance global                                   |
| T02    | Manufactura flexible y reconfiguración dinámica de procesos                                  |
| T03    | Regionalización, <i>nearshoring</i> y resiliencia de cadenas de suministro                   |
| T04    | Automatización y robotización de procesos físicos (AGV, AMR, cobots, robots industriales)    |
| T05    | Sistemas parcialmente autónomos (toma de decisiones automatizada)                            |
| T06    | Volatilidad e incertidumbre en mercados de insumos y costos logísticos                       |
| T07    | Trazabilidad digital (RFID <sup>7</sup> , <i>blockchain</i> , pasaporte digital de producto) |
| T08    | Monitoreo y control en tiempo real (IIoT, sensores, sistemas ciberfísicos)                   |
| T09    | Regulaciones emergentes sobre IA, datos y vigilancia digital                                 |

### 6.3. Definición de las tendencias

A continuación, se describe brevemente qué significa cada una de las nueve tendencias analizadas.

**T02 Manufactura flexible:** adaptación ágil de líneas de producción y procesos ante cambios de producto, demanda o condiciones operativas.

**T03 Regionalización y *nearshoring*:** relocalización en mercados domésticos o regionales y diversificación de proveedores ante disrupciones globales y tensiones geopolíticas.

**T04 Automatización y robotización física:** máquinas y sistemas automatizados (AGV, AMR, cobots) que reemplazan o complementan tareas manuales en almacenes, producción y mantenimiento.

<sup>7</sup> RFID: Radio Frequency Identification (Identificación por Radiofrecuencia)



**T05 Sistemas parcialmente autónomos:** automatización de decisiones operativas rutinarias con supervisión humana, que desplaza el trabajo hacia funciones de validación y gestión de excepciones.

**T01 Riesgos reputacionales y *compliance* global:** incremento sostenido y sistemático de la exposición de las empresas manufactureras a riesgos reputacionales y de *compliance*, derivados de su inserción en cadenas de valor globales.

**T06 Volatilidad de insumos y costos logísticos:** fluctuaciones de precios, inflación y disrupciones en la cadena de suministro que afectan la planificación de abastecimiento e inventarios.

**T07 Trazabilidad digital:** seguimiento digital de materiales, productos y procesos a lo largo de la cadena de valor mediante RFID y blockchain, impulsado por la exigencia regulatoria del Pasaporte Digital de Producto europeo (PDP), que obliga a documentar y consolidar esa información a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

**T08 Monitoreo y control en tiempo real:** captura automática de datos operativos mediante sensores, IIoT y sistemas ciberfísicos.

**T09 Regulaciones sobre IA y vigilancia digital:** nuevas normas de gobernanza de datos, privacidad y supervisión ética de tecnologías digitales en el trabajo, de madurez aún baja, pero presión externa creciente.

Estas nueve tendencias constituyen el insumo central del análisis de impacto y de la construcción de escenarios que se presentan en los capítulos siguientes.

## 7. Impacto de las tendencias sobre los procesos industriales

Para estimar el efecto de las nueve tendencias seleccionadas sobre los ocho procesos transversales y dos subprocesos relevantes, el estudio construyó dos matrices de impacto —una para el horizonte actual (0–2 años) y otra para el horizonte proyectado (3–5 años)—, con niveles de impacto alto, medio, bajo o nulo, aplicados con independencia del tamaño de la empresa o subsector específico. Las matrices completas se presentan en el Anexo 6. A continuación se sintetizan sus principales lecturas.

### 7.1. Procesos que concentran la mayor transformación

**Logística de entrada** es, en el presente, el proceso con mayor carga de transformación, y las cinco tendencias que lo impactan lo empujan de formas diferentes pero convergentes. La automatización física traslada la recepción y el movimiento de materiales de la manipulación manual hacia equipos automatizados (AGV, AMR), con el operario pasando de ejecutar tareas físicas a supervisar excepciones.

El monitoreo en tiempo real y la trazabilidad digital reemplazan el control manual y periódico por una visibilidad continua y verificable del estado y el origen de cada insumo, necesaria además para cumplir con exigencias como el Pasaporte Digital de Producto.

El impacto de la volatilidad de los mercados de insumos y costos logísticos recae mayormente en el proceso de compras y abastecimiento, pero esa complejidad se descarga sobre la logística de entrada en forma de mayor versatilidad requerida: lotes más variables, proveedores alternativos activados con poca anticipación, protocolos de recepción menos estandarizados.

La regionalización y el *nearshoring* multiplican los orígenes posibles de los insumos, lo que va en la misma dirección: menos previsibilidad de origen, más necesidad de procesos de recepción flexibles antes que rígidos.

En el horizonte proyectado, esta transformación se profundiza: la manufactura flexible extiende la necesidad de adaptación dinámica desde producción hacia la propia recepción de insumos, y los sistemas de decisión parcialmente autónomos empiezan a automatizar las decisiones de reposición y reabastecimiento, desplazando al personal de coordinación manual hacia la supervisión de decisiones algorítmicas. En conjunto, siete de las nueve tendencias alcanzan impacto alto sobre este proceso en ese horizonte.

**Producción** es el segundo proceso más transformado en el presente, y las tres tendencias que lo impactan lo empujan en la misma dirección general: de la ejecución manual y fija hacia la ejecución asistida y reconfigurable. La manufactura flexible traslada las líneas de producción, pensadas para un producto o proceso estable, hacia líneas capaces de adaptarse a cambios de producto o demanda sin rediseño completo.

La automatización y robotización física trasladan la ejecución de tareas manuales hacia equipos automatizados y robots colaborativos, con el operario pasando de ejecutar a supervisar y gestionar excepciones. El monitoreo en tiempo real reemplaza el control de calidad y de desempeño por muestreo periódico con una visibilidad continua del proceso mediante sensores y paneles de control.

En el horizonte proyectado se suman los sistemas de decisión parcialmente autónomos, que trasladan decisiones operativas —como el ajuste de parámetros o la priorización de órdenes— desde el criterio del supervisor humano hacia algoritmos que las ejecutan con supervisión posterior. Esta convergencia de robotización, manufactura flexible, sistemas autónomos y monitoreo en tiempo real es la que define el perfil de la fábrica inteligente.

**Compras y abastecimiento y gestión de la producción y planificación** registran la mayor escalada entre el presente y el horizonte proyectado, y ambos procesos se mueven de una lógica reactiva hacia una lógica anticipatoria. En compras, la regionalización y el *nearshoring* trasladan el abastecimiento desde proveedores globales concentrados hacia redes de proveedores más diversificadas y geográficamente próximas, lo que multiplica las relaciones a gestionar; la volatilidad de los mercados de insumos y costos logísticos traslada la función de comprar desde la emisión rutinaria de órdenes de compra hacia la gestión activa de riesgo —cobertura, proveedores alternativos, escenarios de precio—.

Hacia el horizonte proyectado, la trazabilidad digital exige documentar el origen y las certificaciones de cada insumo de forma continua, la exposición a riesgos de *compliance* obliga a verificar activamente las prácticas ambientales y sociales de cada proveedor, y los sistemas autónomos empiezan a generar recomendaciones automáticas de reposición que el comprador pasa a validar más que a decidir desde cero.

En planificación, la manufactura flexible traslada la programación de la producción desde planes fijos de mediano plazo hacia una replanificación dinámica y frecuente; los sistemas de decisión autónomos trasladan buena parte del cálculo de esa programación desde el planificador humano hacia algoritmos de apoyo a la decisión, con la persona pasando a interpretar y validar recomendaciones. Hacia el horizonte proyectado, el monitoreo en tiempo real cierra el circuito entre lo planificado y lo que efectivamente ocurre en planta, y la regionalización y la volatilidad de insumos obligan a incorporar los riesgos de abastecimiento en la planificación, que hoy suelen tratarse como una excepción.

**Mantenimiento industrial y logística de salida** presentan hoy una única tendencia de impacto alto cada uno, pero su trayectoria proyectada diverge en la dirección del cambio. En mantenimiento, el monitoreo en tiempo real ya traslada la lógica de intervención desde un esquema preventivo por calendario hacia un esquema predictivo basado en el estado real de cada equipo, con el técnico pasando de ejecutar rutinas fijas a interpretar alertas de sensores.

Hacia el horizonte proyectado, la automatización y robotización física agregan una nueva responsabilidad —el mantenimiento de los propios sistemas robóticos—, la manufactura flexible obliga a que el mantenimiento se adapte a configuraciones de línea cambiantes, y los sistemas autónomos empiezan a decidir por sí mismos cuándo programar una intervención, desplazando al técnico hacia la validación de esas recomendaciones.

En logística de salida, el picking, el paletizado y el despacho ya utilizan equipos automatizados; hacia el horizonte proyectado, se suman los sistemas autónomos, que trasladan decisiones como la priorización o el ruteo de envíos desde la planificación manual hacia la gestión de excepciones sobre decisiones ya tomadas por el sistema.



**Gestión de cumplimiento** se transforma por el pasaje de una lógica de cumplimiento reactiva —responder ante una exigencia puntual— hacia una lógica de monitoreo proactivo del riesgo reputacional y regulatorio a lo largo de toda la cadena de suministro.

Hacia el horizonte proyectado, esta transformación se profundiza en dos direcciones nuevas: la trazabilidad digital traslada la verificación del cumplimiento desde auditorías periódicas y documentación en papel hacia una verificación digital continua, integrada a los flujos de datos del Pasaporte Digital de Producto; y las regulaciones emergentes sobre inteligencia artificial abren una responsabilidad que hoy directamente no existe en la industria —clasificar el riesgo de los propios sistemas de IA de la empresa y garantizar su supervisión humana—, para la cual todavía no se registran antecedentes ni competencias instaladas en el país.

Gestión de residuos permanece como el proceso actualmente menos influido por las tendencias identificadas, pero dos cambios empiezan a insinuarse hacia el horizonte proyectado. La automatización y robotización física trasladan la clasificación de residuos desde la separación manual hacia sistemas de clasificación automatizada por visión artificial, orientados a mejorar la valorización y el reciclaje. La trazabilidad digital, con un impacto todavía moderado pero creciente, empieza a extender los datos del ciclo de vida del producto —los mismos que exige el Pasaporte Digital de Producto— hasta la etapa de descarte, vinculando cada residuo con la información digital de origen del producto del que proviene.

## 7.2. Tendencias con mayor poder transformador

**T04 (robotización física)** tiene alto impacto en tres procesos —producción, logística de salida y logística de entrada—, mientras que **T08 (monitoreo en tiempo real)** impacta en cuatro —producción, mantenimiento industrial, control de calidad y logística de entrada—. Ambas tendencias convergen sobre producción y logística de entrada.

**T05 (sistemas parcialmente autónomos)** es la tendencia de mayor expansión proyectada: pasa de impacto alto en dos procesos en el presente a seis en el horizonte de tres a cinco años, a medida que la toma de decisiones automatizada se extiende hacia funciones que hoy dependen del criterio humano —planificación, compras, mantenimiento predictivo, logística y supervisión de producción—.

**T02 (manufactura flexible)** muestra una escalada similar, pasando de impacto alto en dos a cinco procesos, reflejando que la reconfigurabilidad se extiende desde el núcleo fabril hacia la logística, el mantenimiento y la gestión de personas.

**T03 (nearshoring)** y **T06 (volatilidad de insumos)** concentran su impacto en los procesos de interfaz con la cadena de suministro —compras y logística de entrada—, con escasa irradiación hacia los procesos internos de manufactura: su efecto es estratégico-organizacional, no operativo.

**T01 (compliance)** y **T09 (regulaciones de IA)** concentran su impacto en los procesos de cumplimiento y gestión de personas, y escala a medida que los marcos normativos internacionales se consolidan.

