

EL IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0 Y DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS RELACIONES DE TRABAJO

Curso de formación política a distancia
ILAESE
São Paulo, 2025

Traducción al castellano a partir del PDF original en portugués

Traductor: Felipe Alegría

(31) 9697-4672 [@ilaese.org.br.com/c/ilaeseorgbr](mailto:ilaese@ilaese.page.con/ilaese)

Elaborado por el Instituto Latinoamericano de Estudios Socioeconómicos bajo la coordinación de Gustavo Henrique Lopes Machado. Toda la información fue extraída de informes oficiales debidamente indicados. La elaboración y publicación de este material es responsabilidad del ILAESE – Instituto Latinoamericano de Estudios Socioeconómicos. São Paulo, 2025

EXPEDIENTE

Contacto: Rua Curitiba, 862, sala 307. Centro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30170-124. Teléfono: (31) 2520-2008 - (31) 9697-4672- ilaese@ilaese.org.br - www.ilaese.org.br. CNPJ 05.844.658/0001-01. Maquetación: Anna Sant'Anna.

Introducción

Ya en su discurso de toma de posesión, avalado por los magnates de las principales Big Techs estadounidenses allí presentes, Trump anunció una política industrial agresiva. Prometió US\$ 500.000 millones para la industria digital. En seguida, inició una guerra arancelaria contra diversos países del mundo, en particular China. El objetivo era garantizar la liderazgo estadounidense en la Industria 4.0. Los focos principales eran inteligencia artificial, computación en la nube y automatización industrial, por medio de aranceles, barreras comerciales y restricciones tecnológicas. Querían frenar el avance chino en áreas estratégicas. Entre ellas, la producción de semiconductores y las redes 5G. Esas tecnologías son vitales parpara la Internet de las Cosas (IoT) y la manufactura avanzada. Esa disputa tecnológica, sin embargo, no se limita a una competición económica pura y simple, sino que asume contornos de una disputa imperialista mundial.,

con ambos los países buscando establecer patrones globales para la próxima generación de infraestructura digital, mientras empresas occidentales y asiáticas libran una carrera por patentes y mercados emergentes. Así, consolidan una nueva fase del capitalismo marcada por la integración entre Big Data, automatización y el control de los respectivos mercados.

Esos hechos, por sí solo, indican, en los días de hoy, la relevancia de los desarrollos tecnológicos en el interior de la división internacional del trabajo, de la disputa imperialista entre los capitales de los respectivos países. Este estudio, por tanto, tiene por objetivo analizar la extensión, el alcance y los impactos de los cambios en curso en ese campo.

El concepto de industria 4.0 surgió en 2011 en la Feria Industrial de Hannover por iniciativa del gobierno y empresas alemanas. La posibilidad de una nueva revolución tecnológica que altere de forma cualitativa la cadena productiva de toda la industria genera, comúnmente, aprensión y miedo en la clase trabajadora. El temor no carece de razón. En el curso de los últimos siglos ocurrieron algunas transformaciones tecnológicas significativas con los impactos más diversos para la clase trabajadora: reducción de empleos, mayor inestabilidad, áreas de trabajo consolidadas se volvieron obsoletas etc... Es una contradicción histórica de gran envergadura que, en el capitalismo, cada paso para adelante signifique, al mismo tiempo, saltos para atrás. Cuáles serán las consecuencias para la clase trabajadora de la nueva revolución tecnológica que se anuncia?

En este estudio, sin embargo, no pretendemos ofrecer respuestas rápidas o simplistas sobre el tema. El motivo es simple: en todas las revoluciones tecnológicas del pasado, ni siquiera los principales agentes lograron prever adecuadamente los rumbos de la industria y del mercado ante de las nuevas técnicas, productos y necesidades que surgían. Para introducir el asunto, contaremos en esta Introducción una historia reveladora sobre la última gran revolución tecnológica: la revolución de la informática y electroelectrónica de los años 1970 y 1980.

En los años 1970, una única empresa dominaba el emergente mercado de la informática: la IBM (International Business Machines Corporation). Su control sobre hardware y software era tan absoluto que generaba teorías conspirativas. Un ejemplo notable: cuando Stanley Kubrick lanzó su clásico “2001: Una Odisea en el Espacio” (1968), muchos vieron en el ordenador HAL una referencia a IBM - al fin y al cabo, avanzando cada letra de “HAL” en el alfabeto, se obtiene “IBM”. Irónicamente, esa misma IBM, entonces todopoderosa, previó que el avance tecnológico llevaría a un mundo donde solo 4 o 5 superordenadores cubrirían toda la demanda global de procesamiento. Su estrategia se centró en desarrollar máquinas cada vez más potentes y caras. Mientras tanto, empresas menores apostaron por otra visión: ordenadores personales en cada casa. Surgían los PCs. IBM subestimó completamente esa tendencia. Cuando finalmente lanzó su PC, lo hizo como un proyecto secundario: utilizó componentes de terceros (procesador de la Intel) y sistema operativo (DOS) de una pequeña empresa llamada Microsoft. El resultado? El éxito rotundo del PC de IBM transformó a Microsoft y a Intel en gigantes del sector - posteriormente superadas

solo por el aparición de la Google en la era de la internet. Una lección histórica sobre cómo hasta las mayores empresas del mundo no son capaces de prever las consecuencias históricas y sociales de las propias tecnologías que dominan.

Aunque todavía sea una multinacional relevante, IBM perdió su hegemonía tecnológica. El concepto de superordenadores aislados se volvió obsoleto - hoy, sistemas distribuidos que conectan múltiples procesadores comunes (similares a los de los ordenadores domésticos) alcanzan capacidades de procesamiento muy superiores a las máquinas que la IBM imaginaba como futuro. La revolución digital siguió un camino radicalmente diferente del previsto por la empresa: en vez de pocos superordenadores centrales, tenemos ahora capacidad computacional integrada en smartphones, televisores, equipos industriales y incontables dispositivos IoT (Internet de las Cosas). La ubicuidad de la computación, característica fundamental de la llamada Tercera revolución industrial, se demostró diametralmente opuesta a las proyecciones que la gigante de Armonk hizo en los inicios de la era de la informática.

Irónicamente, la visión centralizadora de IBM sobre superordenadores parece resurgir, de forma inesperada, en la era de la computación en la nube y de los grandes data centers. Empresas como Amazon (AWS), Microsoft (Azure) y Google Cloud están recreando, en nueva escala, el modelo de procesamiento concentrado que la IBM imaginó - solo que ahora con millones de servidores interconectados en megacentros de datos dispersos por el mundo. Esa nueva forma de “supercomputación distribuida” alimenta todo el ecosistema digital moderno, desde la inteligencia artificial hasta streaming global, demostrando que, en última instancia, el poder computacional volvió a concentrar en pocas manos, aunque de manera más compleja y descentralizada geográficamente que lo que IBM originalmente previó.

No relatamos estos acontecimientos para decir que no se pueda decir nada respecto de la llamada revolución 4.0. Como veremos, es el contrario: podemos decir mucho. Sin embargo, la cuestión aquí no es tanto prever y especular sobre cuáles serán exactamente las consecuencias futuras. Por el contrario, pretendemos centrar nuestra análisis en los procesos que ya están ocurriendo, tanto respecto las matrices productivas y empresas individuales, como al actual sistema internacional de Estados.

Con ese objetivo, dividimos el presente estudio en seis capítulos. En el primero de ellos tratamos de una cuestión previa, sumamente importante para la correcta comprensión de todo lo que sigue: la distinción entre división social del trabajo y división técnica del trabajo. En el segundo capítulo tratamos de los tres otros procesos que son denominados revoluciones industriales, analizando brevemente sus características e impactos sociales más significativos. En el tercer capítulo examinamos los orígenes de la así llamada Revolución Industrial 4.0, sobre todo en lo que se conoció como Sistema Hyundai de Producción. Presentamos algunos ejemplos de caso con el objetivo de medir la extensión de los cambios y sus efectos. Solamente en el cuarto capítulo consideramos las

transformaciones más recientes, sobre todo la digitalización de los valores de uso y la servitización, las nuevas herramientas de inteligencia artificial, así como los cambios en la matriz energética y los cambios en la matriz minera con los minerales de tierras raras.

En el quinto capítulo, abordamos específicamente los impactos de la industria 4.0 en diferentes sectores, abordando por separado la industria, el comercio, los transportes, la comunicación, la educación y la salud. En ese mismo capítulo hacemos algunas consideraciones sobre una modalidad de trabajo que se ha diseminado en todos esos sectores: el salario por pieza o por servicio prestado. Por fin, en el sexto capítulo introducimos el tema del ciclo de dominación en que Brasil se encuentra preso hace décadas, haciendo que las actuales revoluciones tecnológicas vuelvan todavía más graves el desmantelamiento estructural del país y su caída en la división internacional del trabajo.

Índice

INTRODUCCIÓN

1 – DIVISIÓN TÉCNICA Y SOCIAL DEL TRABAJO

1.1) Lo que permanece bajo el capitalismo: la división social del trabajo

1.2) Lo que siempre se revoluciona en el capitalismo: la división técnica del trabajo

2 – LAS TRES PRIMERAS REVOLUCIONES INDUSTRIALES

2.1) Primera revolución industrial: Industria 1.0

2.2) Segunda revolución industrial: Industria 2.0

2.3) Tercera revolución industrial: Industria 3.0

2.4) ¿Existe una nueva revolución industrial?

3 – LOS ORÍGENES DE LA ACTUAL REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

3.1) El caso de la Hyundai coreana: el Sistema Hyundai de Producción

4 –LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA DIGITALIZACIÓN DE LOS VALORES DE USO

- 4.1) La digitalización de los valores de uso y la servitización
- 4.2) Las nuevas herramientas de inteligencia artificial: CHATGPT, DEEPSEEK etc.
- 4.3) Los cambios en la matriz energética: cambios climáticos?
- 4.4) Los cambios en la matriz minera: minerales de tierras raras

5 – POSIBLES IMPACTOS DE LA INDUSTRIA 4.0 PARA LA CLASE TRABAJADORA

- 5.1) Transformaciones en la Industria
- 5.2) Transformaciones en el Comercio
- 5.3) El salario por pieza o por servicio prestado
- 5.4) Transformaciones en los Transportes: Uber, Lyft y Didi etc.
- 5.5) Transformaciones en la Comunicación: Facebook, YouTube, TikTok, etc.
- 5.6) Transformaciones en los Servicios: Educación y Salud
- 5.7) Transformaciones en el sector bancario
 - 5.7.1) Automatización en el trabajo bancario

6 – EI BRASIL ANTE UNA NUEVA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

- 6.1) La desindustrialización relativa
- 6.2) Un nuevo ciclo de dominación en el país

CONCLUSIONES Y REFERENCIAS

1. División técnica y social del trabajo

En este capítulo, nuestro objetivo es dilucidar la diferencia entre una revolución tecnológica y una revolución en las relaciones sociales. Solamente al establecer esa distinción, podremos discutir las consecuencias de una revolución tecnológica en el contexto de las relaciones sociales existentes.

Ese tema es crucial y sirve como un punto de partida necesario, dado que genera grandes confusiones en las elaboraciones actualmente dominantes, incluso entre supuestos especialistas. Eso se debe al hecho de que, cuando ocurre una revolución tecnológica, la vida cotidiana se ve completamente transformada. En primero lugar, surgen nuevos productos y nuevas necesidades.