### 7.3. La convergencia hacia la fábrica inteligente

Más allá del impacto individual de cada tendencia, el análisis identifica una dinámica de convergencia entre **T04**, **T05**, **T08** y **T07**: los sensores capturan información en tiempo real, los sistemas inteligentes la procesan y generan decisiones operativas, estas decisiones se ejecutan automáticamente sobre equipos físicos, y la trazabilidad digital registra y documenta el proceso. Sobre esta base tecnológica se desarrolla la manufactura flexible (**T02**). Esta convergencia —que la literatura de transformación industrial denomina fábrica inteligente— alcanza su máxima expresión en logística de entrada, donde las cuatro tendencias llegan a impacto alto de forma simultánea hacia el horizonte proyectado, y se consolida también en producción y mantenimiento industrial, los dos procesos que concentran el núcleo fabril propiamente dicho.

La integración tecnológica también incrementa el riesgo sistémico: una falla en cualquier componente del núcleo tecnológico —sensores, algoritmos, sistemas automatizados o infraestructura ciberfísica— puede propagarse al conjunto del proceso con escasa intervención humana, lo que exige incorporar la ciberseguridad y la gobernanza de datos como capacidades de gestión que no son necesarias en los esquemas de automatización aislada

## 8. Impacto en el empleo

### 8.1. Marco conceptual

El análisis parte del supuesto de que las tendencias no sustituyen ocupaciones completas, sino que transforman tareas específicas dentro de ellas (Acemoglu & Autor, 2011); sin embargo, por viabilidad operativa, la unidad analítica central del estudio es la ocupación (clasificación CIUO-08, OIT, 2012), no la tarea individual. El impacto sobre el empleo opera por dos vectores distintos: un **vector tecnológico**, que sustituye o reconfigura tareas mediante sistemas automatizados, algoritmos o robots, con efecto de reemplazo de trabajo manual o cognitivo rutinario, más intenso en producción, logística, mantenimiento y control de calidad; y un **vector contextual** —económico, geopolítico y regulatorio—, que transforma el alcance de las funciones, la complejidad de las decisiones y los marcos normativos, con efecto de reconversión y emergencia de nuevos perfiles, más intenso en compras, logística, gestión del cumplimiento y gestión de personas.

Para vincular sistemáticamente cada proceso con las ocupaciones que en él operan, el estudio construyó una matriz de cuatro niveles —proceso transversal → subproceso → ocupación (CIUO-08) → cometidos principales—, integrando la clasificación CIUO-08 de la OIT, la base de ocupaciones O\*NET del Departamento de Trabajo de Estados Unidos, el trabajo de campo del proyecto y juicio experto. Esta matriz permite pasar de la intensidad de impacto de una tendencia sobre un proceso a una estimación de riesgo ocupacional.

### 8.2. Ocupaciones críticas

La tabla siguiente sistematiza las diez ocupaciones o grupos ocupacionales con mayor urgencia de atención, considerando la criticidad del proceso al que pertenecen, la concentración de empleo que representan en la manufactura uruguaya y su exposición relativa a las tendencias priorizadas.

**Tabla 3.** Riesgo de transformación o desplazamiento de ocupaciones críticas

| Ocupación<br>(grupo CIUO-08)                                    | Proceso<br>principal               | Riesgo       | Tipo                          | Tendencias<br>que operan       |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|
| <b>81</b> Operadores de instalaciones y máquinas fijas          | Producción                         | <b>ALTO</b>  | Desplazamiento                | <b>T04, T08, T05, T02</b>      |
| <b>82</b> Ensambladores                                         | Producción / Log. salida           | <b>ALTO</b>  | Desplazamiento                | <b>T04, T05, T07</b>           |
| <b>83</b> Conductores y operadores de equipos móviles           | Logística entrada/salida           | <b>ALTO</b>  | Desplazamiento                | <b>T04, T07, T08</b>           |
| <b>75</b> Trabajadores de procesamiento                         | Producción / Gestión de residuos   | <b>ALTO</b>  | Desplazamiento                | <b>T04, T08, T02</b>           |
| <b>21</b> Planificador de producción / Ing. industrial          | Gestión de producción              | <b>ALTO</b>  | Transformación                | <b>T05, T08, T02, T06</b>      |
| <b>74</b> Oficiales eléctricos/ electrónicos (mantenimiento)    | Mantenimiento                      | <b>ALTO</b>  | Transformación                | <b>T08, T04</b>                |
| <b>21</b> Analista / Jefe de Compras Estratégicas               | Compras                            | <b>ALTO</b>  | Transformación                | <b>T05, T01, T03, T06, T07</b> |
| <b>31</b> Técnicos / supervisores de producción y mantenimiento | Producción / Mantenimiento         | <b>MEDIO</b> | Transformación/Desplazamiento | <b>T08, T05, T04</b>           |
| <b>26</b> Profesional legal (Compliance / Contratos)            | Gestión del cumplimiento / Compras | <b>MEDIO</b> | Transformación                | <b>T01, T07, T09</b>           |
| <b>21</b> Responsable de RR. HH. (gestión del talento)          | Gestión de personas                | <b>MEDIO</b> | Transformación                | <b>T09, T05, T02</b>           |

**Referencia de tendencias:** T01 Riesgos reputacionales y compliance · T02 Manufactura flexible · T03 Nearshoring y resiliencia de cadenas · T04 Automatización y robotización física · T05 Sistemas parcialmente autónomos · T06 Volatilidad de insumos y fletes · T07 Trazabilidad digital · T08 Monitoreo y control en tiempo real · T09 Regulaciones sobre IA y vigilancia digital.



El nivel de riesgo “alto” no implica desplazamiento inmediato. Dado el estadio incipiente de adopción tecnológica que documentan las encuestas y entrevistas del proyecto, el horizonte de materialización es de tres a cinco años para la mayoría de estas ocupaciones. La urgencia radica en la anticipación, ya que los procesos de reconversión y formación requieren tiempos de preparación que no pueden comprimirse.

### 8.3. Perfiles emergentes e híbridos

La transformación redefine ocupaciones existentes y genera demanda de perfiles que hoy no existen, o existen de forma embrionaria, en la estructura del empleo manufacturero uruguayo, combinando competencias que hasta ahora correspondían a funciones separadas.

Entre los de mayor demanda proyectada emergen:

|                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ✓ <b>Técnico de robótica industrial</b><br>(programación y mantenimiento de cobots y AMR)                                                                             |
| ✓ <b>Operador de sistemas automatizados / supervisor de celda inteligente</b><br>(gestión de excepciones e interpretación de <i>dashboards</i> )                      |
| ✓ <b>Técnico de mantenimiento predictivo</b><br>(modelos de aprendizaje automático sobre datos de sensores IIoT, uno de los perfiles de mayor crecimiento proyectado) |
| ✓ <b>Ingeniero de gemelos digitales</b>                                                                                                                               |
| ✓ <b>Analista de riesgo de cadena de suministro</b>                                                                                                                   |
| ✓ <b>Especialista en trazabilidad digital y Pasaporte Digital de Producto</b>                                                                                         |
| ✓ <b>Oficial de cumplimiento de IA</b><br>(sin antecedente previo en la industria manufacturera)                                                                      |
| ✓ <b>Especialista en reconversión y desarrollo de competencias digitales</b>                                                                                          |

El listado completo, con tareas y competencias asociadas, se presenta en el Anexo 7.

La mayoría de estos perfiles no corresponde a carreras universitarias existentes ni a perfiles de formación técnica consolidados en Uruguay: su construcción requiere itinerarios formativos híbridos, un desafío institucional de primer orden para el sistema educativo y de formación profesional en general.

## 8.4. Un gradiente según el tamaño de empresa

El impacto ocupacional no es homogéneo entre segmentos empresariales. Las **grandes empresas** cuentan con capacidad de inversión y acceso a proveedores tecnológicos de primer nivel para desarrollar a su fuerza laboral, por lo que su riesgo es la velocidad de reconversión. Las **medianas empresas** presentan capacidad de inversión limitada y adopción tecnológica fragmentaria, con la carencia de perfiles técnicos intermedios como principal cuello de botella. Para las **pequeñas empresas de mercado interno** —la mayoría del tejido industrial uruguayo— el principal desafío consiste en contar con instrumentos públicos de financiamiento y capacitación para mejorar la productividad y competitividad, mediante procesos graduales de automatización y digitalización.



## 9. Competencias humanas requeridas

### 9.1. Tres tipos de descalce entre oferta y demanda

El análisis distingue tres tipos de descalce entre la oferta y la demanda de competencias, cada uno con una respuesta de política diferenciada. La **escasez de talento** es la insuficiencia cuantitativa de personas con las competencias requeridas, independientemente del salario ofrecido —el caso de la mecatrónica, la programación de cobots o la ingeniería de datos de proceso—, y requiere políticas de atracción a estas trayectorias formativas.

La **brecha de habilidades** (*skills gap*) es un descalce cualitativo entre lo que saben los trabajadores actuales y lo que exigen las nuevas tecnologías —operarios con experiencia en maquinaria convencional que no dominan interfaces HMI ni *dashboards* en tiempo real—, y requiere programas de *upskilling* y *reskilling*.

El **desajuste horizontal y vertical** (*mismatch*) ocurre cuando la formación existe pero en el área o el nivel equivocado, y requiere reorientación de la oferta formativa —horizontal, egresados de formación profesional o técnica en áreas no demandadas por la transformación; vertical, puestos de supervisión de sistemas automatizados ocupados por perfiles de formación básica no adaptada a la nueva complejidad—.

La evidencia local sugiere que los tres tipos coexisten, con predominio de la brecha de habilidades en producción y mantenimiento, y de la escasez de talento en los perfiles emergentes de mayor especialización.

## 9.2. Prioridades formativas por nivel ocupacional

La sistematización de competencias —con referencia a los marcos O\*NET (U.S. Department of Labor, 2026), DigComp 2.2 (Vuorikari et al., 2022) y e-CF (Comité Europeo de Normalización, 2019)— identifica tres prioridades estratégicas para el diseño de un plan de formación y reconversión:

**Prioridad 1 — Nivel operativo manual y técnico de primera línea** (CIUO-08 grupos 75, 81, 82, 83, 31). Concentra la mayor densidad de empleo manufacturero y la mayor urgencia formativa. Un programa masivo debería priorizar: operación de interfaces de equipos automatizados y cobots (programación básica low-code), lectura de paneles SCADA, diagnóstico de primer nivel de fallas, protocolos de seguridad en convivencia humano-robot (normas ISO 10218 e ISO/TS 15066), mantenimiento autónomo básico y gestión digital de órdenes de trabajo.

**Prioridad 2 — Escasez de perfiles técnico-profesionales emergentes.** Trabajadores capacitados en mantenimiento predictivo, uso de gemelos digitales, trazabilidad PDP, riesgo de cadena de suministro y cumplimiento de IA no existen en Uruguay en número suficiente. Su formación requiere itinerarios híbridos entre ingeniería o gestión y competencias digitales y regulatorias, con UTU, UTEC, UDELAR y universidades privadas como actores clave.

**Prioridad 3 — Gobernanza tripartita de la formación.** La evidencia internacional (detallada a continuación en el capítulo 9) confirma que los sistemas de formación más efectivos integran a empleadores, trabajadores y Estado en la definición de perfiles y la validación de competencias. El marco CIU-ICUDU-INEFOP que sostiene este proyecto constituye una base institucional ya disponible para atender esta prioridad.

En el Anexo 8 se detallan las brechas de competencias y urgencia formativa por proceso en Uruguay, en función de las tendencias que operan.

Las competencias transversales, que resultan necesarias en todos los niveles ocupacionales, del operativo al directivo, se detallan en el Anexo 9.

## 10. Buenas prácticas internacionales de desarrollo de competencias

La revisión de referencias internacionales —Singapur, Alemania, Estados Unidos, la Unión Europea y la Red OIT/CINTERFOR de América Latina— confirma la viabilidad de instrumentos con potencial de transferencia al ecosistema institucional uruguayo, organizados en siete líneas temáticas: formación continua con voucher individual portable; formación dual con empresa ancla; reconversión laboral vinculada al seguro de paro; formación inmersiva mediante gemelos digitales y realidad aumentada; incentivos fiscales condicionados a compromisos de formación; formación coordinada a lo largo de cadenas productivas; y gobernanza regional de la inteligencia artificial aplicada a procesos automatizados. El Anexo 10 presenta las fichas extendidas de cada caso, con su vía de adaptación posible al contexto uruguayo.

Entre los casos más relevantes: **SkillsFuture Singapore** otorga a cada trabajador un crédito de formación individual no caduco, ampliado a partir de los 40 años, canjeable en más de 25.000 cursos certificados. El **sistema dual alemán** (*Berufsausbildung*) combina actualización periódica de perfiles de oficio, cofinanciamiento estado-empresas y gobernanza tripartita entre Estado, cámaras empresariales y sindicatos; su mecanismo de **Kurzarbeit** vincula el seguro de reducción de jornada a formación obligatoria durante las horas no trabajadas. El caso de **BMW Múnich** documenta rotación certificada de operarios entre estaciones de trabajo y uso de gemelos digitales para simular reconfiguraciones de línea antes de su implementación física. La **CHIPS Act** de Estados Unidos condiciona el acceso a subsidios de inversión a planes vinculantes de formación técnica local. La **Red de Formación Profesional de OIT/CINTERFOR** —de la cual INEFOP ya es miembro— constituye un canal disponible para acceder a metodologías y marcos de competencias validados regionalmente, incluido el Pasaporte de Habilidades, una credencial digital verificable que permite portar competencias laborales entre países de la región.

Tres atributos distinguen a los sistemas de formación más efectivos, según la evidencia internacional relevada:

- ✓ **Financiamiento sostenido**
- ✓ **Portabilidad de la certificación**
- ✓ **Gobernanza tripartita en la definición de perfiles formativos**

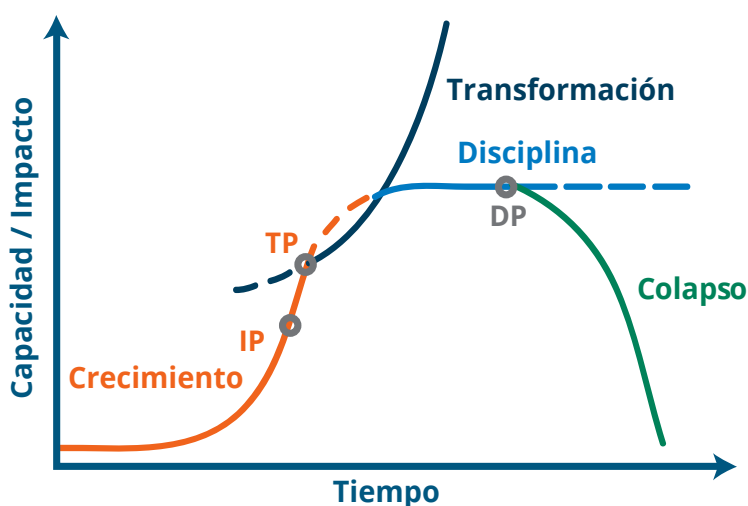
El marco institucional CIU-ICUDU-INEFOP constituye, en ese sentido, una base ya disponible para avanzar en esa dirección.



## 11. Escenarios futuros al 2035

Siguiendo el marco de los Cuatro Futuros Genéricos de Jim Dator (2009), el estudio construyó cuatro narrativas exploratorias que comparten una misma base tecnológica —en todas ellas avanzan la automatización, la inteligencia artificial, la trazabilidad digital y los sistemas ciberfísicos, con distinta velocidad pero en la misma dirección— y difieren en el mecanismo institucional que gobierna su distribución. La Figura 3 ilustra este marco mediante la curva “S” que representa la evolución de sistemas sociales o tecnológicos y los puntos de bifurcación entre los cuatro arquetipos.

**Figura 3.** Curva “S” adaptada al modelo de los cuatro futuros genéricos de Jim Dator



**Nota.** Adaptada de “Four Futures and the S-Curve,” (Pennings, 2024). IP: punto de inflexión, TP: punto de transformación, DP: punto de disciplinamiento

Mientras que el estudio de *horizon scanning* de la fase previa se desarrolló considerando dos horizontes temporales diferenciados (0-2 años y 3-5 años), con el propósito de identificar y priorizar tendencias emergentes relevantes para la industria manufacturera uruguaya, la construcción de escenarios requiere un horizonte más amplio. Esto, con el fin de observar los efectos acumulativos, las interacciones y las trayectorias de evolución de los factores clave afectados por dichas tendencias. Por esta razón, los escenarios prospectivos se proyectan hacia el año 2035, facilitando la exploración de transformaciones estructurales que difícilmente podrían apreciarse dentro de los horizontes de análisis utilizados para la detección inicial de tendencias.

## 11.1. Crecimiento o continuidad

La industria evoluciona dentro de un paradigma de crecimiento sostenido, impulsado por la expansión exportadora y la integración tecnológica de las empresas insertas en cadenas internacionales. Se genera un efecto de arrastre sobre proveedores y servicios especializados, apoyado por universidades y centros tecnológicos, pero la difusión tecnológica no es homogénea: muchas micro y pequeñas empresas de mercado interno enfrentan dificultades de acceso a tecnología y financiamiento para la transformación.

El Estado mantiene una orientación favorable a la industria y sostiene instrumentos de apoyo a las MiPymes y a la reconversión de los trabajadores, dentro de una lógica de mercado que no logra mitigar del todo las tensiones que el crecimiento desigual produce. La articulación tripartita opera como mecanismo de amortiguación de esa heterogeneidad creciente.

**Señal estructural:** *la sostenibilidad del proceso depende, en última instancia, de la capacidad del país para administrar la tensión entre competitividad económica y desarrollo social. Mientras esa tensión se mantenga gestionable a través del diálogo tripartito, el crecimiento se sostiene. Si la brecha entre el núcleo exportador y el tejido industrial orientado al mercado interno se vuelve demasiado amplia para que la articulación tripartita la absorba, el sistema corre el riesgo de derivar hacia la fractura que caracteriza al escenario de colapso.*

## 11.2. Colapso o declive

No se configura como un evento súbito, sino como la acumulación progresiva de las tensiones del escenario de Crecimiento cuando los mecanismos de coordinación fallan. El efecto de arrastre tecnológico se debilita, las micro y pequeñas empresas no logran acceder a financiamiento ni capacidades técnicas suficientes, y el sistema productivo se polariza entre un núcleo altamente tecnificado y una periferia industrial progresivamente excluida.

Ambas situaciones conducen al desplazamiento laboral y desocupación estructural. El Estado entra en una fase de restricción fiscal y reorientación defensiva hacia la contención de la crisis social, perdiendo capacidad de coordinar estrategias de largo plazo. La articulación tripartita subsiste formalmente pero pierde capacidad de incidencia real.

**Señal estructural:** el elemento central no es una crisis puntual, sino la ruptura del equilibrio de coordinación del sistema industrial. La pérdida de confianza y la incapacidad de sostener mecanismos efectivos de articulación entre actores económicos, sociales y estatales constituye el núcleo del colapso. Es, en ese sentido, la imagen invertida del escenario de disciplina: donde este último logra activar el diálogo tripartito como respuesta a la desigualdad creciente, el colapso es lo que ocurre cuando esa activación no llega a tiempo o fracasa.

### 11.3. Disciplina

Es una respuesta social e institucional ante los problemas generados por una fase previa de crecimiento desigual: impone límites, reglas y mecanismos de redistribución para corregir desequilibrios socialmente insostenibles. El Estado introduce el principio de la **“licencia social para automatizar”**, captando parte de las ganancias extraordinarias de los sectores más dinámicos para financiar programas de reconversión laboral, apoyo a trabajadores desplazados y fortalecimiento de PyMEs.

La transformación tecnológica continúa, aunque a menor velocidad y sujeta a reglas sociales explícitas. Los mayores costos regulatorios comienzan a ser percibidos por algunas empresas exportadoras como una limitación competitiva frente a países de la región con condiciones más favorables.

**Señal estructural:** el elemento central no es la regulación en sí misma, sino la capacidad del sistema tripartito de convertir la tensión distributiva en reglas aceptadas por todos los actores antes de que se transforme en conflicto abierto. Mientras esa capacidad se mantenga, el modelo logra sostener simultáneamente cohesión social y participación en mercados globales, aunque a un ritmo de crecimiento menor que el escenario de expansión sin restricciones. Si la carga de la **“licencia social para automatizar”** supera el umbral que el sector exportador puede absorber sin perder competitividad, el escenario corre el riesgo de empujar a las empresas más dinámicas hacia la relocalización, erosionando la base fiscal que sostiene al propio modelo distributivo.

## 11.4. Transformación

La verdadera transformación no reside únicamente en la tecnología —que también podría desarrollarse en el escenario de Crecimiento— sino en un cambio institucional y cultural que redefine la unidad de competencia: ya no compiten empresas o países aislados, sino cadenas de valor regionales completas. El Estado impulsa políticas de acceso tecnológico compartido para PyMEs —plataformas de servicios, automatización bajo demanda (Robotics as a Service), laboratorios de fabricación compartidos— y actúa como articulador de la inserción de Uruguay en la red productiva regional.

El país encuentra su oportunidad especializándose en eslabones de mayor valor relativo —manufactura de nicho, componentes de alto valor agregado, trazabilidad, economía circular—, aprovechando su estabilidad institucional y su infraestructura logística. A partir de acuerdos regionales, empresas, sindicatos, instituciones educativas y organismos públicos desarrollan programas de reconversión profesional, certificaciones de competencias, trayectorias formativas flexibles y sistemas de formación dual que combinan capacitación técnica con experiencias prácticas en empresas de distintos países latinoamericanos.

La articulación entre gobiernos, empresas, organizaciones de trabajadores e instituciones educativas alcanza una escala regional para coordinar el desarrollo de las cadenas de valor, la formación de capacidades y la reconversión laboral.

**Señal estructural:** *el elemento central de este escenario es la construcción de una nueva cultura productiva regional, que redefine la unidad de competencia: de las empresas y los países actuando por separado, a la cadena de valor regional como sistema integrado. Mientras esa cultura se consolida —con institucionalidad regional estable, armonización normativa entre países socios y confianza construida entre actores de distintos países— Uruguay puede capturar valor aprovechando su estabilidad institucional, su infraestructura logística y sus capacidades tecnológicas como ventajas diferenciales dentro de la red. Si la cooperación regional se fragmenta o algún país socio prioriza su autonomía sobre la integración, el escenario puede regresar hacia una lógica de competencia aislada similar a la del escenario de crecimiento.*

## 11.5. Síntesis

Los escenarios comparten la misma trayectoria tecnológica de fondo. Lo que los distingue es si el sistema cuenta con un mecanismo capaz de gobernar su propia transformación: de anticipar tensiones, distribuir beneficios y costos, y corregir el rumbo antes de que los desequilibrios se vuelvan irreversibles.