Tomemos como ejemplo los medios de comunicación: desde los inicios del siglo XVIII, la forma dominante de difusión de informaciones era el periódico impreso, diario o semanal. El público era altamente restringido, pues la alfabetización de los consumidores limitaba el alcance, representando hasta el siglo XX la menor parte de la población, incluso en Europa. Con el advenimiento de la radio al inicio del siglo XX, hubo la posibilidad de transmitir informaciones simultáneamente para miles o millones de personas. En seguida, surgieron la televisión, los ordenadores e internet. Hoy, la comunicación es instantánea y relativamente accesible en cualquier parte del globo. Las actividades en que las personas dedican su tiempo libre pasaron por una sucesión de revoluciones en las últimas décadas. El modo de vida actual sería irreconocible para alguien que vivió hace 30 o 40 años, tal vez hasta menos.

En el interior del sistema productivo, las transformaciones también fueron abruptas. Con las continuas mejoras en los medios de producción, las personas pasaron a trabajar con formas y metodologías bastante diferentes. Eso llevó a la aparición de diversos modelos de cooperación industrial, como taylorismo, fordismo, toyotismo y neofordismo.

Ese ese escenario sugiere que la sociedad se altera por completo, en todos los sus aspectos, cada 20 o 30 años. El mundo que emergerá a partir de la industria 4.0 será tan distinto que tal vez ni debiéramos llamarlo capitalista. Y sin embargo, nada podría ser más falso. Esa falsedad reside en la confusión entre la división social y la división técnica del trabajo. Todas las revoluciones tecnológicas — sea la electroelectrónica, la máquina de vapor, la revolución 4.0, o cualquier otra denominación — se refieren únicamente al aspecto técnico del trabajo y se desarrollan y son impulsadas a partir de aspectos sociales. Por ese motivo, en el próximo apartado, discutiremos la cuestión de la división social del trabajo, que es la base a partir de la cuál debemos comprender cualquier desarrollo técnico.

Es importante esclarecer que no estamos intentando disminuir o secundarizar el papel de las revoluciones tecnológicas. Ellas son piezas clave en los engranajes de todo sistema. El objetivo es comprender el lugar que ocupan y el papel real que desempeñan, además de las apariencias y superficialidades con que el tema frecuentemente es tratado.

1.1) Lo que permanece igual bajo el capitalismo: la división social del trabajo

El economista ruso Isaak Rubin diferencia así la división técnica del trabajo de la división social del trabajo: “**División técnica del trabajo**: organización del trabajo dentro de una empresa. **División social del trabajo**: división del trabajo entre productores privados aislados”. Esa definición, aunque parezca simple a la primera vista, comporta una profundidad significativa. En este apartado concentraremos nuestro análisis en la división social del trabajo.

El punto central no reside en los objetos, en las máquinas o en los productos, sino en cómo los seres humanos se organizan para producirlos, distribuirlos y consumirlos. Desde ese ángulo, observamos que, en los últimos siglos, lejos de tratarse de una revolución continua, lo que realmente ha ocurrido ha sido una intensificación, tanto en extensión como en profundidad, de una misma forma social. Esquemáticamente,

- **Empresas aisladas y formalmente independientes:** La vinculación entre ellas ocurre solo a través de la compra y venta en el mercado, resultando en que todo es producido como mercancía. Así, todo producto del trabajo asume la forma de mercancía, cuyo valor se expresa por medio del dinero.
- **División de la sociedad en dos clases antagónicas fundamentales:** Una clase vende su fuerza de trabajo como mercancía para sobrevivir, mientras la otra, propietaria de los medios de producción, compra esa fuerza de trabajo y vende en el mercado los productos generados por los primeros.
- **Acumulación de trabajo excedente en forma de plusvalía:** Esto es, la diferencia entre el valor de la fuerza de trabajo y los valores producidos por medio del trabajo.
- **Producción orientada a la acumulación de capital:** La producción no está, en primer plano, orientada a la satisfacción de las necesidades de los miembros de la sociedad, sino a la acumulación de capital. El dinero es invertido como capital con el objetivo de obtener una suma mayor al final del proceso.
- **Redistribución de la riqueza producida por el capital industrial:** Esta redistribución ocurre por medio de diversas relaciones sociales. El Estado, a través de los impuestos, se apropia de una parte de los valores producidos para cubrir sus funciones. Los bancos, por medio de los intereses, capturan una fracción del excedente para financiar el sistema. El comercio, por la elevación de los precios, se apropia de una parte de los valores para intermediar las operaciones de compra y venta de las mercancías. Además de eso, la propiedad inmobiliaria es remunerada con una fracción de la plusvalía, y así en adelante.

Si pensamos cuidadosamente, todos los aspectos mencionados arriba no cambiaron significativamente en los últimos dos siglos. Por el contrario: se intensificaron. Por tanto, es completamente equivocado creer que las revoluciones tecnológicas provocan cambios drásticos en la forma social de producción y distribución de la riqueza. Esas revoluciones solo reafirman e intensifican esa forma de producción, no sin contradicciones, como veremos más adelante.

En realidad, viene de la propia naturaleza del capitalismo la necesidad de revolucionar continuamente los medios técnicos de producción. Una revolución tecnológica permite al capitalista aumentar la productividad del trabajo dentro de cada unidad productiva, reduciendo el precio de las mercancías y, así, ampliando el mercado potencial para sus productos. Además de eso, revoluciones tecnológicas posibilitan la creación de nuevos

productos, anteriormente inexistentes, generando nuevos ramos de producción y, por consiguiente, nuevos campos para la acumulación de capital. En suma, es por la elevación de la productividad del trabajo y por la revolución de los medios técnicos de producción que se hace posible la continua elevación de la tasa de explotación de los trabajadores, el abaratamiento de los productos y la ampliación de las necesidades de la sociedad como un todo, permitiendo que el capital se acumule de forma creciente y ampliada.

Cualquier proceso de innovación tecnológica que eleve la productividad del trabajo o atienda las nuevas necesidades de consumo se propaga necesariamente por todo el sistema, en función de la competencia entre las múltiples empresas individuales. Así, es en el interior de la división técnica del trabajo — o sea, en el proceso de trabajo dentro de cada empresa — que ocurren los procesos de revolución tecnológica. Ese será el tema que abordaremos la siguiente.

1.2) Lo que siempre se revoluciona en el capitalismo: la división técnica del trabajo

De lo indicado arriba, está claro que las revoluciones tecnológicas no significan un cambio permanente de la forma de organización de la sociedad. Al contrario, una revolución tecnológica es una exigencia para que esa misma forma de organización social se mantenga.

La división técnica del trabajo, o cualquier atributo meramente técnico, se refiere a los instrumentos, materiales y medios utilizados para alcanzar un determinado fin. Así, el proceso técnico es independiente, en principio, de la forma de organización social. La técnica está ligada, fundamentalmente, a los valores de uso y al trabajo concreto. Está asociada al modo como operamos los productos del trabajo existentes, esto es, a la relación entre los seres humanos y la naturaleza o entre los seres humanos y las cosas por ellos producidas. La división social del trabajo, por su parte, está ligada únicamente al modo como los seres humanos se organizan entre sí, con vistas a apropiarse de la naturaleza y de los recursos en ella disponibles.

Es posible, por ejemplo, que la forma social capitalista sea revolucionada, por ejemplo, en el caso de una revolución socialista. En ese caso, los seres humanos se organizarían entre sí de forma distinta. La riqueza ya no asumiría la forma de mercancía, ni sería distribuida de forma impersonal por medio del mercado, orientado a la acumulación de capital. Tendríamos seres humanos que planifican, de modo consciente, qué producir, como valorar la riqueza producida y los criterios de su distribución. Ese cambio social, sin embargo, no significa una revolución en la técnica. Móviles, coches y electrodomésticos pueden muy bien continuar siendo producidos con la misma técnica anteriormente existente y con una división técnica del trabajo similar. Eso significa que, en una misma forma de organización social, podemos pasar por múltiples revoluciones tecnológicas.

A pesar de que el aspecto técnico es distinto del aspecto social, ambos aspectos interactúan el uno con el otro. Si es verdad que revoluciones técnicas no alteran la estructura social, pueden tener impactos cuantitativos relevantes en su interior. Por ejemplo, al revolucionarse la base técnica, toda la configuración cuantitativa de los elementos de la división social del trabajo es también alterada. La plusvalía puede pasar a ser redistribuida en fracciones distintas entre los trabajadores y los múltiples sectores capitalistas. Surge la posibilidad de nuevos ramos de producción que puede abrir nuevas posibilidades para países capitalistas que se sitúen en vanguardia, creando nuevos monopolios y, a veces, alterando la jerarquía en la dominación imperialista. Técnicamente, no solo se altera el proceso en el interior de las empresas, con sectores productores de nuevos productos que ganan preeminencia y otros que son desplazados a un papel de menor importancia y así en adelante.

El gran problema del capitalismo, sin embargo, no es la técnica y las revoluciones tecnológicas en sí mismas, sino el hecho de que, en esta forma de organización social, las revoluciones técnicas están enteramente subordinadas al proceso de acumulación de capital. Dicho de otro modo, una revolución técnica expresa siempre una elevación de las capacidades generales de los seres humanos, de su apropiación de la naturaleza. Por eso, en sí misma, toda revolución técnica es una conquista humana.

Sin embargo, bajo la forma capitalista, ordinariamente, se convierte en su opuesto. Es decir, en una herramienta de dominación de la clase trabajadora por medio de la elevación del desempleo y de la explotación. Al tener como finalidad el proceso de acumulación del capital, ella se transforma en una apropiación irracional de los recursos naturales, agotándolos y impidiendo su reproducción. La naturaleza exterior es solemnemente ignorada por el movimiento vivo del capital. La conservación de los recursos naturales es externa y ajena al movimiento de valorización del capital. Los individuos vivos y los recursos naturales que estos transforman por el proceso de trabajo, a pesar de ser las verdaderas condiciones de existencia del capital –como de cualquier otra forma de organización social – son, para el capital, inexistentes hasta el momento de su efectiva apropiación. El carácter desmedido e ilimitado de la acumulación de capital choca con los límites naturales que ese movimiento excluye, ignora, borra, omite.

En ese sentido, en el próximo apartado, abordamos las principales revoluciones tecnológicas desde la origen del capitalismo, señalando algunos cambios que produjeron y sus impactos cuantitativos en la división social del trabajo.

2. Las tres primeras revoluciones industriales

El término Industria 4.0 se refiere a lo que se considera la cuarta revolución tecnológica, proceso actualmente en desarrollo. Esa clasificación presupone la existencia de tres revoluciones industriales anteriores, desde el final del siglo XVIII. Sin embargo, es fundamental resaltar que tales demarcaciones históricas funcionan sobre todo como referencias abstractas, pues una revolución tecnológica no se consolida de manera abrupta. Incluso descubrimientos de impacto revolucionario, cuando surgen, frecuentemente requieren años — cuando no décadas — para que sean plenamente incorporados a los procesos productivos, alcanzando una aplicación generalizada y eficiente. Ese carácter gradual de las transformaciones técnicas puede ser observado en todas las revoluciones industriales precedentes. La primera, marcada por la mecanización y por el uso del vapor, no eliminó inmediatamente el trabajo manual, así como la segunda, impulsada por la electricidad y por la producción en masa, coexistió durante un largo período con formas anteriores de organización fabril. La tercera revolución, asociada a la automatización y a la informática, igualmente no suplantó de modo instantáneo los paradigmas productivos vigentes.

Dadas estas consideraciones, presentamos el siguiente un esquema que sintetiza las principales revoluciones industriales hasta entonces ocurridas, destacando sus avances tecnológicos centrales y sus efectos sobre la organización del trabajo y la sociedad.

2.1) Primera revolución industrial: Industria 1.0

El principal marco de lo que llamamos Primera Revolución Industrial fue el desarrollo de la máquina de vapor, hace 250 años. Al fin del siglo XVIII, el relojero Watt perfeccionó la máquina de vapor, el barbero Arkwright inventó el telar continuo, y el joyero Fulton desarrolló el barco de vapor. No se trata, es importante decirlo, de una mera ampliación de la productividad del trabajo, sino de una transformación radical en los fundamentos de la producción.

Tal revolución implicó profundos cambios en la organización espacial y técnica de la industria. Hasta entonces, la producción manufacturera se desenvolvía predominantemente en el ambiente rural, donde la localización de las fábricas dependía de los cursos de agua con caída suficiente para mover ruedas hidráulicas. Molinos y oficinas, necesariamente instalados próximos a la ríos, frecuentemente se situaban a grandes distancias unos de los otros, integrando un sistema más rural que urbano. La sustitución de la fuerza hidráulica por el vapor permitió la concentración de las fábricas en centros urbanos o en localidades donde carbón y agua — esenciales para la generación de vapor — estaban disponibles en abundancia. La máquina de vapor no solo impulsó la mecanización, sino que se convirtió en la base física de las ciudades industriales. El sector textil, entonces la tecnología de punta, emergió como el primer ramo plenamente mecanizado de la producción.

Paralelamente a la revolución técnica, ocurrió una transformación decisiva en las formas de cooperación del trabajo. Una de las características distintivas del capitalismo industrial fue la subordinación del trabajador a la máquina, reduciéndolo a un apéndice de sus movimientos y ritmos. Aunque los principios del taylorismo habían sido sistematizados por Taylor solo al inicio del siglo XX, sus bases ya estaban presentes como tendencia desde la primera revolución industrial: la racionalización extrema del trabajo, con división metódica de funciones, especialización de tareas y eliminación de movimientos “innecesarios”. Esa lógica buscaba la fragmentación máxima del proceso productivo, elevando al mismo tiempo la jerarquía y la subordinación unilateral dentro del sistema fabril.

En síntesis, tenemos:

Principais inovações tecnológicas:

- ✓ **Máquina a vapor (Watt, 1769)** - substituiu a energia hidráulica, liberando a produção da dependência de cursos d'água.
- ✓ **Tear mecânico (Arkwright, 1769)** - mecanizou a produção têxtil, aumentando exponencialmente a produtividade.

Consequências sociais:

- ✓ **Urbanização acelerada** - migração em massa do campo para as cidades industriais.
- ✓ **Formação da classe operária moderna** - concentração de trabalhadores assalariados em fábricas.

Setores de tecnologia de ponta:

- ✓ **Indústria têxtil** - primeiro setor totalmente mecanizado, carro-chefe da revolução.
- ✓ **Indústria ferroviária (a partir de 1825)** - revolucionou transportes e integrou mercados.

Procedimento cooperativo dominante:

- ✓ **Taylorismo (embriônico)**: Embora o taylorismo tenha sido sistematizado no século XX, seus princípios fundamentais (racionalização extrema do trabalho) já estavam presentes como tendência desde o final do século XVIII.
- ✓ **Divisão científica do trabalho** - fragmentação das tarefas em gestos simples.
- ✓ **Controle cronometrado** - eliminação de "tempos mortos" na produção.
- ✓ **Hierarquização extrema** - separação radical entre concepção (engenheiros) e execução (operários).

La primera revolución industrial, impulsada por la máquina de vapor y por la mecanización del tejido, consolidó monopolios principalmente en el comercio y infraestructura, como las Compañías de las Indias Occidentales y Orientales, que dominaban rutas mercantiles y explotación colonial. El capitalismo basado en la pura y cristalina libre competencia jamás existió.

El capitalismo se desenvuelve, ya en sus inicios, a partir de monopolios comerciales globales, tales como la Compañía de las Indias Orientales inglesas (EIC) y holandesas (VOC), fundadas respetivamente en 1600 y 1602. Desde el inicio, sociedades anónimas por acciones negociadas en la Bolsa de Valores para viabilizar ese emprendimiento colosal con la asociación de múltiples capitalistas. También en el siglo XIX, en Europa y en Estados Unidos, se constituían gigantescos monopolios ferroviarios, también estructurados por medio de sociedades anónimas por acciones, tales como la PRR (1846), UP (1862), GWR (1833), LNWR (1846) y Nord (1845) etc.

Sin embargo, la producción industrial en sí permanecía relativamente fragmentada, con fábricas de pequeño y mediano porte, muchas veces con solo algunos centenares de trabajadores, operando de forma descentralizada. La industria textil, sector de punta de la época, no exigía una escala gigantesca, permitiendo una cierta dispersión del capital productivo. El monopolio estaba más en el control del comercio y de los transportes, como las ferrocarriles que en la producción fabril en sí, que todavía estaba muy dispersa entre diversos propietarios. El simple hecho de que el sector textil fuera el sector industrial punta nos indica las enormes transformaciones que seguirán. Hoy, ese sector, aunque relevante, está en la retaguardia del capitalismo contemporáneo, con bajo valor añadido, constituyendo una fracción poco significativa del capital acumulado a nivel mundial.

2.2) Segunda revolución industrial: Industria 2.0

El marco central de la Segunda Revolución Industrial fue el desarrollo de la energía eléctrica y, sobre todo, la introducción en 1913, en la empresa de Henry Ford, de la primera línea de montaje industrial, que proporcionó un salto sin precedentes en la productividad fabril. Como ya destacamos, tales marcos conceptuales poseen cierto grado de arbitrariedad: muchos elementos constitutivos de la llamada segunda revolución industrial comenzaron a desarrollarse a mediados del siglo XIX, aunque alcanzaron plena maduración tras la Segunda Guerra Mundial.

Se inicia, entonces, la era de la industria automovilística como sector de punta. El ritmo individual del trabajo es completamente suplantado por el ritmo impuesto por la cinta transportadora. Los principios tayloristas, ya presentes en la fase anterior, se radicalizan ahora a través de la estandarización absoluta de los productos y procesos. La producción en masa exige inversiones de capital tan cuantiosas que restringen drásticamente la

aparición de nuevas empresas competitivas, especialmente en países periféricos, consolidando el dominio de los grandes conglomerados industriales.

La segunda revolución industrial, marcada por la electricidad, la producción en masa y las industrias pesadas como la automotriz, permitió una centralización sin precedentes del capital industrial. Grandes corporaciones, como Ford y General Electric, dominaron sectores enteros, mientras la producción se deslocalizó a regiones próximas a los mercados consumidores, creando “submetrópolis” — países como Brasil, México y África del Sur, que albergaban filiales de multinacionales sin detentar el control del capital. Esas naciones se convirtieron en polos industriales dominados, atendiendo demandas internas en expansión, pero siempre subordinadas a las matrices en los países centrales. La concentración de capital alcanzó niveles inéditos, con oligopolios controlando sectores estratégicos, como acero, petróleo y automóviles, reduciendo drásticamente la fragmentación productiva de la era anterior.

Principais inovações tecnológicas:

- ✓ **Linha de montagem móvel (Ford, 1913)** - revolucionou a produção em massa ao sincronizar o trabalho humano com o ritmo mecânico
- ✓ **Energia elétrica industrial** - permitiu a flexibilidade na localização de fábricas e a iluminação para turnos noturnos
- ✓ **Motor de combustão interna** - base tecnológica para o setor automotivo

Consequências sociais:

- ✓ **Explosão demográfica urbana** - as cidades industriais multiplicam sua população
- ✓ **Massificação do trabalho fabril** - fábricas passam de centenas para **dezenas de milhares** de operários
- ✓ **Surgimento do "operário-massa"** - perda progressiva da qualificação profissional
- ✓ **Bens duráveis tornam-se acessíveis à classe trabalhadora**

Setores de tecnologia de ponta:

- ✓ **Indústria automobilística** - símbolo máximo da produção em massa
- ✓ **Eletrodomésticos** - nova fronteira do consumo familiar
- ✓ **Siderurgia e petroquímica** - bases materiais para os novos produtos

Procedimento cooperativo dominante:

- ✓ **Fordismo (aperfeiçoamento do taylorismo):**
 - Produção em massa padronizada
 - Controle total do tempo e movimento dos trabalhadores
 - Integração vertical da produção

Efeitos colaterais:

- ✓ **Padronização cultural através dos produtos**
- ✓ **Rigidez produtiva (incompatível com variedade)**
- ✓ **Necessidade de expansão constante de mercado.**

La especificidad que abre la época imperialista es que tales monopolios se expanden a todos los tipos de capital, en particular al capital industrial. La producción capitalista, en su conjunto, se torna predominantemente monopolista. Tenemos la emergencia del capital financiero, es decir, la fusión entre el capital bancario e industrial, originando una aristocracia financiera, una clase de magnates que concentran el capital en todas sus formas.

Se conforma una estructura jerárquica sobre la cual se alza el capital financiero y monopolista, donde solo unos pocos países podrán sobresalir en la disputa por la plusvalía global, a partir de las principales empresas monopolistas, con sede en dichos países. Empresas con los secretos técnicos y comerciales cada vez más complejos e inaccesibles, salvaguardados por sus respectivos Estados. Sobre esa base, la transferencia de riqueza de un país a otro se da predominantemente por medio de la exportación de capital en sus variadas formas, de tal modo que una fracción de la plusvalía global puede ser transferida por medio de dividendos originarios de una misma empresa que opera en países dispersos en el mundo entero, por medio de títulos de deuda pública interna o externa, cuando no por la adquisición directa de empresas o acciones de empresas situadas en cualquier lugar del globo.

2.3) Tercera revolución industrial: Industria 3.0

La Tercera Revolución Industrial emerge a mediados de los años 1970, marcada por el advenimiento de los primeros sistemas de automatización industrial. Ordenadores, máquinas de inserción de componentes, fabricación por control numérico y robots industriales comienzan a sustituir progresivamente el trabajo humano en tareas repetitivas, optimizando procesos que antes dependían integralmente de operarios.

Esta revolución tecnológica permitió una reconfiguración geográfica de la producción. Mientras que en la era fordista las fábricas montadoras de automóviles y fábricas de electrodomésticos necesitaban localizarse próximas a los mercados consumidores, la nueva fase industrial posibilitó la concentración de la manufactura en polos globales estratégicos, con posterior distribución mundial. Esta nueva orientación acentuó las disparidades económicas entre naciones industrializadas y periféricas.