En todos los casos emergen dos fracturas potenciales: por una parte, entre un núcleo de empresas integradas a cadenas internacionales y un tejido amplio de pequeñas y medianas empresas orientadas al mercado interno que enfrenta mayores dificultades para sostener el ritmo del cambio; y por otra, un grupo de trabajadores altamente calificados que acceden a ocupaciones mejor remuneradas y un amplio conjunto de trabajadores que tienen mayores dificultades de insertarse en el mercado laboral y padecen riesgo de desplazamiento.

Esa dualidad estructural es un riesgo persistente del sistema, y la articulación tripartita entre Estado, sector empresarial y movimiento sindical es, según el análisis, el mecanismo que explica la diferencia entre trayectorias de mayor integración o de mayor exclusión.

## 11.6 El futuro imaginado

El ejercicio de imaginación de un futuro deseado, realizado con actores clave durante el curso-taller de la Fase 0, produjo cuatro construcciones visuales con marcadas afinidades con el escenario de Transformación. Coinciden en reconocer la digitalización como nexo entre instituciones, empresas y personas; visualizan la sostenibilidad ambiental integrada a la producción —tratamiento de efluentes, energías renovables—; valoran la articulación de cadenas de valor en clave de economía circular e innovación; y asignan a la industria un rol central en la calificación de los trabajadores y en la construcción de bienestar social y comunitario. La Figura 4 sintetiza visualmente estas cuatro construcciones.

**Figura 4.** Síntesis de las visiones de futuro construidas en el curso-taller



Nota. Elaboración propia con apoyo de IA, a partir de las representaciones gráficas producidas en grupos durante el curso-taller de la Fase 0 del estudio.

## 12. Implicancias estratégicas para la política pública

A partir de los escenarios y de las tendencias priorizadas y a monitorear, el estudio deriva implicancias estratégicas organizadas en seis ejes. Para cada implicancia se identifica la dirección evolutiva más probable y, cuando resulta relevante, una dirección alternativa que la tendencia podría tomar. El detalle de variables críticas a monitorear por cada eje, se presenta en el Anexo 11.

### EJE I. Estructura del empleo industrial

La incorporación de robótica colaborativa y plataformas digitales de gestión transforma aceleradamente el contenido de las ocupaciones operativas. Si los instrumentos formativos no logran acompañar la recalificación, el resultado es una brecha de competencias que se instala como déficit estructural, limitando la productividad y dificultando la reinserción de los trabajadores desplazados de tareas rutinarias.

El empleo industrial tiende además a **polarizarse** entre un núcleo técnico calificado con alta demanda y buenos salarios, y una periferia de tareas rutinarias en riesgo de desplazamiento —particularmente aguda en producción, logística interna y control de calidad—. La integración regional del escenario de Transformación, o la licencia social para automatizar del escenario de Disciplina, podrían atenuar esta polarización si se traducen en políticas efectivas de formación y reconversión.

### EJE II. Formación, reconversión y trayectorias laborales

La formación continua en planta pasa a ser condición de supervivencia competitiva, no un costo accesorio: en todos los escenarios de no colapso, las empresas con programas sistemáticos de formación mantienen o mejoran su competitividad por disponer de talento.

La **certificación nacional de competencias** es una condición habilitante para la portabilidad laboral y la confianza empresarial en la fuerza de trabajo contratada; el Pasaporte de Habilidades de OIT/CINTERFOR, del cual INEFOP ya forma parte, ofrece un marco de referencia disponible.

Los **trabajadores mayores de 45 años en tareas rutinarias** constituyen el grupo de mayor vulnerabilidad ante la transformación: representan un pasivo de reconversión costoso que las empresas tienden a evitar mediante rotación hacia perfiles jóvenes, y los acuerdos de reconversión deben contemplarlos específicamente.

### EJE III. Competitividad de la PyME manufacturera

La brecha tecnológica entre la gran empresa y la PyME de mercado interno es la **principal tensión estructural del sistema industrial**, con expresión no solo económica sino también en las condiciones de trabajo y el acceso a programas de reconversión.

Si los modelos de acceso compartido a tecnología —*Robotics as a Service*, consorcios, plataformas sectoriales de cumplimiento— se consolidan, la brecha puede reducirse sin requerir las inversiones propias de la gran empresa; este es el supuesto que sostiene al escenario de Transformación. El cumplimiento de exigencias ambientales y de trazabilidad —ESPR, CSDDD<sup>8</sup>, PDP— es una barrera de acceso a mercados que la PyME no puede afrontar individualmente, y requiere mecanismos colectivos de certificación compartida.

La manufactura flexible, por su menor dependencia de grandes inversiones en automatización, constituye además una estrategia de adaptación particularmente relevante para el tejido PyME uruguayo.

### EJE IV. Inserción internacional y posicionamiento regional

La trazabilidad digital se convierte en el nuevo pasaporte de acceso a mercados de mayor valor: las empresas que no puedan demostrarla quedarán excluidas de esos mercados.

La integración productiva regional representa una oportunidad estratégica de gran potencial, pero su viabilidad depende de que Uruguay identifique eslabones donde pueda competir con ventajas diferenciales —calidad, especialización, confiabilidad— frente a economías de mayor escala.

---

<sup>8</sup>. ESPR: Ecodesign for Sustainable Products Regulation (Reglamento sobre el Diseño Ecológico de Productos Sostenibles); CSDDD: Corporate Sustainability Due Diligence Directive (Directiva de Diligencia Debida de Sostenibilidad Corporativa)



La volatilidad de costos de insumos y energéticos (T06) es, de todas las tendencias analizadas, la de mayor capacidad de interrumpir en el corto plazo procesos de transformación con horizontes de inversión de mediano y largo plazo; la ventaja estructural de Uruguay en energía renovable mitiga parcialmente este riesgo, pero no en insumos importados y costos logísticos.

## EJE V. Rol del Estado, política industrial y diálogo tripartito

La capacidad del sistema tripartito —CIU, PIT-CNT, Estado— de producir acuerdos sobre la introducción de tecnología, los planes de reconversión y la potencial distribución de los beneficios de la automatización es el **principal factor de estabilidad institucional** del sistema industrial uruguayo hacia 2035.

La transformación tecnológica requiere ampliar el objeto tradicional del diálogo social —centrado históricamente en la negociación salarial— para incorporar cláusulas de reconversión, protocolos de introducción de tecnología y mecanismos de monitoreo del impacto laboral como contenido ordinario de los convenios colectivos.

Los instrumentos de apoyo a los que pueden acceder las empresas industriales para su transformación actualmente —por ejemplo, créditos ANDE, incentivos MIEM, proyectos COMAP y fondos ANII— no son específicos para el sector manufacturero y tienden a ser mejor aprovechados por empresas con capacidad de gestión y que acceden a información sobre las oportunidades.

El antecedente del Programa de Desarrollo de Proveedores Nacionales de UPM, ejecutado por ANDE, ofrece una referencia de instrumento diferenciado cuya escalabilidad al conjunto del tejido industrial debería evaluarse. La regulación sobre inteligencia artificial y datos industriales enfrenta una ventana de definición institucional estrecha: postergar esas decisiones equivale a una decisión por omisión, con costos de reversión más altos que los de actuar con anticipación.

## EJE VI. Sostenibilidad ambiental como condición de competitividad

La economía circular deja de ser una opción de imagen para convertirse en condición de acceso a mercados y a instrumentos públicos: las empresas que la integran

desde el diseño del proceso reducen costos operativos y acceden a beneficios que la exigen, mientras las que no lo hacen acumulan pasivos ambientales y pierden acceso a mercados.

Uruguay cuenta con una ventaja estructural genuina —más del 98% de la energía utilizada en el sector industrial proviene de fuentes renovables (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2026)—, que beneficia directamente a los procesos de automatización eléctrica impulsados por T04, T05 y T08. Sin embargo, la mayor parte de la huella de carbono industrial no está en los consumos eléctricos sino en los procesos térmicos —calderas, hornos, secado—, que siguen dependiendo de derivados del petróleo y cuya electrificación requiere inversiones de otra escala y horizonte de retorno.

## 13. Análisis de implicancias sobre cinco procesos seleccionados

El estudio profundizó el análisis de implicancias sobre cinco procesos acordados con el equipo técnico de País Industrial por su criticidad —compras y abastecimiento, gestión de la producción, producción, mantenimiento industrial y gestión de personas y SSO—, distinguiendo el comportamiento de empresas exportadoras y PyMEs de mercado interno cuando esa diferencia resulta relevante.

En **compras y abastecimiento**, la vulnerabilidad de la PyME ante la volatilidad de insumos no es solo financiera sino relacional: al depender de pocos proveedores sin mecanismos de cobertura, un quiebre puntual puede paralizar el abastecimiento completo. Instrumentos de cobertura de riesgo diseñados para la escala PyME —crédito contingente, compras consorciadas, fondos de estabilización sectorial— podrían atenuar esta dependencia. En **gestión de la producción**, la capacidad de replanificar en tiempo real dejará de ser una ventaja exclusiva de la gran empresa para convertirse progresivamente en un requisito de competitividad; herramientas de planificación de bajo costo, adaptadas a la escala PyME, podrían reducir significativamente la brecha de anticipación sin exigir la complejidad organizacional de la gran empresa.

En **producción**, la transformación debe abordarse como una cuestión de capacidades productivas —integración de automatización, conectividad y flexibilidad operativa— y no solo de incorporación de equipamiento, lo que hace estratégico fortalecer ecosistemas de innovación y manufactura avanzada con acceso compartido a infraestructura y servicios especializados. En **mantenimiento industrial** —el proceso que concentra la mayor transformación de contenido ocupacional y la mayor escasez proyectada de perfiles, con el técnico de mantenimiento 4.0 como el perfil más demandado y menos disponible del sector—, existen alternativas de adopción gradual de bajo costo para la PyME: instrumentación portátil básica, sensores inalámbricos de bajo costo, plataformas cloud tipo suscripción y mantenimiento predictivo como servicio, todas ellas con antecedentes de aplicación internacional documentados.

En **gestión de personas y SSO**, la efectividad de las cláusulas de reconversión de los convenios colectivos depende de que exista, en cada empresa, una función de gestión de personas con capacidad real de planificación —algo habitual en el núcleo

exportador pero infrecuente en la PyME, donde suele ser una tarea más a cargo del propietario—; esquemas de gestión de personas como servicio compartido podrían suplir esa carencia. La convivencia física entre operarios y cobots, además, exige protocolos específicos de convivencia humano-robot (normas ISO 10218 e ISO/TS 15066) y formación previa a la puesta en marcha.

El análisis conjunto confirma que, en prácticamente todos los procesos, la brecha entre segmentos empresariales no radica únicamente en el acceso a tecnología, sino en la **capacidad de integrarla en modelos de gestión predictivos y flexibles**. Existen alternativas de adopción gradual —soluciones modulares, servicios compartidos, tecnología de menor costo— que permiten a la PyME capturar parte de los beneficios de la transformación sin replicar la escala de inversión de la gran empresa; su disponibilidad efectiva en el mercado uruguayo, o su desarrollo mediante política pública, es la variable que determina si esa captura ocurre.

El detalle de variables críticas a monitorear por cada proceso, se presenta en el Anexo 11.

## 14. Conclusiones

El ejercicio prospectivo sobre las tendencias en temas tecnológico-productivos, de sostenibilidad y normativo-regulatorios, y el análisis de sus implicancias a nivel de la industria nacional, desarrollados en este trabajo, permiten cerrar el estudio con siete conclusiones que articulan los escenarios, las implicancias estratégicas, y el análisis en profundidad de los procesos críticos, las ocupaciones y las competencias requeridas.