La complejidad tecnológica de los nuevos productos erigió barreras todavía más infranqueables a la aparición de nuevas empresas. Además de los cuantiosos inversiones de capital ya requeridos en la fase anterior, se volvió imprescindible el dominio de conocimientos técnicos especializados - fruto de décadas de acumulación científica e industrial - para competir en los sectores de punta.

En este contexto emerge el toyotismo como paradigma organizativo. Con la automatización parcial, la base del proceso productivo se vuelve menos uniforme, ampliando la necesidad de ciertos conocimientos técnicos especializados. Se mantiene la jerarquía fabril, pero se introducen mecanismos de compartición de conocimientos. La producción pasa a ser organizada espacialmente de forma más integrada, abandonando la rígida compartimentalización fordista. El sistema just-in-time minimiza existencias, alineando la producción a la demanda real. Con todo, como veremos, el toyotismo en las últimas décadas representó más una adaptación flexible del fordismo que su plena superación. Será la cuarta revolución industrial la que permitirá la implementación más amplia de sus principios. En síntesis, tenemos:

Principais inovações tecnológicas:

- ✓ Computadores industriais e sistemas CNC (Controle Numérico Computadorizado)
- ✓ Robótica aplicada à produção em série
- ✓ Automação flexível de processos
- ✓ Tecnologias de informação integradas à manufatura

Consequências sociais:

- ✓ Reconfiguração geopolítica da produção:
 - Concentração industrial em polos tecnológicos especializados
 - Deslocamento de fábricas para países com mão-de-obra qualificada e baixos custos
 - Separação entre sede corporativa (países desenvolvidos) e unidades produtivas
- ✓ Surgimento de nova divisão internacional do trabalho:
 - Países centrais: design e tecnologia
 - Países periféricos: manufatura

Setores de tecnologia de ponta:

- ✓ Indústria eletroeletrônica (componentes e dispositivos)
- ✓ Informática industrial e equipamentos de automação
- ✓ Telecomunicações digitais
- ✓ Biotecnologia aplicada

Procedimento cooperativo preconizado:

- ✓ Toyotismo (como evolução crítica do fordismo):
 - Produção enxuta (*just-in-time*)
 - Controle de qualidade
 - Flexibilidade produtiva
 - Redução máxima de estoques
 - Adaptação à demanda real

Efeitos paradoxais:

- ✓ Ao mesmo tempo que descentraliza geograficamente a produção, concentra o controle tecnológico
- ✓ Exacerbação da dependência tecnológica de países periféricos
- ✓ Criação de cadeias globais de valor altamente especializadas

La Tercera revolución industrial, impulsada por la electrónica, computación y globalización, aceleró la concentración geográfica de la producción en regiones de bajo coste, especialmente China y el Sudeste Asiático. Productos estandarizados, como electrónicos y bienes manufacturados, pasaron a ser fabricados en larga escala en esos países y exportados a todo el mundo, consolidando cadenas productivas verdaderamente globales. El capital se concentró en corporaciones transnacionales que, aunque dispersaran físicamente la producción, mantenían el control tecnológico y financiero en sus sedes en los EE. UU., Europa y Japón. La fragmentación productiva de la primera revolución industrial desapareció completamente: ahora, los propios países industrializados se vuelven dependientes de pocos centros manufactureros globales, profundizando la asimetría entre quien detenta el capital y quien ejecuta la producción.

La tercera revolución tecnológica posibilitó, así, profundas transformaciones en el sistema imperialista mundial. La automatización industrial y las nuevas tecnologías de comunicación permitieron la fragmentación transnacional de las cadenas productivas, proceso que fue viabilizado financieramente por la liberalización de las cuentas de capital en los años 1970-80, facilitando la exportación de capitales a escala global. Esta reconfiguración fue acompañada por la desregulación comercial (caída de barreras arancelarias) y por el abandono del patrón oro-dólar en 1971, que transfirió a los bancos centrales nacionales, a través de la política monetaria, el papel central de regulación de la economía.

La combinación entre revolución tecnológica y financiarización creó un nuevo paradigma de acumulación capitalista: empresas globales pasaron a operar en redes descentralizadas geográficamente, pero con control financiero centralizado, mientras los Estados nacionales veían su capacidad de intervención económica reducida a la gestión de indicadores monetarios y a la administración de la deuda pública, completando la transición al régimen de acumulación flexible característico de lo que fue conocido como neoliberalismo.

2.4) ¿Existe una nueva revolución industrial?

Como destacamos en la Introducción, fue durante la edición de 2011 de la feria internacional de tecnología de Hannover que se consolidó formalmente el concepto de Industria 4.0. Esa feria es fruto de una colaboración estratégica entre el gobierno alemán, instituciones académicas de excelencia, centros de investigación de punta y empresas líderes en innovación tecnológica. Sin embargo, conviene resaltar que, en gran medida, esa propuesta no reflejó procesos enteramente nuevos, sino que sistematizó y amplificó tendencias ya en marcha en ese escenario industrial global.

En el medio académico e industrial persiste un debate intenso sobre si la Industria 4.0 debe ser considerada una cuarta revolución industrial o simplemente una extensión más sofisticada de la tercera revolución, marcada por la automatización y por la tecnología de la información. En nuestra opinión, esa discusión es bastante escolástica, pues, independientemente de nombre y adoptado, el hecho incontestable es que transformaciones profundas y cualitativas están redefiniendo la estructura técnica del trabajo, los mecanismos de producción y las dinámicas de distribución de mercancías a escala global.

Klaus Schwab (2016) señala tres razones fundamentales que muestran la existencia de una nueva revolución industrial en marcha desde el inicio del siglo XXI. Esa transformación está marcada por tres principales avances tecnológicos: (1) una internet más presente y móvil, (2) sensores menores, más potentes y más baratos, y (3) el desarrollo de la inteligencia artificial y del aprendizaje de máquina.

Schwab destaca tres características esenciales de esa revolución:

- **Velocidad exponencial:** A diferencia de las revoluciones industriales anteriores, que avanzaban de forma gradual, esta se desenvuelve a un ritmo acelerado y exponencial.
- **Amplitud y profundidad sin precedentes:** No se limita a cambios aislados, sino que combina diversas tecnologías digitales, alterando radicalmente la economía, los negocios, la sociedad y hasta la vida individual.
- **Impacto sistémico global:** Su influencia no se restringe a sectores o países específicos – ella transforma sistemas enteros, afectando a gobiernos, empresas, industrias y a la sociedad como un todo.

Esa revolución, por tanto, no es solo una evolución tecnológica, sino una reestructuración completa de la forma como producimos, trabajamos y nos relacionamos. Los elementos centrales que caracterizan esa transformación pueden ser sintetizados de la siguiente manera:

1. Interconexión sistémica y gestión en tiempo real: la integración digital entre todas las etapas del proceso productivo —desde el suministro de insumos hasta la distribución final— permite una gestión dinámica e instantánea, optimizando flujos y reduciendo desperdicios. Esa conectividad generalizada es viabilizada por sistemas ciberfísicos avanzados, que armonizan operaciones físicas y digitales.

2. Personalización en masa y modularización de las líneas de producción:

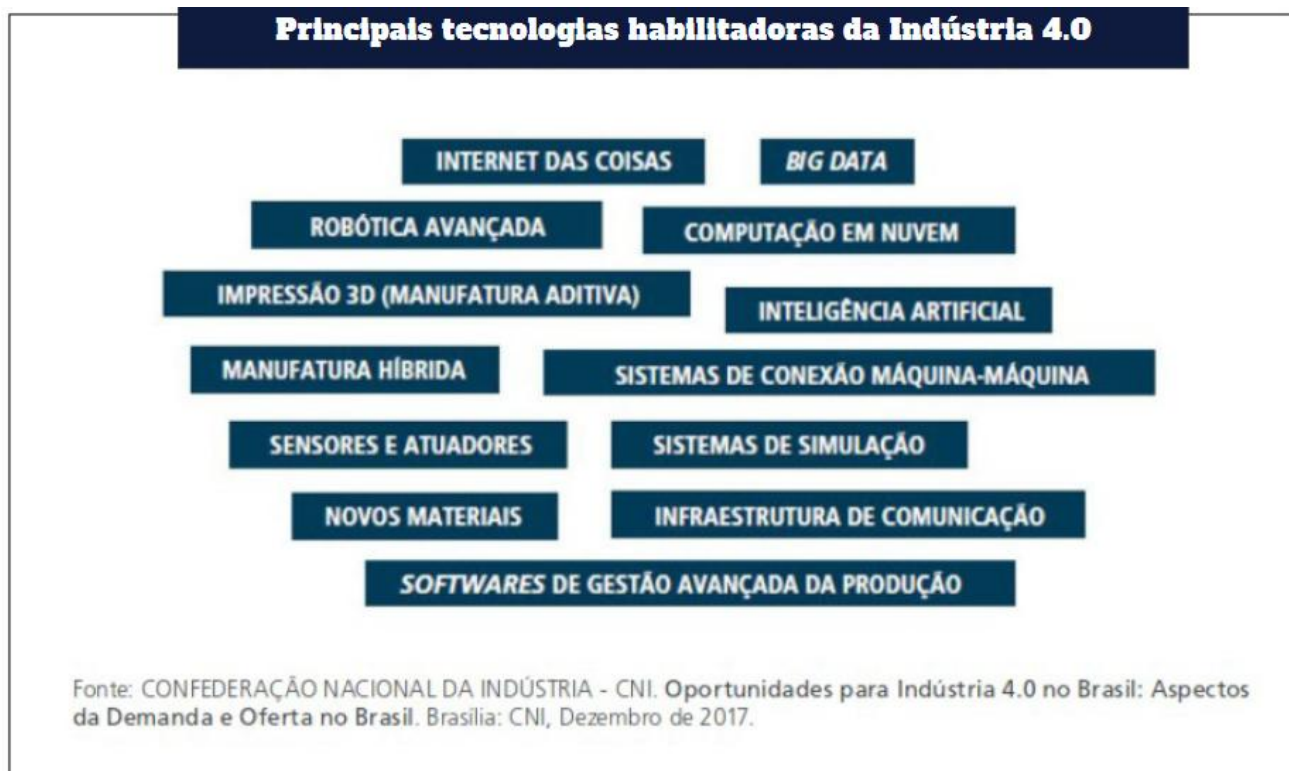
Uno de los avances más significativos es la capacidad de producir en gran escala bienes altamente personalizados, atendiendo a demandas específicas sin perder la eficiencia industrial. Eso se debe a la creciente sustitución de las tradicionales líneas de montaje por máquinas modulares, que pueden ser re combinadas conforme a la necesidad. De esa forma, diferentes módulos de producción son acoplados o

desacoplados rápidamente, permitiendo la fabricación de productos diversificados sin interrupciones significativas en el proceso.

3. Automatización Inteligente y la Internet de las Cosas (IoT):

La plena implementación de la Industria 4.0 exige la interconexión de todo el ecosistema productivo en redes informatizadas capaces de tomar decisiones autónomas. Eso se concretiza por medio de la implantación masiva de sensores inteligentes, que recogen y transmiten datos en tiempo real sobre variables ambientales, rendimiento de equipos e incluso la interacción humana con los sistemas. Esas informaciones son procesadas por algoritmos avanzados, que ajustan operaciones, previenen fallos y optimizan resultados sin exigir intervención humana directa. Ese fenómeno, conocido como Internet de las Cosas - Internet of Things-(IoT), representa la columna vertebral de la automatización inteligente, donde máquinas, productos y sistemas se comunican entre sí de forma autónoma.