**1. La articulación tripartita es un mecanismo que permite al sistema conducir su propia transformación.** La tecnología, por sí sola, no distingue entre un futuro de crecimiento sostenido y uno de colapso: lo que marca esa diferencia es si el sistema cuenta con un mecanismo capaz de anticipar tensiones, distribuir beneficios y costos, y corregir el rumbo antes de que los desequilibrios se vuelvan irreversibles. Ese mecanismo es la articulación entre el Estado, el sector empresarial y el movimiento sindical que constituye el marco institucional de este proyecto.

**2. La dualidad entre el núcleo exportador y la PyME de mercado interno es el riesgo más persistente del sistema.** Aparece, sin excepción, en los cuatro escenarios: un núcleo integrado a cadenas internacionales que accede a tecnología, financiamiento y capacidad de negociación, frente a un tejido de pequeñas y medianas empresas que enfrenta mayores dificultades para sostener ese ritmo. Esta dualidad no es solo económica: se traduce en condiciones de trabajo desiguales y en distinta capacidad de acceso a programas de reconversión.

**3. La formación profesional es uno de los desafíos para la cohesión del sistema.** La brecha más amplia se concentra en el nivel operativo manual y técnico de primera línea —el segmento que emplea al mayor número de trabajadores—, mientras la escasez más crítica se ubica en los perfiles técnico-profesionales emergentes que el país aún no forma en número suficiente.

La OIT/CINTERFOR y la CEPAL documentan de manera consistente que los sistemas de formación técnico-profesional de América Latina enfrentan dificultades estructurales para actualizar su oferta al ritmo de la transformación digital del mercado laboral (OIT/CINTERFOR, 2017; Esper & Trucco, 2025), lo que traslada a las empresas la responsabilidad de la recalificación de sus trabajadores.

La evidencia internacional confirma que los sistemas de formación más efectivos comparten financiamiento sostenido, portabilidad de la certificación y gobernanza tripartita; el marco CIU-ICUDU-INEFOP constituye una base ya disponible para avanzar en esa dirección.

#### **4. La convergencia tecnológica concentra oportunidades y riesgos en el núcleo físico-operativo.**

La integración de IIoT, decisión algorítmica, automatización física y trazabilidad —la fábrica inteligente— no avanza de manera uniforme, sino que se concentra en producción, mantenimiento industrial y logística, lo que orienta dónde deben priorizarse los instrumentos de política industrial y formación, y advierte sobre un riesgo sistémico nuevo: la propagación de fallas entre componentes interconectados, que exige incorporar la ciberseguridad como capacidad de gestión.

#### **5. Existen alternativas de adopción gradual que no requieren replicar el modelo de la gran empresa.**

Tecnología como servicio, instrumentación básica de bajo costo, mantenimiento predictivo compartido y plataformas sectoriales de cumplimiento están documentadas internacionalmente. Su disponibilidad efectiva en el mercado uruguayo —o su desarrollo mediante política pública— es la variable que determina si las PyMEs pueden capturar parte de los beneficios de la transformación.

#### **6. La sostenibilidad ambiental es condición de acceso a los mercados de mayor valor.**

La trazabilidad digital y el cumplimiento de estándares ambientales ya no operan como atributos de diferenciación, sino como requisitos básicos de acceso. La ventaja estructural de Uruguay en energía renovable mitiga esta presión en los procesos eléctricos, pero no en los procesos térmicos, donde la electrificación requiere inversiones de otra escala.

#### **7. Existe una oportunidad para la definición regulatoria e institucional sobre el uso de la IA.**

En la regulación de IA y datos laborales existe una oportunidad de definir reglas antes de que la adopción tecnológica se masifique y que los mercados internacionales comiencen a definir exigencias. La regulación retroactiva suele ser más costosa.

### **Conclusión de cierre**

La transformación tecnológica del sistema manufacturero uruguayo va a seguir avanzando independientemente de la voluntad de los actores locales, impulsada por la presión de los mercados internacionales y por los propios proveedores de tecnología y equipamiento industrial. La verdadera disyuntiva que enfrenta el país es cómo gestionar esa evolución y sus impactos. El diálogo tripartito entre el Estado, la Cámara de Industrias del Uruguay y el movimiento sindical es una de las variables clave para gestionar los riesgos y aprovechar las oportunidades de este proceso de transformación. Entre las cuatro trayectorias exploradas, la de Transformación ofrece el mayor potencial de crecimiento con inclusión en el largo plazo, condicionado a una disposición cultural y una institucionalidad regional que hoy aún no están consolidadas. Las implicancias identificadas en este informe ofrecen insumos para orientar la acción de los actores que participan de la gobernanza del sistema.

# Bibliografía

Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. En O. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics*, 4B, 1043–1171. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5)

Barafani, M., Barral Verna, Á., Basco, A., Queijo, V., & Pietrafesa, F. (2020). *Travesía 4.0: Hacia la adopción tecnológica uruguaya* (Nota técnica del BID N.º 1854). Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0002794>

Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. BID. <https://doi.org/10.18235/0001229>

Comité Europeo de Normalización. (2019). *e-Competence Framework (e-CF) - Part 1: Framework* (Norma Europea EN 16234-1:2019). <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/escopedia/escopedia/european-e-competence-framework-e-cf>

Dator, J. (2009). Alternative futures at the Manoa School. *Journal of Futures Studies*, 14(2), 1–18.

Esper, T., & Trucco, D. (2025). Educación y formación técnico-profesional en América Latina en el marco de la digitalización (Documentos de Proyectos, LC/TS.2025/98). CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/81735>

Lalanne, A. (2021). La inserción internacional del Uruguay desde la perspectiva de las cadenas de valor: insumos para la política. (Serie Estudios y Perspectivas, N° 51). CEPAL.

Lorenzo, F., Berretta, N., Laens, S., Perelmuter, N., Osimani, R., Paolino, C., & Pessano, O. (2005). *Política industrial y de la inversión en Uruguay*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Centro de Investigaciones Económicas (CINVE). <https://doi.org/10.18235/0010148>

Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2026, 16 de abril). Balance energético preliminar 2025. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/datos/balance-energetico-preliminar-2025>

Nutz, N., & Sievers, M. (2016). *Guía general para el desarrollo de cadenas de valor: Cómo crear empleo y mejores condiciones de trabajo en sectores objetivos*. Organización Internacional del Trabajo.

Organización Internacional del Trabajo (2012). *Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08)*. OIT.

Organización Internacional del Trabajo (2017, 3 de octubre). OIT: Innovar la formación profesional para hacer frente al futuro del trabajo. <https://www.ilo.org/es/resource/news/oit-innovar-la-formacion-profesional-para-hacer-frente-al-futuro-del>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019). *OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work*. OCDE.

Pennings, A. J. (2024, 13 de marzo). Four futures and the S-curve. <https://apennings.com/political-economies-in-sf/jim-dators-four-futures-and-the-s-curve/>

U.S. Department of Labor, Employment and Training Administration. (2026). *ONET® Database (Version 30.3)* [Data set]. National Center for ONET Development. <https://www.onetcenter.org/database.html>

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens*. Comisión Europea, Joint Research Centre.

World Economic Forum (2025). *Future of Jobs Report 2025*. WEF.



# Anexo 1. Nota metodológica ampliada

## A1.1. Escaneo de horizontes (Fase 1)

Para ampliar la base de tendencias e incertidumbres identificadas en el curso-taller de la Fase 0, se aplicó un escaneo de horizontes (horizon scanning), una metodología de prospectiva utilizada para detectar sistemáticamente los primeros indicios de tendencias emergentes, riesgos y cambios disruptivos, y para obtener información preliminar sobre el grado de madurez global de cada una y sobre sus impactos preliminares en las ocupaciones y las tareas. La búsqueda se guió por cuatro criterios: incluir señales débiles y no sólo tendencias ya maduras; prestar atención a la transformación de tareas, no solo de ocupaciones completas; combinar señales de naturaleza tecnológica, normativo-regulatoria, social y laboral; y buscar convergencias entre tendencias. Estos criterios se aplicaron a cinco de los seis factores clave del análisis PESTAL (tecnología, exigencias ambientales, geopolítica y alineamientos comerciales, economía, y social y cultural) para cada uno de los procesos transversales seleccionados, agregando mantenimiento industrial y control de calidad como subprocesos de análisis específico, dado que involucran tecnologías y habilidades distintivas. Los resultados de este relevamiento constituyeron el insumo directo para la etapa de priorización de tendencias descrita en la sección siguiente.

## A1.2. Marco de estimación de riesgo ocupacional (Fase 2)

Para cada ocupación relevante dentro de cada proceso transversal se estimó el porcentaje aproximado de tareas potencialmente expuestas a transformación, distinguiendo cuatro dimensiones: automatización (tareas ejecutables por sistemas robotizados o algorítmicos sin intervención humana), digitalización de funciones (tareas que permanecen en manos humanas pero cambian de soporte), complementariedad humano-tecnológica (la tecnología amplifica sin sustituir el criterio humano) y reconfiguración del rol ocupacional (el conjunto de tareas se modifica tan profundamente que exige reconversión significativa) (cf. Acemoglu & Autor, 2011). La clasificación de riesgo emplea tres niveles: alto (más del 60% de los cometidos del puesto expuestos), medio (entre 30% y 60%) y bajo (menos del 30%). La estimación es de naturaleza cualitativa, apoyada en literatura internacional sobre automatización por tareas (OCDE, 2019; WEF, 2025) y en la tabla de procesos, subprocesos, ocupaciones y cometidos construida para el proyecto a partir de CIUO-08 (OIT) y O\*NET (Departamento de Trabajo de EE. UU.).

### A1.3. Marco de escenarios (Fase 3)

Los cuatro escenarios siguen el marco de los Cuatro Futuros Genéricos de Jim Dator (2009) —Crecimiento, Colapso, Disciplina y Transformación—, adaptado por el equipo consultor incorporando como elemento transformador central, para una economía en desarrollo como la uruguaya, el cambio de paradigma cultural que redefine la unidad de competencia (de la empresa o el país aislado a la cadena de valor regional), en lugar de la velocidad de adopción tecnológica que el marco original de Dator enfatiza.

Cada escenario se desarrolla a través de siete dimensiones —tecnología, política pública nacional, economía, geopolítica y alineamientos comerciales, exigencias ambientales, dimensión social y cultural, y articulación tripartita— y se acompaña de una “señal estructural” que identifica la condición cuya evolución determina si el sistema se mantiene en esa trayectoria o deriva hacia otra.

### A1.4. Limitaciones metodológicas

- La escasa representatividad estadística de las encuestas —especialmente en el segmento empresarial— obliga a tratar sus resultados como insumos cualitativos, no como generalizaciones cuantitativas del universo industrial uruguayo.
- La caracterización del estado actual de los procesos industriales locales se apoya en fuentes hasta 2021 y en percepciones de actores, sin un relevamiento censal reciente específico del sector.
- Algunas tendencias emergentes —en particular las regulaciones sobre IA y vigilancia digital— presentan baja madurez, por lo que su evolución futura conlleva mayor incertidumbre que las tendencias tecnológicas de adopción más consolidada.
- Los escenarios prospectivos son narrativas exploratorias construidas para apoyar la identificación de implicancias estratégicas ante la incertidumbre, no proyecciones probabilísticas ni predicciones puntuales.
- Las estimaciones de riesgo ocupacional son cualitativas y a nivel de grupo ocupacional (CIUO-08), no de puesto de trabajo individual ni de empresa específica.