Las principales tecnologías que componen lo que se denomina Industria 4.0 van indicadas en el diagrama la siguiente.



Aunque se trata de un proceso que está en curso, ya es posible entrever varios cambios a partir de las transformaciones señaladas. La así llamada cuarta revolución industrial, basada en automatización, inteligencia artificial y plataformas digitales, elevó el monopolio

del capital a un nivel inédito, donde el control ya no se limita a la producción física, sino a los medios de coordinación económica y a los propios valores de uso, convertidos ahora en gran medida en valores de uso digitales. Gigantes como Google, Amazon y Meta no solo dominan mercados, sino ecosistemas enteros, mientras la manufactura se vuelve cada vez más automatizada y concentrada en pocos polos tecnológicos. El capital ahora se reproduce a escala global sin expandir necesariamente fábricas, sino por medio de algoritmos, datos y sistemas integrados que permiten extraer valor de forma descentralizada, pero sin embargo bajo un control mundialmente centralizado.

Vamos a examinar esas transformaciones en dos capítulos separados. En el primero de ellos abordaremos transformaciones en el interior del proceso productivo, en un movimiento iniciado en la fábrica de automóviles coreana Hyundai. En el segundo abordaremos las transformaciones más recientes por medio de la inteligencia artificial.

3. Los orígenes de la actual revolución tecnológica

Para entender el alcance real de lo que se denomina Industria 4.0 y sus impactos sobre la clase trabajadora, es preciso, una vez más, comprender la diferencia decisiva entre el significado intrínseco de estas revoluciones técnicas y los efectos que tales revoluciones producen en la forma de organización social capitalista.

Las revoluciones tecnológicas representan una ampliación de la capacidad productiva humana, posibilitando la producción de más recursos en menos tiempo. Bajo una perspectiva abstracta, ellas simbolizan un enorme avance y progreso. Sin embargo, en el seno de la estructura social capitalista, esos mismos avances asumen, para la clase trabajadora, un significado opuesto. En esta forma de organización social, la técnica no está al servicio de la atención de las necesidades humanas, de la reducción del esfuerzo en el trabajo o de la elevación del patrón de consumo. En vez de eso, sirve a la valorización y a la acumulación de capital. De ahí surge la paradoja de la acumulación capitalista: la producción de riqueza en un polo significa, simultáneamente, la producción de pobreza y embrutecimiento en el polo opuesto.

Para esclarecer esta paradoja, viene al caso recurrir a las palabras de John Maynard **Keynes**, economista capitalista intervencionista, en 1916: ***“En función del aumento en la productividad del trabajo, en 100 años no será necesario trabajar más que 15 horas semanales.”***

En verdad, el raciocinio de Keynes tiene todo el sentido. La ampliación de la capacidad productiva humana debería no solo ampliar el abanico de consumo disponible de la

población, sino también reducir paulatinamente la jornada de trabajo, ya que permite una mayor producción en menor tiempo. Ocurre, sin embargo, lo contrario:

“la acumulación de riqueza en un polo es, al mismo tiempo, la acumulación de miseria, el suplicio del trabajo, la esclavitud, la ignorancia, la brutalización y la degradación moral en el polo opuesto, esto es, en el lado de la clase que produce su propio producto como capital” (Karl Marx)

Eso ocurre porque, bajo el capitalismo una revolución tecnológica tiende a generar los siguientes efectos:

1. **Reducción absoluta y relativa de los salarios**, ya que el aumento de la productividad disminuye el valor de los productos que componen el consumo de la clase trabajadora, permitiendo salarios más bajos que, aun así, garantizan su reproducción como fuerza de trabajo. Al fin y al cabo, en la lógica capitalista, el valor del trabajo es regulado por el coste necesario para reproducir la fuerza de trabajo.
2. **Expulsión de una parte relevante de trabajadores al subempleo y el desempleo**, una vez que el aumento de la productividad reduce la cantidad de trabajadores necesarios por unidad de producto — formando así el **ejército industrial de reserva**.

Esos elementos no son opcionales, ya que la competencia capitalista impone la adopción de las nuevas tecnologías a todos los sectores industriales, obligándolos a seguir los patrones de los segmentos más productivos del mercado. Eso significa que es inútil luchar contra las revoluciones tecnológicas, como hicieron los ludistas en el pasado, que destruían máquinas durante las primeras revoluciones industriales. La cuestión central, por tanto, no es rechazar el modelo técnico en sí, sino comprender sus efectos y trazar estrategias que orienten la organización y la lucha de la clase trabajadora contra la forma social que determina el desarrollo de esa técnica.

Un ejemplo ilustrativo de ese escenario es la empresa automovilística Hyundai, cuyo patrón productivo se está volviendo un modelo en la nueva revolución tecnológica en curso.

3.1) El caso de la Hyundai coreana: el Sistema Hyundai de Producción

Una de las empresas que viene empujando el nuevo abordaje productivo que ahora, con algunos cambios en el proyecto idealizado por los alemanes, se denomina tecnología 4.0 es la empresa automotriz surcoreana Hyundai. A partir el Sistema Toyota de Producción, la Hyundai desarrolló su propio sistema de producción, el Sistema Hyundai de Producción (SHP), basado en dos principios fundamentales: automatización y modularización.

Las reglas que definen el sistema productivo de la Hyundai son la modularización y la ingeniería y tecnología orientadas a la automatización del proceso productivo, con poca implicación del trabajador. Se trata de un proceso de automatización que busca sustituir en niveles jamás vistos al trabajador por la máquina, resultando en una expansión de su capacidad de producción. Veamos cada uno de estos ítems:

Modularización: En el modelo clásico, de base fordista, las piezas eran enviadas por el proveedor hasta la línea de montaje de forma individual y entonces eran montadas en la planta de la fábrica. Con la producción modular, los conjuntos de piezas son pre-montadas en la planta del proveedor con el fin de simplificar las operaciones de montaje. Este proceso posee las siguientes características:

- Método de entrega sincronizada de piezas por el proveedor que es informado inmediatamente, a veces en secuencias diarias, de la demanda y reorganización de la secuencia de piezas.
- Los costos son tercerizados al proveedor, pero este debe actuar en la misma estructura, o muy próxima, de donde tiene lugar el montaje. El proceso de montaje es, así, simplificado.

Automatización: El modelo de producción de Hyundai está liderado por los ingenieros, que toman todas las decisiones de la fábrica conjuntamente con los gestores. Lejos de la propaganda de la industria 4.0, el papel de los trabajadores se vuelve todavía más limitado. Se trata únicamente de la operación y mantenimiento de la fábrica, con trabajos repetitivos y sin ninguna complejidad. De ahí resultan las siguientes consecuencias:

- La consigna es minimizar la dependencia hacia los trabajadores. No siendo necesaria experiencia o grandes habilidades de los trabajadores, la formación se torna así poco relevante, permitiendo a la empresa adaptarse a los distintos lugares y culturas, con relaciones laborales cada vez más inestables. Las tareas alcanzan tal nivel de simplicidad y repetición que los trabajadores pueden ser fácilmente sustituidos unos por otros.
- El análisis de la calidad del producto es realizado con ese procedimiento modular y automático en varias etapas de la producción, no solo al final. Además de eso,

la producción es simulada y la mayor parte de los problemas son previstos en el comienzo, antes que estes ocurran de hecho.

Pues bien, la adopción de esa nueva metodología produjo resultados brutales en Hyundai. Como indica la tabla aquí abajo, la empresa prácticamente dobló su participación porcentual en el sector automovilístico.

Motadoras	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
TOYOTA	10,20%	11,23%	11,02%	10,05%	12,01%	11,87%	11,55%	11,11%	10,78%	11,04%
VOLKSWAGEN	8,75%	7,98%	9,46%	10,64%	11,00%	10,79%	10,91%	10,88%	10,68%	10,96%
HYUNDAI	4,26%	4,73%	7,43%	8,26%	8,47%	8,32%	8,83%	8,80%	8,32%	7,62%
G.M.	13,93%	13,93%	10,92%	11,28%	11,04%	11,07%	10,59%	8,24%	8,22%	7,24%
FORD	12,54%	9,95%	6,43%	6,89%	6,65%	6,99%	6,58%	7,04%	6,78%	6,74%
NISSAN	4,50%	5,35%	5,13%	5,78%	5,81%	5,69%	5,62%	5,70%	5,86%	6,09%

Fonte: OICA Elaboração: ILAESE

En 2004, la empresa ocupaba la novena posición en el ranking de producción anual, con 2.766.321 vehículos fabricados. Ya en 2017, registró 7.218.391 de vehículos fabricados y el cuarto lugar en el ranking (OICA, 2018). Se trata de un crecimiento de 217% en poco más de una década; un crecimiento casi 4 veces superior a la media mundial del sector. Esto ocurre en función de la mayor productividad del trabajo, propiciada por la transformación tecnológica. Es lo que indicamos en la siguiente tabla:

Productividad física por empresas (vehículos por trabajador)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média
TOYOTA	26,69	25,34	31,00	30,96	30,91	29,30	29,28	28,72	29,03
VOLKSWAGEN	18,38	16,98	16,83	16,37	16,70	16,18	16,16	16,37	16,75
HYUNDAI	71,90	76,72	72,61	68,93	72,98	71,28	66,68	61,01	70,26
G.M.	41,96	43,63	43,59	43,97	44,49	34,81	34,64	38,09	40,65
FORD	30,41	33,64	32,72	33,58	31,92	32,13	31,99	31,62	32,25
NISSAN	26,25	29,86	31,07	30,84	35,67	34,61	36,45	42,03	33,35
HONDA	20,60	16,25	21,97	22,58	22,73	22,19	23,99	24,71	21,88
FCA	17,49	11,86	9,90	20,75	20,96	20,43	19,96	19,50	17,61
RENAULT	22,16	22,02	21,06	22,20	23,53	25,24	27,02	22,90	23,27
PSA	18,19	17,14	14,25	14,39	15,37	16,37	18,53	21,11	16,92
SUZUKI	56,17	51,69	53,11	50,80	52,24	52,85	47,81	52,42	52,14
B.M.W.	15,52	17,33	19,51	18,18	18,62	18,65	18,92	19,29	18,25