## Anexo 2. Procesos transversales y subprocesos relevantes de la industria manufacturera

| Proceso transversal                      | Definición                                                                                                                                                                                                                                    | Subprocesos                                                                                                                         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Compras y abastecimiento</b>          | Proceso estratégico y operativo orientado a asegurar la disponibilidad oportuna de materias primas, insumos y servicios tercerizados, garantizando calidad, costo competitivo y cumplimiento de requisitos técnicos, legales y contractuales. | Selección de proveedores / Gestión de contratos / Adquisición                                                                       |
| <b>Logística de entrada</b>              | Proceso operativo que gestiona el flujo de ingreso de materias primas, insumos y materiales desde su recepción hasta su disponibilidad para producción, asegurando calidad, trazabilidad, control de inventario y eficiencia del depósito.    | Recepción / Inspección<br>Gestión de inventario<br>Gestión de depósito                                                              |
| <b>Gestión de la producción</b>          | Proceso central de la operación industrial orientado a planificar, ejecutar, controlar y optimizar la producción, asegurando volúmenes, tiempos, calidad y eficiencia operativa.                                                              | Planificación de la producción / Planificación del mantenimiento / Control de producción                                            |
| <b>Producción</b>                        | Proceso operativo mediante el cual se transforman materias primas e insumos en productos terminados, cumpliendo especificaciones técnicas, estándares de calidad y eficiencia.                                                                | Operación de maquinaria y automatismos / Ejecución del mantenimiento industrial / Limpieza / Control de calidad / Embalaje primario |
| <b>Logística de salida</b>               | Proceso que gestiona el flujo de productos terminados desde su almacenamiento hasta la entrega al cliente final, cumpliendo estándares de calidad, tiempos de entrega y condiciones comerciales.                                              | Almacenamiento / Gestión de pedidos (picking) / Embalaje secundario y terciario / Envío y seguimiento                               |
| <b>Gestión de residuos</b>               | Proceso transversal orientado a identificar, clasificar, gestionar y valorizar los residuos generados en la operación, minimizando su impacto ambiental y económico y promoviendo la economía circular.                                       | Gestión de residuos de producción / Gestión de residuos de logística / Gestión de residuos posventa                                 |
| <b>Gestión de personas y SSO</b>         | Proceso transversal orientado a gestionar el capital humano y las condiciones de trabajo, potenciando el desempeño organizacional y el bienestar de las personas.                                                                             | Gestión del talento / Seguridad y salud ocupacional / Comunicación interna                                                          |
| <b>Gestión integral del cumplimiento</b> | Aseguramiento del cumplimiento de la normativa aplicable a la operación industrial.                                                                                                                                                           | Análisis de riesgos / Políticas internas / Monitoreo y auditoría / Canales de denuncia / Corrección                                 |

| Subproceso relevante            | Definición                                                                                                | Actividades                                                                                          |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mantenimiento industrial</b> | Aseguramiento de la disponibilidad y confiabilidad de equipos y sistemas productivos.                     | Ejecución de actividades preventivas, predictivas y correctivas sobre equipos / Gestión de repuestos |
| <b>Control de calidad</b>       | Verificación sistemática del cumplimiento de especificaciones técnicas a lo largo del proceso productivo. | Controles en línea y en proceso / Toma de muestras y ensayos / Gestión de acciones correctivas       |

## Anexo 3. Base ampliada de tendencias identificadas mediante horizon scanning

**Tecnológicas:** Digitalización e integración de sistemas (ERP, MES, WMS, CMMS<sup>9</sup>) · Monitoreo y control en tiempo real (IIoT, sensores, sistemas ciberfísicos) · IA y analítica predictiva · Sistemas parcialmente autónomos · Gemelos digitales y simulación · Automatización y robotización de procesos físicos (AGV, AMR, cobots) · Realidad aumentada y asistencia digital al operario · Trazabilidad digital (RFID, *blockchain*) · Plataformas digitales de capacitación y realidad virtual para formación · Analítica de personas y *wearables* para seguridad y gestión laboral · Manufactura flexible y reconfiguración dinámica de procesos.

**Normativas y regulatorias:** Compras sostenibles, trazabilidad ESG<sup>10</sup> y debida diligencia · Economía circular, valorización de residuos y simbiosis industrial · Responsabilidad extendida del productor (REP) y pasaporte digital de producto · Presión por eficiencia energética y sostenibilidad operativa · Regulaciones emergentes sobre IA, datos y vigilancia digital.

**Económicas y geopolíticas:** Regionalización, *nearshoring* y resiliencia de cadenas de suministro · Volatilidad e incertidumbre en mercados de insumos y costos logísticos · Fragmentación geoeconómica y criterios político-comerciales en el abastecimiento · Exposición a riesgos reputacionales y de *compliance* global.

**Sociales y demográficas:** Cambios generacionales en expectativas laborales y salud mental · Envejecimiento de la fuerza laboral · Diversidad e inclusión como dimensión ESG y tensiones sobre vigilancia digital.

<sup>9</sup>. ERP: Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales); MES: Manufacturing Execution System (Sistema de Ejecución de Manufactura); WMS: Sistema de gestión de almacenes (Warehouse Management System); CMMS: Computerized Maintenance Management System (Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento)

<sup>10</sup>. ESG; Environmental, Social and Governance (Criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza)



## Anexo 4. Escala de calificación de los criterios de priorización de tendencias

### Criterio 1. Impacto en procesos productivos (peso 20%)

| Puntuación | Descripción                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Impacto marginal: afecta a un proceso de baja criticidad sin cambios significativos en su flujo o resultados.                                                                                                                                   |
| 2          | Impacto bajo: afecta a procesos de criticidad baja y algún proceso de criticidad media con ajustes menores (ej. modificación de una tarea puntual, sin rediseño estructural).                                                                   |
| 3          | Impacto medio: afecta a varios procesos de criticidad media y algún proceso de criticidad alta, pero la transformación es parcial; algunos pasos se digitalizan, automatizan o reorganizan sin cambiar el funcionamiento de la cadena de valor. |
| 4          | Impacto alto: afecta a uno o más procesos de criticidad alta con cambios sustanciales en algún eslabón de la cadena de valor (ej. reingeniería de al menos un proceso principal).                                                               |
| 5          | Transformación radical de múltiples procesos de criticidad alta, redefiniendo flujos, roles y sistemas de gestión de forma integral.                                                                                                            |

## Criterio 2. Impacto en el empleo (peso 25%)

| Puntuación | Descripción                                                                                                                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Nulo riesgo: no se prevé afectación a los perfiles ocupacionales actuales; la tendencia no modifica tareas ni competencias.                                     |
| 2          | Riesgo bajo: algunos puestos muy específicos podrían requerir ajustes menores (ej. actualización de software, nuevo protocolo sencillo).                        |
| 3          | Riesgo medio: ciertos perfiles necesitan reconversión parcial (ej. nuevos conocimientos tecnológicos, certificaciones adicionales, sin obsolescencia completa). |
| 4          | Riesgo alto: varios perfiles tienen probabilidad significativa de desplazamiento; se anticipa necesidad de reemplazo o reconversión profunda de competencias.   |
| 5          | Alto riesgo de obsolescencia de perfiles actuales; la tendencia elimina ocupaciones enteras, exigiendo reemplazo masivo o rediseño total de plantillas.         |

## Criterio 3. Madurez de la tendencia (peso 15%)

| Puntuación | Descripción                                                                                                                                                                         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Evidencia anecdótica o conceptual: se detectan señales débiles en investigación o mercados muy incipientes.                                                                         |
| 2          | Eventos repetidos en entornos acotados (empresas o clústers de empresas); aún no puede preverse su evolución con certeza.                                                           |
| 3          | Opera en entornos múltiples con alcance sectorial o territorial medio (presente en algunos sectores de actividad y países); muestra consistencia y es reconocida por actores clave. |
| 4          | Tendencia madura: consenso extendido sobre su influencia en amplios sectores y regiones conformadas por varios países; baja incertidumbre sobre su evolución.                       |
| 5          | Situación consolidada: influencia general a nivel mundial, con prácticas estandarizadas y alta previsibilidad.                                                                      |

#### Criterio 4. Presión externa o regulatoria (peso 15%)

| Puntuación | Descripción                                                                                                                                                                     |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | La tendencia no genera exigencias exógenas; las organizaciones pueden responder a ella de manera voluntaria, sin presiones de clientes, mercados internacionales o normativas.  |
| 2          | Presión baja: aparecen recomendaciones, guías no vinculantes o señales tempranas de futuros requisitos (ej. borradores de normas, declaraciones de intención).                  |
| 3          | Presión media: exigencias incipientes de algunos clientes clave o normativas locales/regionales; el incumplimiento genera desventajas competitivas moderadas.                   |
| 4          | Presión alta: exigencias extendidas de mercados internacionales o regulaciones próximas con plazos definidos; el incumplimiento afecta significativamente el acceso a mercados. |
| 5          | Presión ineludible: normativas vigentes y fiscalizadas, condiciones geopolíticas o contractuales que obligan a la adopción inmediata; no hay margen de maniobra.                |

#### Criterio 5. Esfuerzo de reconversión empresarial (peso 25%)

| Puntuación | Descripción                                                                                                                                                                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Exigencia muy baja: inversión mínima (ej. horas de formación básica, actualización de documentación); las capacidades organizacionales existentes son suficientes.                                                   |
| 2          | Exigencia baja: inversión modesta (ej. adquisición de licencias, adecuación tecnológica simple); pequeñas adaptaciones en la estructura o procesos internos.                                                         |
| 3          | Exigencia media: inversión significativa (ej. nueva maquinaria, software especializado); desarrollo parcial de nuevas competencias en algunos equipos; algunas adaptaciones a cambios normativos.                    |
| 4          | Exigencia alta: inversión elevada (ej. rediseño de planta, integración de sistemas complejos); se requieren nuevas capacidades organizacionales en múltiples áreas; adaptación a la normativa con costos relevantes. |
| 5          | Exigencia muy alta: inversión masiva (ej. reemplazo tecnológico completo, cierre y apertura de líneas); nuevas competencias esenciales para la operación; adaptación profunda a cambios normativos estructurales.    |

## Anexo 5. Matriz multicriterio de priorización de tendencias

Escala 1 (mínimo) a 5 (máximo) por criterio. C1: impacto en procesos (20%) · C2: impacto en el empleo (25%) · C3: madurez de la tendencia (15%) · C4: presión externa o regulatoria (15%) · C5: esfuerzo de reconversión empresarial (25%).

### Puntajes de priorización por tendencia

| Tendencia                                                   | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | Puntaje ponderado |
|-------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|-------------------|
| Manufactura flexible y reconfiguración dinámica             | 4  | 4  | 2  | 3  | 4  | 3,6               |
| Regionalización, nearshoring y resiliencia de cadenas       | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3,5               |
| Sistemas parcialmente autónomos                             | 4  | 4  | 2  | 1  | 4  | 3,3               |
| Automatización y robotización de procesos físicos           | 4  | 4  | 4  | 1  | 3  | 3,3               |
| Exposición a riesgos reputacionales y de compliance         | 3  | 2  | 4  | 5  | 3  | 3,2               |
| Monitoreo y control en tiempo real (IIoT)                   | 4  | 3  | 4  | 1  | 3  | 3,1               |
| Trazabilidad digital (RFID, blockchain, PDP)                | 3  | 2  | 4  | 4  | 3  | 3,1               |
| Volatilidad de mercados de insumos y costos logísticos      | 3  | 2  | 3  | 5  | 3  | 3,1               |
| Digitalización e integración de sistemas                    | 3  | 3  | 4  | 2  | 3  | 3,0               |
| Economía circular y valorización de residuos                | 2  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3,0               |
| Fragmentación geoeconómica y criterios político-comerciales | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | 2,9               |

| Tendencia                                                 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | Puntaje ponderado                                                        |
|-----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|--------------------------------------------------------------------------|
| Cambios de expectativas laborales / salud mental          | 2  | 1  | 5  | 5  | 3  | <b>2,9</b>                                                               |
| Envejecimiento de la fuerza laboral                       | 2  | 1  | 5  | 5  | 3  | <b>2,9</b>                                                               |
| Compras sostenibles, trazabilidad ESG y debida diligencia | 3  | 2  | 3  | 4  | 3  | <b>2,9</b>                                                               |
| Presión por eficiencia energética y sostenibilidad        | 3  | 1  | 5  | 3  | 3  | <b>2,8</b>                                                               |
| IA y analítica predictiva                                 | 3  | 3  | 3  | 1  | 3  | <b>2,7</b>                                                               |
| Responsabilidad extendida del productor (REP)             | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | <b>2,6</b>                                                               |
| Diversidad e inclusión / vigilancia digital               | 2  | 1  | 3  | 4  | 3  | <b>2,5</b>                                                               |
| Gemelos digitales y simulación                            | 3  | 2  | 3  | 1  | 3  | <b>2,5</b>                                                               |
| <b>Regulaciones emergentes sobre IA y datos</b>           | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | <b>2,4</b><br>(tendencia a monitorear, seleccionada por presión externa) |
| Analítica de personas y wearables                         | 1  | 2  | 2  | 4  | 3  | <b>2,4</b>                                                               |
| Realidad aumentada y asistencia digital al operario       | 3  | 2  | 3  | 1  | 2  | <b>2,2</b>                                                               |
| Plataformas digitales de capacitación / RV para formación | 1  | 1  | 3  | 1  | 3  | <b>1,8</b>                                                               |

**Nota:** las nueve tendencias en negrita son las seleccionadas para el análisis en profundidad (cuartil superior de puntaje, más la tendencia emergente Regulaciones emergentes sobre IA y datos, seleccionada por su alta presión externa).