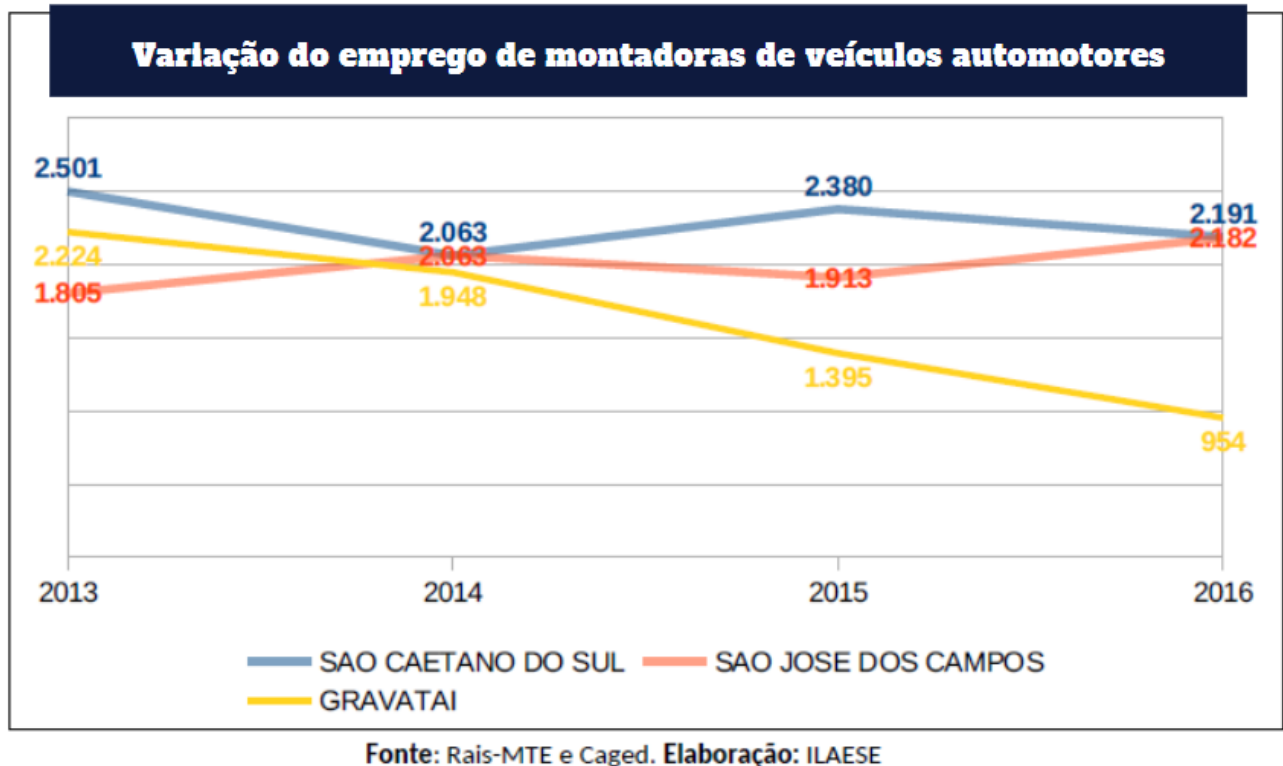
Fonte: OICA e relatórios anuais das respectivas empresas. Elaboração: ILAESE

Como se ve, la adopción del nuevo modelo tecnológico por las demás empresas es inevitable. Solamente así se puede evitar la escalada de la empresa surcoreana en el mercado mundial de automóviles. Su productividad física es casi el doble de las

concurrentes, lo que posibilita mayor tasa de beneficio. Y, de hecho, la adopción del modelo productivo de Hyundai se viene dando en todas empresas del sector automovilístico. No es casual, por tanto, que tras 10 años de escalada, la participación de la Hyundai en el mercado automovilístico se estabilizara en los últimos 2 años y su productividad comenzara a aproximarse a la de los concurrentes, tal como se indica en la tabla de arriba.

Un ejemplo es la fábrica de la Jeep (FCA) en Goiana, Pernambuco, inaugurada a mediados de 2015. Su organización, considerada científica y racional, no hizo más que conjugar en un mismo espacio físico a los proveedores y la fábrica montadora propiamente dicha. Todo el espacio está fuertemente vigilado y cualquier actuación de carácter sindical es severamente castigada. En las reclamaciones laborales existentes, los operarios relatan una jornada de trabajo que va de las 04:00 horas a las 20:00 horas, además de horas extras que a veces llevan las 24 horas de trabajo ininterrumpido. Esas son las condiciones de trabajo ocultas tras el discurso de desarrollo regional y empleo para el Nordeste brasileño.

El mismo proceso tiene lugar en la unidad de la General Motors en Gravataí en Rio Grande do Sul. Con su expansión de 2019, la fábrica posee capacidad para 3 mil trabajadores. La novedad, sin embargo, son otros 4 mil trabajadores integrados en 18 plataformas que son proveedoras de piezas y componentes para los coches a ser montados en la fábrica, que quedan dentro del complejo. La unidad de Gravataí es actualmente, de lejos, la que posee mayor productividad del trabajo en todas sus unidades brasileñas y, simultáneamente, la que posee salarios más reducidos y mayor rotación laboral. Con la crisis iniciada en Brasil en 2014, pasó un corto período de tiempo de 2.224 trabajadores a 954, mientras en las demás plantas el empleo se mantuvo razonablemente estable.



Al mismo tiempo, los salarios pagados en la unidad de General Motors en Gravataí no llega a la mitad del de las otras dos unidades en São José dos Campos y São Caetano do Sul. Estudios realizados en Brasil dan cuenta de que el mismo proceso productivo de la Hyundai fue apropiado y ejecutado en la industria de calzado del país. Con certeza, estudios específicos indicarán que tales procesos van a ser apropiados por otros sectores productivos.

Resumimos de la siguiente forma los principales avances técnicos y consecuencias sociales de ese proceso:

- **Tecnologías de la Industria 4.0:** La Industria 4.0 representa un avance tecnológico innegable, integrando sistemas ciber-físicos (CPS - sistemas que combinan computación, redes y procesos físicos), Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial y otras innovaciones que Schwab (2016) clasifica como “megatendencias”. Sin embargo, en el actual modelo productivo, esas transformaciones vienen acompañadas de la sustitución acelerada del trabajo humano, además de su simplificación, inseguridad ocupacional y aumento de la rotación en el mercado de trabajo.
- **Smart Factories:** Las Smart Factories (fábricas inteligentes) demuestran impresionantes ganancias de eficiencia a través de la integración entre máquinas, sistemas y personas. Tenemos la integración entre los procesos de logística y producción y entre máquinas y personas. En la dinámica capitalista, sin embargo, esa

integración frecuentemente significa que los trabajadores son relegados a funciones residuales.

- **CPS en la manufactura:** Los Sistemas Ciber-Físicos (CPS) permiten máquinas inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción intercambien informaciones y actúen autónomamente, optimizando procesos industriales. Aunque eso represente un avance técnico, en la práctica capitalista se traduce en reducción de puestos de trabajo e intensificación de la presión sobre los trabajadores remanentes, que deben acomodarse a ritmos cada vez más acelerados dictados por el sistema automático.
- **Internet de los Servicios – IoT:** La Internet de los Servicios (IoT - integración de servicios digitales en la producción) agrega valor a la cadena de abastecimientos al permitir servicios logísticos integrados. Sin embargo, bajo la lógica del capital, esa integración frecuentemente resulta en la tercerización y precarización de funciones antes estables, transformando empleos formales en contratos temporales o trabajos vía plataformas digitales.
- **Customización (personalización) y demanda del consumidor:** La capacidad de atender demandas individuales de los clientes a través de nuevos modelos de negocio es un avance notable de la Industria 4.0. La *customización* en masa de productos posibilita la producción de bienes personalizados conforme las preferencias y necesidades del consumidor, con tanta eficiencia que incluso bajos volúmenes permiten altos beneficios. Sin embargo, en el capitalismo contemporáneo, esa flexibilidad se traduce en regímenes de trabajo intermitentes, donde los trabajadores enfrentan jornadas irregulares y constante inseguridad sobre el mantenimiento de sus empleos y los rendimientos asociados.

4. La Inteligencia Artificial y la digitalización de los valores de uso

Como indicamos en el capítulo anterior, la Industria 4.0 surgió hace más de 15 años en el ámbito del sistema Hyundai de producción, marcando una transición para procesos más automatizados y *customizables*, integrando unidades productivas y proveedores en un mismo espacio físico. Esa fase inicial simplificó el trabajo y aumentó la eficiencia, pero **la verdadera inflexión ocurrió recientemente, con el advenimiento de la Inteligencia Artificial, internet 5G y la digitalización de valores de uso.** Sectores como el fonográfico y los servicios online ejemplifican ese cambio, sustituyendo productos físicos por plataformas digitales y algoritmos que redefinen el consumo.

Hoy, esa revolución se expande más allá de la manufactura, impactando sectores como el energético, con la ascensión de redes eléctricas inteligentes, fuentes renovables y almacenamiento en gran escala. En el sector automovilístico, los coches eléctricos y la IA en la conducción están paralizando inversiones en los modelos tradicionales, mientras gigantes tecnológicos centralizan el control sobre infraestructuras digitales y físicas. Datos y algoritmos no substituyen a las máquinas, pero las vuelven más precisas y adaptables, consolidando una nueva era en que producción, energía e información operan como un sistema integrado.

En este capítulo, discutimos los cambios más recientes en el interior de las transformaciones tecnológicas en curso, cuyas consecuencias solo pueden ser indicadas, no sin grandes incertezas y especulación, pues estamos en el inicio del proceso.

4.1) La digitalización de los valores de uso y la *servitización*

El primer punto que queremos destacar es que la Industria 4.0 transforma no solo los procesos productivos, sino también la propia naturaleza de los productos, con su creciente digitalización e *hibridización* entre lo físico y lo digital. Los cambios, en mayor o menor medida, abarcan a todos los sectores. Presentamos una lista de mercancías y servicios que están siendo digitalizados en la revolución tecnológica en curso, con una breve descripción de cada uno:

1. Venta al por menor y comercio

- Tiendas físicas → E-commerce (Amazon, Mercado Livre, Shein) – Compras online substituyendo establecimientos tradicionales.
- Supermercados → Delivery de alimentos (iFood, Rappi, Uber Eats) – Compras de mercado y comidas siendo hechas por apps.
- Shopping centers → Marketplaces digitales (Shopee, AliExpress) – Consumo concentrado en plataformas virtuales.

2. Entretenimiento y *Media* (medios de comunicación)

- CDs, DVDs → Streaming (Spotify, Netflix, Disney+) – Música y películas consumidas digitalmente.
- Libros físicos → E-books y audiobooks (Kindle, Audible) – Lectura migrando a formatos digitales.
- Juegos físicos → Juegos digitales y cloud gaming (Steam, Xbox Cloud). Distribución de juegos sin soporte físico.
- TV abierta y por suscripción → Streaming y YouTube – Contenido audiovisual dominado por plataformas bajo demanda.

3. Servicios financieros

- Dinero físico → Pagos digitales (Pix, PayPal, Venmo) – Transacciones sin uso de billetes.
- Bancos tradicionales → Fintechs y bancos digitales (Nubank, Revolut) – Servicios bancarios 100% online.
- Monedas nacionales → Criptomonedas y CBDCs (Bitcoin, Ethereum, Digital Yuan) – Activos financieros descentralizados o digitales.
- Inversiones presenciales → Robo-advisors (gestores automatizados de inversión) y corretoras online (plataformas de inversión online como Tesouro Direto, Binance) – Aplicaciones financieras automatizadas.

4. Comunicación y Socialización

- Correspondencia física → E-mails y mensajería (Gmail, WhatsApp, Telegram) – Comunicación instantánea digital.
- Telefonía fija → Llamadas por VoIP (por Internet, como Zoom, Skype, Google Meet) – Llamadas online.
- Encuentros presenciales → Redes sociales y apps de relaciones (Instagram, Tinder) – Interacciones mediadas por plataformas.

5. Movilidad y Transporte

- Taxis → Aplicativos de movilidad (Uber, 99, Bolt) – Transporte bajo demanda vía móvil.
- Alquiler de coches → Coches por suscripción y compartidos (Localiza Meoo, Blablacar) – Modelos flexibles de uso temporal.
- Carnet de conducir → Sistemas de identificación digital (CNH-y, Apple Wallet) – Documentos en versión electrónica.

6. Salud y Bienestar

- Consultas presenciales → Telemedicina (Doctoralia, Teladoc) – Atención médica remota.
- Historias clínicas en papel → Registros electrónicos (Sistemas de EHR) – Datos médicos digitalizados.
- Gimnasios tradicionales → Apps de ejercicios (Freeletics, Nike Training Club) – Entrenamientos guiados por plataformas.

7. Educación y Trabajo

- Aulas presenciales → Enseñanza a Distancia y cursos online (Coursera, Udemy, Khan Academy) – Enseñanza a distancia en expansión.
- Oficinas físicas → Home office y coworking digital (Slack, Zoom, Notion) – Trabajo remoto y colaboración virtual.

- Diplomas físicos → Certificados digitales (Blockchain credenciales, Badges) – Validación académica en formato digital.

8. Servicios Públicos y Gobierno

- Documentos físicos → Identidad digital (Gov.br, y-Título) – Autenticación online de documentos.
- Atención presencial → Chatbots y plataformas digitales (Reclame Aqui, SAC online) – Resolución de demandas por IA.
- Votaciones presenciales → Voto electrónico y blockchain (proyectos piloto en algunos países) – Sistemas electorales digitales.

9. Alimentación y Gastronomía

- Cartas de menú físicas → QR Codes y apps de restaurante – Pedidos digitales en establecimientos.
- Recetas de libros → Apps de culinaria (Tasty, Yummly) – Aprendizaje de cocina via plataformas.
- Mercados tradicionales → Suscripciones de comida (ChefClub, Blue Apron) Comidas entregadas con ingredientes preseleccionados.

10. Moda y Belleza

- Probadores físicos → Realidad aumentada (AR Try-On, L'Oréal Modiface) – Experimentación virtual de ropa y maquillaje.
- Tiendas de cosméticos → Belleza digital (apps de skincare, consultoría online) – Personalización de productos vía algoritmos.

La transformación en curso tiene un alcance mucho mayor de lo que se podría pensar a primera vista. Abarca no solo la sustitución de productos físicos por bienes digitales o híbridos -como música, filmes y libros- sustituidos por streaming (Spotify, Netflix) y plataformas digitales o servicios tradicionales – completamente organizados por medio de aplicaciones y plataformas digitales (Uber, Airbnb) – como también productos físicos como “*gemelos digitales*” –coches con software integrado (Tesla), electrodomésticos conectados (IoT).

La Industria 4.0 no se limita a transformar procesos productivos, sino que redefine la propia naturaleza de los productos, convirtiéndolos en servicios o derechos de uso. Como destacan Portener y Heppelmann (2014 y 2015), las empresas están siendo desafiadas a repensar sus ofertas, desarrollando **Sistemas Producto-Servicio (PSS)**, en los cuales la propiedad del bien físico deja de ser transferida al consumidor. En vez de eso, lo que se vende es el acceso al producto, acompañado de servicios digitales integrados.

El meollo de esa transformación está en la hibridización entre lo físico y lo digital. Productos industriales, antes vendidos como unidades físicas, ahora son plataformas para servicios continuos, viabilizados por sensores, IoT (Internet de las Cosas), conectividad y análisis de datos. Esa cambio no significa simplemente sustituir productos por servicios.

No existe, ni nunca existirá, servicio que no esté vinculado a la producción. Lo que se hace es crear un modelo híbrido en que grandes empresas dejan de vender directamente el bien material, vendiéndolo, por así decir, en partes, al ofrecer a los consumidores solo su uso. En algunos casos, el producto es vendido al consumidor vinculado a servicios en vigor durante todo su tiempo de uso. Mencionemos algunos ejemplos:

- **Motores de aeronaves (Rolls-Royce y GE):** Las compañías aéreas ya no compran turbinas, sino que pagan por horas de vuelo o rendimiento garantizado, con mantenimiento predictivo realizado por medio de sensores. El fabricante asume la gestión del activo, reduciendo costes para el cliente y creando flujos de ingresos recurrentes.
- **Impresoras (HP):** Equipos conectados recogen datos de uso, permitiendo suscripciones con reposición automática de tinta. El cliente paga por el servicio de impresión, no por la máquina.
- **Sector automóvil (Tesla, BMW):** Los coches se actualizan vía software, ofreciendo servicios como conducción autónoma o mantenimiento remoto. Los ingresos vienen de suscripciones (ej.: acceso a recursos premium) y no solo de la venta del vehículo. La automatización de los vehículos y la digitalización de sus operaciones introducen un modelo de negocio en el que las empresas pueden capitalizar no solo la venta inicial, sino también cada interacción subsiguiente. Eso significa que, mientras los consumidores utilizan el coche autónomo, las empresas pueden generar ingresos a través de servicios como actualizaciones de software, mantenimiento predictivo y hasta incluso la gestión de datos de uso. En ese escenario, la transformación tecnológica se convierte en un vector de acumulación de capital, donde la relación entre el consumidor y el producto es profundamente alterada.
- **Industria pesada (Bosch, ThyssenKrupp):** Fabricantes venden “performance (desempeño) de máquinas” o mantenimiento predictivo de ascensores, capitalizando datos operacionales.

Cabe preguntar por qué las empresas adoptan ese modelo. No se trata solo las de una mejora de los productos. Al eliminar costes iniciales de adquisición, las empresas amplían su mercado, de tal modo que, junto al producto en sí, suscripciones y contratos de uso generan flujos financieros estables, en contraste con ventas únicas. En la mayor parte de los casos, la empresa mantiene la propiedad de los datos y del activo físico, permitiendo actualizaciones remotas y obsolescencias programadas.

Ese modelo permite que las empresas acumulen capital en sectores antes inaccesibles. Por ejemplo: fabricantes de ascensores ahora obtienen beneficios con servicios de mantenimiento, un mercado antes dominado por terceros; empresas de automóviles se transforman en proveedores de movilidad como servicio, concurriendo con empresas de transporte y apps de ride-sharing. Cada bien durable se transforma en un activo que genera un flujo continuo de ingresos. La valorización del producto no termina con la compra, sino que se extiende a lo largo de toda la vida útil del producto, creando un ciclo de dependencia que beneficia a las empresas. Lo que anteriormente era un simple acto de consumo ahora se vuelve una interacción compleja, donde la empresa mantiene un vínculo constante con el usuario, permitiendo una extracción continua de valor.

Al capitalizar datos y controlar la infraestructura digital, las corporaciones capturan parcelas mayores de la cadena de valor. Al mismo tiempo, centralizan el capital al eliminar o abarcar en sus propias estructuras sectores antes ligados al mantenimiento y soporte. La Industria 4.0, así, no es solo una revolución técnica, sino una reconfiguración del capitalismo, centralizando el capital en sectores subsidiarios que, anteriormente, estaban dispersos y atomizados.

4.2) Las nuevas herramientas de inteligencia artificial: CHATGPT, DEEPSEEK etc.

Antes de adentrarnos en las consecuencias de la Inteligencia Artificial en las transformaciones en curso, caben algunos comentarios sobre la naturaleza específica de esa tecnología.

La creación del algoritmo que posibilitó el desarrollo de inteligencias artificiales, como ChatGPT, se basó en técnicas de aprendizaje máquina, especialmente en redes neuronales y modelos de lenguaje a gran escala. Estos algoritmos son entrenados en vastos conjuntos de datos, que incluyen textos, códigos, imágenes y otras informaciones preexistentes, permitiendo que la IA reproduzca patrones, estilos y conocimientos ya consolidados. Sin embargo, ese abordaje tiene una limitación fundamental: el algoritmo no es capaz de crear algo genuinamente nuevo, pues su funcionamiento depende de la replicación y recombinación de lo que fue aprendido durante el entrenamiento. En otras palabras, la IA puede imitar, adaptar y hasta optimizar ideas existentes, pero no posee la capacidad de innovar de forma autónoma, como haría una mente humana al concebir un concepto totalmente original.

Esa característica hace que la IA sea especialmente eficaz en tareas que implican la reproducción o mejoramiento de conocimientos ya establecidos, como traducción, redacción técnica o generación de código basado en patrones y técnicas conocidas. Por otro lado, actividades que requieren creatividad disruptiva, como la creación de una nueva teoría científica o una obra de arte verdaderamente innovadora, no pueden ser producidos por inteligencia artificial. La IA, por tanto, puede acelerar procesos y ofrecer soluciones eficientes, pero su “creatividad” está siempre vinculada a lo que ya fue hecho y asimilado durante su entrenamiento, sin la capacidad de trascender esos límites por cuenta propia.

En el campo de trabajos altamente cualificados, como ingeniería, diseño o análisis jurídico, la IA tiene el potencial de sustituir o aumentar significativamente la productividad del trabajo, especialmente en tareas que siguen metodologías consolidadas. Por ejemplo, ingenieros pueden usar herramientas de IA para simular proyectos estructurales con base en normas preexistentes, acelerando cálculos e identificando soluciones optimizadas. Arquitectos pueden recurrir a algoritmos para generar planos o prototipos a partir de estilos ya conocidos, reduciendo el tiempo gastado en etapas repetitivas. En áreas como el derecho, la IA puede analizar jurisprudencia y sugerir argumentos con base en casos anteriores, liberando a los profesionales para centrarse en estrategias más complejas.

La productividad, así, se eleva porque la IA automatiza procesos que antes eran demorados, de tal manera que el papel del profesional cualificado se reduce a su capacidad de juzgar, adaptar e integrar esas herramientas a demandas más complejas. La IA tiene el potencial de reducción del tiempo de trabajo, eliminando justamente las tareas intelectuales repetitivas. Sin embargo, en el modo de producción capitalista, esto no significa un trabajo menos tedioso y más provechoso intelectualmente, sino la elevación de la intensidad de trabajo para los que permanecen en el mercado de trabajo y la exclusión de ese mercado de la mayor parte de los trabajadores.