## Anexo 6. Matrices de impacto de las tendencias sobre los procesos transversales

**Niveles:**

- ALTO** Impacto directo y significativo.
- BAJO** Impacto marginal o tangencial.
- MEDIO** Impacto parcial o indirecto relevante.
- NULO** Sin impacto identificado.
- Proceso no afectado.

Tabla A6.1. Matriz de impacto actual (0–2 años)

| Proceso                                  | T01   | T02   | T03   | T04   | T05   | T06   | T07   | T08   | T09   |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Compras y abastecimiento                 | MEDIO | BAJO  | ALTO  | —     | MEDIO | ALTO  | MEDIO | —     | BAJO  |
| Gestión de la producción y planificación | —     | ALTO  | MEDIO | BAJO  | ALTO  | MEDIO | —     | MEDIO | —     |
| Producción                               | NULO  | ALTO  | BAJO  | ALTO  | MEDIO | BAJO  | BAJO  | ALTO  | BAJO  |
| Logística de salida                      | NULO  | BAJO  | MEDIO | ALTO  | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | BAJO  |
| Mantenimiento industrial                 | —     | MEDIO | —     | MEDIO | MEDIO | —     | —     | ALTO  | —     |
| Gestión de personas y SSO                | BAJO  | MEDIO | BAJO  | MEDIO | BAJO  | NULO  | —     | MEDIO | MEDIO |
| Control de calidad                       | BAJO  | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | —     | MEDIO | ALTO  | —     |
| Gestión de residuos                      | —     | —     | —     | MEDIO | —     | —     | BAJO  | BAJO  | —     |
| Logística de entrada                     | BAJO  | MEDIO | ALTO  | ALTO  | MEDIO | ALTO  | ALTO  | ALTO  | BAJO  |
| Gestión de cumplimiento                  | ALTO  | —     | BAJO  | —     | BAJO  | —     | MEDIO | —     | MEDIO |



Tabla A6.1. Matriz de impacto proyectado (3-5 años)

| Proceso                                  | T01   | T02   | T03   | T04   | T05   | T06   | T07   | T08   | T09   |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Compras y abastecimiento                 | ALTO  | BAJO  | ALTO  | —     | ALTO  | ALTO  | ALTO  | —     | MEDIO |
| Gestión de la producción y planificación | —     | ALTO  | ALTO  | MEDIO | ALTO  | ALTO  | —     | ALTO  | —     |
| Producción                               | BAJO  | ALTO  | MEDIO | ALTO  | ALTO  | MEDIO | MEDIO | ALTO  | MEDIO |
| Logística de salida                      | BAJO  | MEDIO | MEDIO | ALTO  | ALTO  | MEDIO | MEDIO | MEDIO | BAJO  |
| Mantenimiento industrial                 | —     | ALTO  | —     | ALTO  | ALTO  | —     | —     | ALTO  | —     |
| Gestión de personas y SSO                | MEDIO | ALTO  | MEDIO | MEDIO | MEDIO | BAJO  | —     | MEDIO | ALTO  |
| Control de calidad                       | BAJO  | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | —     | MEDIO | ALTO  | —     |
| Gestión de residuos                      | —     | —     | —     | ALTO  | —     | —     | MEDIO | MEDIO | —     |
| Logística de entrada                     | MEDIO | ALTO  | ALTO  | ALTO  | ALTO  | ALTO  | ALTO  | ALTO  | BAJO  |
| Gestión de cumplimiento                  | ALTO  | —     | MEDIO | —     | MEDIO | —     | ALTO  | —     | ALTO  |

**Referencia de tendencias:** T01 Riesgos reputacionales y compliance · T02 Manufactura flexible · T03 Nearshoring y resiliencia de cadenas · T04 Automatización y robotización física · T05 Sistemas parcialmente autónomos · T06 Volatilidad de insumos y fletes · T07 Trazabilidad digital · T08 Monitoreo y control en tiempo real · T09 Regulaciones sobre IA y vigilancia digital.

## Anexo 7. Perfiles emergentes e híbridos de alta demanda proyectada

Perfiles emergentes e híbridos por proceso/área

| Perfil emergente                                                     | Principales tareas y competencias                                                                                                                                             | Proceso / área           | Tendencias           |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Técnico de robótica industrial                                       | Programa, opera y da mantenimiento a cobots, AMR y celdas robotizadas; combina mecánica, electrónica, programación y SSO colaborativa                                         | Producción               | <b>T04, T02</b>      |
| Operador de sistemas automatizados / supervisor de celda inteligente | Supervisa celdas con robots y sensores IIoT; gestión de excepciones e interpretación de dashboards en tiempo real                                                             | Producción               | <b>T04, T08, T05</b> |
| Técnico de visión artificial e inspección automática                 | Opera y calibra sistemas de visión para control de calidad en línea; óptica, software de imagen y estadística de proceso                                                      | Producción               | <b>T04, T08</b>      |
| Planificador de producción aumentado con IA / Digital Planner        | Gestiona plataformas de planificación asistida por IA; interpreta recomendaciones y decide ante escenarios complejos                                                          | Gestión de la producción | <b>T05, T08, T02</b> |
| Ingeniero de gemelos digitales                                       | Diseña y gestiona modelos digitales de sistemas productivos; modelado de simulación y programación                                                                            | Gestión de la producción | <b>T02, T08, T05</b> |
| Técnico de mantenimiento predictivo                                  | Gestiona modelos de ML para predicción de fallas; interpreta datos de sensores IIoT; integra órdenes preventivas en CMMS. Uno de los perfiles de mayor crecimiento proyectado | Mantenimiento            | <b>T08, T04</b>      |

**Referencia de tendencias:** T01 Riesgos reputacionales y compliance · T02 Manufactura flexible · T03 Nearshoring y resiliencia de cadenas · T04 Automatización y robotización física · T05 Sistemas parcialmente autónomos · T06 Volatilidad de insumos y fletes · T07 Trazabilidad digital · T08 Monitoreo y control en tiempo real · T09 Regulaciones sobre IA y vigilancia digital.



| Perfil emergente                                                    | Principales tareas y competencias                                                                                                                                                                                | Proceso / área                 | Tendencias           |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Analista de riesgo de cadena de suministro                          | Inteligencia de mercados de commodities, análisis geopolítico, modelado de escenarios y evaluación de riesgo de proveedores                                                                                      | Compras y abastecimiento       | <b>T03, T06, T01</b> |
| Especialista en trazabilidad digital y PDP                          | Implementa y mantiene el Pasaporte Digital de Producto, integra RFID/blockchain y gestiona datos de proveedores                                                                                                  | Compras y abastecimiento       | <b>T07, T01</b>      |
| Especialista en compras aumentado con IA                            | Supervisa y valida recomendaciones de sistemas de IA en órdenes de compra, selección de proveedores y optimización de inventarios                                                                                | Compras / Logística de entrada | <b>T05, T03</b>      |
| Oficial de cumplimiento de IA                                       | Gestiona el inventario de sistemas de IA de la empresa, verifica su clasificación de riesgo (EU AI Act) y coordina evaluaciones de impacto de datos (DPIA). Perfil sin antecedente en la industria manufacturera | Gestión del cumplimiento       | <b>T09, T05</b>      |
| Gestor de datos de ciclo de vida / PDP                              | Administra los flujos de datos que alimentan el Pasaporte Digital de Producto; conocimiento regulatorio (ESPR) y gestión de datos                                                                                | Gestión del cumplimiento       | <b>T07, T01</b>      |
| Especialista en reconversión y desarrollo de competencias digitales | Diseña e implementa programas de upskilling y reskilling; combina formación profesional con comprensión tecnológica                                                                                              | Gestión de personas            | <b>T02, T04, T08</b> |

*Implicancia estratégica:* la mayoría de estos perfiles no corresponde a carreras universitarias existentes ni a perfiles de formación técnica consolidados en Uruguay; su construcción requiere itinerarios formativos híbridos, un desafío institucional de primer orden para INEFOP y la oferta de formación continua de CIU e ICUDU.

**Referencia de tendencias:** T01 Riesgos reputacionales y compliance · T02 Manufactura flexible · T03 Nearshoring y resiliencia de cadenas · T04 Automatización y robotización física · T05 Sistemas parcialmente autónomos · T06 Volatilidad de insumos y fletes · T07 Trazabilidad digital · T08 Monitoreo y control en tiempo real · T09 Regulaciones sobre IA y vigilancia digital.

## Anexo 8. Mapa de brechas de competencias y urgencia formativa por proceso

| Proceso                   | Competencias con mayor brecha en Uruguay                                                                                                                                  | Urgencia | Tendencia               |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------|
| Producción                | Operación de cobots e interfaces HMI; lectura de dashboards SCADA; SSO en entornos colaborativos; diagnóstico básico de fallas; adaptación a líneas flexibles             | MUY ALTA | T04, T08, T02, T05      |
| Mantenimiento industrial  | Análisis predictivo con datos de sensores IIoT; interpretación de alertas; mantenimiento de sistemas robóticos; uso de CMMS integrados; diagnóstico con gemelos digitales | MUY ALTA | T08, T04, T05           |
| Gestión de la producción  | Gobernanza de sistemas de planificación automática (S&OP con IA); interpretación de recomendaciones predictivas; modelado de escenarios de disrupción                     | ALTA     | T05, T08, T02           |
| Compras y abastecimiento  | Análisis de riesgo geopolítico y de commodities; evaluación ESG y due diligence de proveedores (CSDDD); gestión de datos de trazabilidad PDP                              | ALTA     | T01, T03, T05, T06, T07 |
| Logística de entrada      | Gestión de sistemas WMS-RFID integrados; coordinación de AGV/AMR; verificación de trazabilidad digital en recepción                                                       | ALTA     | T04, T07, T08           |
| Logística de salida       | Supervisión de picking y paletizado robótico; verificación de integridad del PDP en expedición; gestión de excepciones automáticas                                        | ALTA     | T04, T05, T07           |
| Gestión de personas y SSO | Gobernanza de sistemas de IA en Recursos Humanos; SSO en entornos con wearables y monitoreo digital                                                                       | MEDIA    | T09, T05, T04, T08      |
| Gestión del cumplimiento  | Clasificación de riesgo de sistemas de IA (EU AI Act); auditoría de datos de trazabilidad PDP/ESPR; monitoreo de cadena de suministro ESG (CSDDD)                         | MEDIA    | T09, T01, T07, T03      |
| Gestión de residuos       | Operación de sistemas de clasificación automatizada (visión artificial); gestión de datos de ciclo de vida para PDP                                                       | BAJA     | T04, T07                |

**Referencia de tendencias:** T01 Riesgos reputacionales y compliance · T02 Manufactura flexible · T03 Nearshoring y resiliencia de cadenas · T04 Automatización y robotización física · T05 Sistemas parcialmente autónomos · T06 Volatilidad de insumos y fletes · T07 Trazabilidad digital · T08 Monitoreo y control en tiempo real · T09 Regulaciones sobre IA y vigilancia digital.

## Anexo 9. Competencias transversales comunes a todos los niveles ocupacionales

| Competencia transversal                  | Descripción y expresión en el contexto manufacturero                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Urgencia por nivel                                                               |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Aprendizaje continuo y autodirigido      | Capacidad de actualizarse en nuevas tecnologías y entornos de trabajo sin dependencia exclusiva de formación formal. En un contexto de transformación tecnológica acelerada, los ciclos de obsolescencia de competencias se acortan a 3-5 años. El WEF (2025) identifica esta competencia como la más crítica para la empleabilidad futura.                                                          | <b>Alta</b> en todos los niveles                                                 |
| Resolución de problemas complejos        | Capacidad de diagnóstico, análisis de causas raíz y decisión en situaciones no rutinarias. En entornos automatizados, los problemas rutinarios son gestionados por los sistemas; el valor humano reside en resolver lo que los sistemas no resuelven. O*NET la identifica como la competencia de mayor peso relativo en roles con alta exposición a automatización.                                  | <b>Alta</b> en niveles 2, 3, 4;<br><b>Media</b> en nivel 1                       |
| Adaptación al cambio tecnológico         | Disposición psicológica y conductual a trabajar en entornos productivos en transformación continua. Incluye la gestión de la incertidumbre, la apertura a nuevas formas de trabajo y la tolerancia a la curva de aprendizaje. La resistencia al cambio tecnológico en el nivel operativo es identificada por la literatura como el principal obstáculo no tecnológico a la adopción.                 | <b>Alta</b> en nivel 1;<br><b>Media-alta</b> en niveles 2 y 3                    |
| Trabajo colaborativo con tecnología      | Capacidad de trabajar eficazmente en sistemas hombre-máquina: comprender el rol complementario de la tecnología, calibrar la confianza en los sistemas automatizados, detectar errores del sistema y escalar adecuadamente. El WEF denomina a esta dimensión "Human-Technology Collaboration" y la sitúa entre las 10 competencias de mayor crecimiento de demanda hacia 2030.                       | <b>Alta</b> en niveles 1 y 2;<br><b>Media</b> en nivel 3                         |
| Comunicación funcional y reporte digital | Capacidad de comunicar información operativa, técnica o estratégica a través de medios digitales (plataformas de gestión, reportes, dashboards). En entornos de planta digitalizada, el registro en papel es progresivamente sustituido por interfaces digitales, lo que requiere competencias básicas de documentación digital.                                                                     | <b>Alta</b> en nivel 1;<br><b>Muy alta</b> en nivel 2;<br><b>Alta</b> en nivel 3 |
| Pensamiento crítico sobre sistemas de IA | Capacidad de evaluar críticamente los outputs de sistemas automáticos: detectar errores, sesgos o situaciones fuera del modelo entrenado. En un entorno donde los sistemas de IA toman decisiones en compras, planificación o RRHH, la supervisión humana inteligente —no la aceptación automática— es la competencia que el EU AI Act requiere explícitamente.                                      | <b>Media</b> en nivel 2; <b>Alta</b> en niveles 3 y 4                            |
| Conciencia ética y de derechos digitales | Comprensión de los derechos propios y de los trabajadores en entornos de monitoreo digital (wearables, cámaras IA, análisis de productividad): qué datos se recogen, quién los accede, qué decisiones toman. Relevante ante el despliegue del EU AI Act y las obligaciones de transparencia hacia los trabajadores. El MTSS y las organizaciones sindicales tienen un rol central en esta dimensión. | <b>Media</b> en todos los niveles;<br><b>Alta</b> en nivel 4 (gobernanza)        |

**Nivel 1:** Operativo manual (IUO-08 grupos 81, 82, 83, 75)

**Nivel 2:** Técnico de primera línea y supervisión operativa (CIUO-08 grupo 31)

**Nivel 3:** Profesional técnico-analítico (CIUO-08 grupos 21, 26, 72, 74)

**Nivel 4:** Dirección y gestión estratégica (CIUO-08 grupo 1)



## Anexo 10. Buenas prácticas internacionales de desarrollo de competencias

### Casos internacionales seleccionados y vía de adaptación posible al contexto uruguayo

| Caso                                                         | País/<br>region            | Instrumento central                                                                                                   | Vía de adaptación posible                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SkillsFuture Singapore (SSG)                                 | Singapur                   | Crédito individual de formación no caduco, ampliado desde los 40 años, canjeable en +25.000 cursos certificados       | Diseño de un voucher de formación individual portable gestionado por INEFOP                                 |
| Sistema dual ( <i>Berufsausbildung</i> )                     | Alemania                   | Actualización periódica de perfiles de oficio; gobernanza tripartita Estado-cámaras-sindicatos                        | Fortalecimiento de la gobernanza tripartita CIU-ICUDU-INEFOP en la definición de perfiles formativos        |
|                                                              | Alemania                   | Seguro de reducción de jornada vinculado a formación obligatoria en las horas no trabajadas                           | Vinculación del seguro de paro a formación técnica durante períodos de reducción de actividad               |
| <i>Kurzarbeit</i>                                            | Alemania                   | Rotación certificada de operarios; gemelos digitales para simular reconfiguraciones de línea antes de implementarlas  | Programas piloto de formación con gemelos digitales en grandes plantas exportadoras                         |
| BMW Múnich — manufactura reconfigurable                      | Estados Unidos             | Centro de innovación público-privado para robótica avanzada aplicada a manufactura                                    | Modelo de referencia para un centro tecnológico sectorial de manufactura avanzada                           |
| ARM Institute / DoD Manufacturing Technology Program         | Alemania                   | Gemelos digitales y AR/VR para formación en PyMEs manufactureras                                                      | Programas de formación inmersiva de bajo costo para PyMEs uruguayas                                         |
| Bayern Innovativ                                             | Estados Unidos             | Subsidios de inversión condicionados a planes vinculantes de formación técnica local                                  | Incentivos de inversión industrial (COMAP, ANII) condicionados a compromisos de formación de capital humano |
| CHIPS Act Plan México / ecosistema de <i>nearshoring</i>     | México                     | Formación estratégica vinculada a la atracción de inversión por relocalización                                        | Articulación de formación con la estrategia de inserción en cadenas regionales                              |
| Distritos industriales del norte de Italia                   | Italia                     | Gobernanza colectiva de cluster para infraestructura de cumplimiento ambiental compartida                             | Plataformas sectoriales de cumplimiento y trazabilidad compartidas para PyMEs                               |
| Ecosistemas de formación PDP (Pasaporte Digital de Producto) | Unión Europea              | Formación sectorial coordinada para el cumplimiento del PDP                                                           | Programas sectoriales de capacitación en trazabilidad digital para exportadores                             |
| Red de Formación Profesional OIT/ CINTERFOR                  | América Latina y el Caribe | Metodologías y marcos de competencias validados regionalmente; Pasaporte de Habilidades (credencial digital portable) | INEFOP ya es miembro: canal disponible para adoptar el Pasaporte de Habilidades como certificación nacional |

**Nota:** estas propuestas de adaptación constituyen posibilidades identificadas por el equipo consultor y no recomendaciones cerradas de política; el orden de presentación responde a afinidad temática, no a un criterio de prioridad.



## Anexo 11. Variables críticas a monitorear

La siguiente tabla consolida las variables críticas identificadas a lo largo del análisis de implicancias estratégicas (capítulo 11) y de procesos críticos (capítulo 12), como base para un futuro sistema de monitoreo tripartito. Su utilización requiere definir métricas e instrumentos de recolección de datos que pueden no estar disponibles en la actualidad.

| Eje / proceso | Variable crítica a monitorear                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eje I.1       | Tiempo entre la identificación de un perfil técnico nuevo en los ámbitos bipartitos y su traslado a la oferta formativa de INEFOP                                     |
| Eje I.2       | Evolución de la proporción de puestos por categoría ocupacional en cada sector industrial                                                                             |
| Eje II.2      | Cantidad de trabajadores con competencias técnicas certificadas en perfiles 4.0 por año (INEFOP, UTU, etc.)                                                           |
| Eje II.3      | Número de competencias incluidas en los acuerdos del Grupo Tripartito Promotor del Mecanismo Regional para el Reconocimiento Mutuo de Competencias Laborales          |
| Eje II.4      | Tasa de participación de trabajadores mayores de 45 años (CIUO 75, 81, 82, 83) en programas de reconversión de INEFOP                                                 |
| Eje III.1     | Evolución del costo de acceso a automatización básica para PyMEs industriales, por sector; disponibilidad de esquemas de financiamiento asociados                     |
| Eje III.2     | Proporción de PyMEs industriales con certificación ambiental activa; existencia de plataformas sectoriales de gestión del cumplimiento compartido                     |
| Eje III.3     | Proporción de PyMEs industriales con capacidad de producción flexible                                                                                                 |
| Eje IV.1      | Proporción de exportaciones industriales uruguayas hacia mercados con exigencia de trazabilidad digital                                                               |
| Eje IV.2      | Número de acuerdos sectoriales de producción complementaria entre países de la región                                                                                 |
| Eje V.1       | Proporción de convenios colectivos industriales que incluyen cláusulas de formación continua, reconversión tecnológica o protocolos de introducción de automatización |

| Eje / proceso                            | Variable crítica a monitorear                                                                                                                        |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eje V.2                                  | Distribución por tamaño de empresa del acceso efectivo a instrumentos de fomento a la transformación digital industrial                              |
| Eje V.3                                  | Avance en la instrumentación del marco regulatorio uruguayo sobre IA y datos en contextos laborales e industriales                                   |
| Eje VI.1                                 | Proporción de exportaciones industriales hacia mercados con exigencias de economía circular activas                                                  |
| Eje VI.2                                 | Capacidad instalada a base de energías renovables en el sector industrial                                                                            |
| Compras y abastecimiento                 | Existencia de instrumentos de cobertura de riesgo de insumos o compras consorciadas accesibles para empresas de pequeña escala                       |
| Gestión de la producción y planificación | Proporción de PyMEs industriales que utilizan herramientas digitales de planificación y control de la producción                                     |
| Producción                               | Existencia de programas con abordaje integral (equipamiento, rediseño de procesos, integración tecnológica y manufactura avanzada)                   |
| Mantenimiento industrial                 | Existencia de esquemas de mantenimiento predictivo compartido o como servicio; evolución de la oferta de carreras técnicas de mantenimiento avanzado |
| Gestión de personas y SSO                | Cobertura de servicios externos de gestión de capacitación y reconversión laboral accesibles para PyMEs                                              |



# País Industrial

TRABAJADORES Y EMPRESAS EN ACCIÓN  
POR EL DESARROLLO DE URUGUAY



Cámara de  
Industrias  
del Uruguay



CUESTA DUARTE  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
Y FORMACIÓN DEL PIT-CNT

INEFOP