Algunas áreas tienden a prácticamente a extinguirse, mientras otras reciben un fuerte impacto. Con una novedad: **la IA alcanza de lleno a los trabajos técnicos de mayor cualificación.**

Según el estudio de OpenAI, *“GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models”*, la exposición del empleo a modelos de lenguaje avanzados (LLMs), como ChatGPT, es significativamente mayor de lo que indicaban estimaciones anteriores. Mientras estudios previos sugerían que solo el 3% de la fuerza de trabajo en economías desarrolladas (como EE. UU.) verían la mitad o más de sus tareas automatizadas por IA, el análisis de OpenAI señala que aproximadamente 19% de los trabajadores serían impactados en, al menos, el 50% de sus actividades. El estudio indica que aproximadamente el 80% de la fuerza de trabajo de EE. UU. puede tener por lo menos el 10% de sus tareas de trabajo afectadas por la IA. Según el trabajo, sería extraño imaginar un empleo para el cual las herramientas de IA no pudieran ejecutar total o parcialmente una tarea (Eloundou, et. al., p. 5. 2023). Presentamos a continuación una tabla de ese estudio que cita las actividades más afectadas:

Grupo	Ocupações com elevada exposição a IA	% Exposição
Human α	Intérpretes e Tradutores	76,5
	Pesquisadores de opinião pública	75
	Poetas, Letristas e Escritores Criativos	68,8
	Zootecnistas	66,7
	Especialistas em Relações Públicas	66
Human β	Pesquisadores de opinião pública	84,4
	Escritores e autores	82,5
	Intérpretes e tradutores	82,4
	Especialistas em relações públicas	80,6
	Zootecnistas	77,8
Human ζ	Matemáticos	100
	Contadores	100
	Analistas quantitativos financeiros	100
	Escritores e autores	100
	Designers de interfaces digitais e web	100
Model α	Matemáticos	100
	Engenheiros de Blockchain	97,1
	Repórteres Judiciais e Legendadores Simultâneos	96,4
	Revisores e Marcadores de Texto	95,5
	Escrutários de Correspondência	95,2
Model ζ	Contadores e Auditores	100
	Analistas de Notícias, Repórteres e Jornalistas	100
	Secretários Jurídicos e Assistentes Administrativos	100
	Gestores de Dados Clínicos	100
	Analistas de Políticas de Mudança Climática	100
Alta variação	Estrategistas de Marketing de Busca	14,5
	Designers Gráficos	13,4
	Gestores de Fundos de Investimento	13
	Gerentes Financeiros	13
	Avaliadores de Seguros	12,6

Sigue la lista de profesiones con mayor exposición a la IA, que incluye:

- Carreras tecnológicas, como especialistas en blockchain;
- Profesiones de análisis de datos, como matemáticos, analistas financieros, contables y consultores tributarios;
- Áreas de comunicación y creación, como redactores, profesionales de Relaciones Públicas, traductores y compositores.

El estudio de Eloundou y colaboradores (2023, p. 14-15) revela un patrón interesante sobre la exposición de trabajadores a sistemas de IA generativa:

- Profesionales con formación superior o técnico--profesional son los más expuestos a ese tipo de tecnología en el trabajo.
- Trabajadores con educación universitaria incompleta también presentan alta exposición, muchas veces comparable a la de los diplomados.

- Ocupaciones que no exigen credenciales educacionales formales son las menos afectadas por esas herramientas.

Esa distribución ocurre porque las funciones que requieren habilidades cognitivas (análisis de textos, síntesis de informaciones, redacción técnica) – típicas de puestos que exigen o priman la formación académica – son justamente las más susceptibles de automatización vía IA generativa. Mientras, profesiones que requieren enseñanza media, cursos técnicos o entrenamiento práctico – como cocineros, electricistas, peluqueros y auxiliares de salud –, al exigir actividades manuales o que requieren interacción presencial tienden a verse menos impactadas, al menos en el corto plazo.

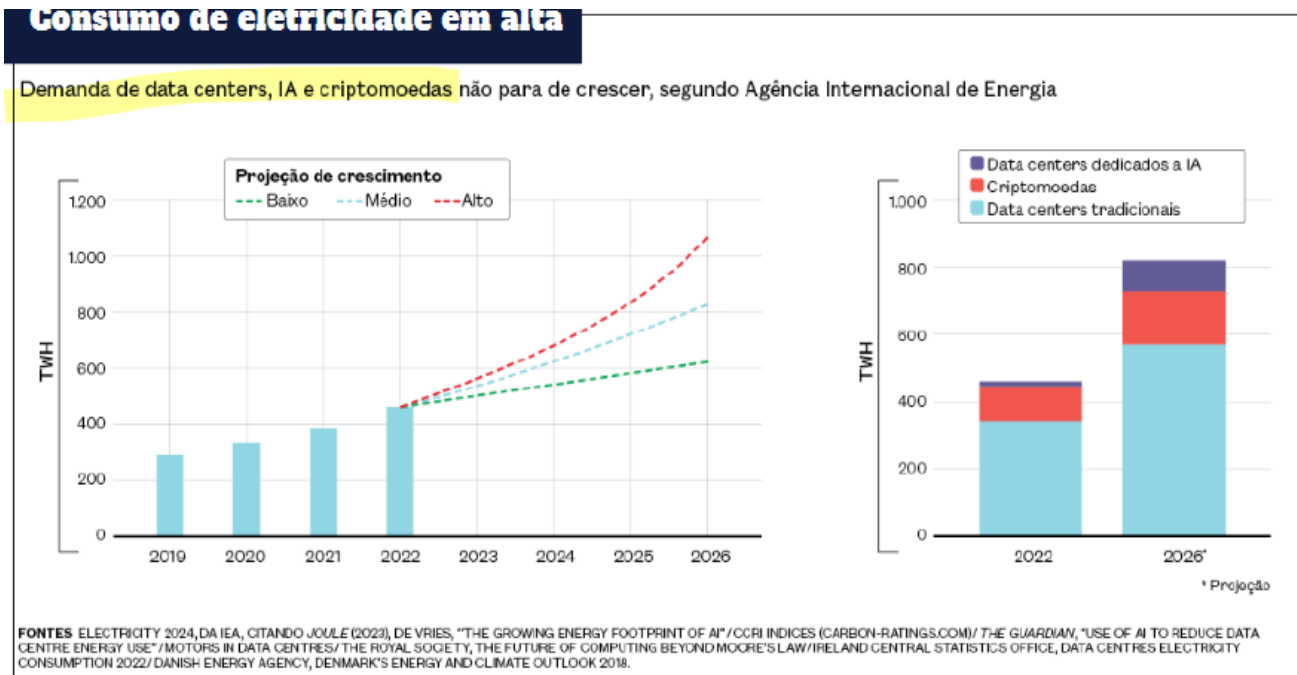
4.3) Los cambios en la matriz energética: alteraciones climáticas?

En ese contexto queremos añadir otro aspecto fuertemente relacionado con la revolución tecnológica en curso, aunque comúnmente revestido del discurso del cambio climático, el calentamiento global, etc., Se trata de la transición energética.

Actualmente, el cambio energético que estamos viviendo, más allá de la búsqueda de fuentes limpias de energía, es una transformación profunda que está íntimamente vinculados a la digitalización y a la “reestructuración” de las mercancías. En este contexto, la tecnología no solo redefine la forma como consumimos energía, sino también cómo son producidas, distribuidas y utilizadas las mercancías. Por ejemplo, los vehículos eléctricos, como ya abordamos, están íntimamente ligados a la nuevas oportunidades de beneficio para las empresas, que venden ahora no solo el producto, sino los servicios relacionados.

No solo eso. Estas nuevas tecnologías, la inteligencia artificial en primer lugar, requieren un coste elevadísimo en términos de energía. Al contrario de la imagen etérea de que los softwares son “inmateriales”, los sistemas de IA y Big data consumen cantidades masivas de energía. Entrenar un único modelo avanzado de IA puede demandar más electricidad que ciudades enteras, con data centers que operan 24/7 [exigiendo no solo energía constante, sino también gran infraestructura de enfriamiento, que implica ingentes cantidades de agua en territorios muchas veces secos. Sin contar con la fuerte contaminación sonora en un amplio entorno de los centros de datos]

En EE. UU., la escalada de esa demanda ha llevado a los gigantes de la tecnología a buscar fuentes controvertidas: Microsoft, por ejemplo, viene invirtiendo en plantas nucleares para alimentar a sus servidores, mientras Amazon y Google disputan licitaciones de energía de base estable —recurriendo muchas veces a combustibles fósiles cuando las renovables no son suficientes. La ironía es evidente: la misma industria que vende la narrativa de “sustentabilidad digital” depende de una matriz energética que todavía no se libra del carbono.



Mientras EE. UU. intentan equilibrar IA y energía nuclear, China avanza en la producción a gran escala de paneles solares y baterías de litio, posicionándose como líder en la transición energética —no por altruismo climático, sino por una estrategia capitalista de dominación en el interior de la división internacional del trabajo. El país domina más de 80% de la cadena global de energía solar, volviéndose proveedor esencial para la infraestructura digital mundial. Sin embargo, esa supuesta “revolución verde” esconde contradicciones: la fabricación de esos paneles todavía depende de carbón en regiones como Xinjiang y la minería de litio para baterías devasta ecosistemas enteros en América del Sur. La transición energética no se mueve por preocupaciones ambientales, sino por una carrera por la soberanía tecnológica en la que energía limpia es, antes de todo, un recurso estratégico.

La narrativa dominante insiste en vincular la transición energética exclusivamente a la emergencia climática, omitiendo que su motor real es la necesidad capitalista de garantizar energía barata y abundante para industrias intensivas, como particularmente la IA. El resultado es una falsa dicotomía: se habla de salvar el planeta mientras se reproduce la lógica extractivista, ahora con nuevas ropajes. La crisis climática, en ese contexto, sirve más como justificación para nuevos monopolios energéticos que como motivación genuina para un cambio.

Los datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE) revelan un escenario preocupante sobre el consumo energético de los data centers globales. En 2022, existían cerca de 8 mil distribuidos por el mundo, con una concentración significativa en EE. UU. (33%), Europa (16%) y China (10%). Juntos, consumieron la impresionante cifra de 460 Terawatts-hora (TWh) de energía - equivalente a casi el 2% de la demanda mundial.

Las proyecciones para 2026 son todavía más alarmantes. La AIE estima que el consumo puede saltar a 800 TWh de media, pudiendo alcanzar 1.050 TWh en el peor escenario o estabilizarse en 620 TWh en una perspectiva más optimista. Esto representa un aumento que varía entre 34, 8% y los impresionantes 128, 3% en solo cuatro años. Estos avances del consumo de energía son aún inciertos, pues dependen también de la eficiencia y posibles mejoras en los procesadores y demás dispositivos de estos procesadores gigantes.

A pesar de que la revolución tecnológica reduce el consumo de materiales como papel, plástico y otros insumos físicos – gracias a la digitalización de productos y servicios – crea una demanda explosiva de energía. Libros, filmes, música, transacciones bancarias, etc. migraron al mundo digital, pero esa aparente “economía” esconde un coste oculto: los data centers, redes de comunicación y dispositivos electrónicos consumen cantidades enormes de electricidad, muchas veces generada por fuentes contaminantes. Lo que se ahorra en celulosa o acrílico se pierde en combustibles fósiles y minería de metales raros, mostrando que la digitalización no es lo “limpia” que parece.

Tecnologías como IA y criptomonedas están creando una crisis energética sin precedentes. Un único entrenamiento de modelo de IA avanzada puede consumir más electricidad que 100 casas en un año entero y la explotación minera asociada al Bitcoin, sola, ya sobrepasa el consumo energético de países como Argentina. Los data centers que sustentan la nube, streaming y finanzas digitales requieren centrales eléctricas enteras dedicadas exclusivamente a alimentarlos, muchas veces quemando carbón bajo el disfraz de “energía limpia”.

Se hace evidente entonces que se abre una nueva disputa en el sector de energía, que envuelve la matriz energética, las nuevas fuentes de energía y una disputa global por los recursos disponibles. Principalmente porque la IA y la automatización están sustituyendo trabajadores en diversos sectores, aumentando el peso de máquinas, softwares e infraestructura (capital fijo) en relación con el trabajo humano (capital variable).

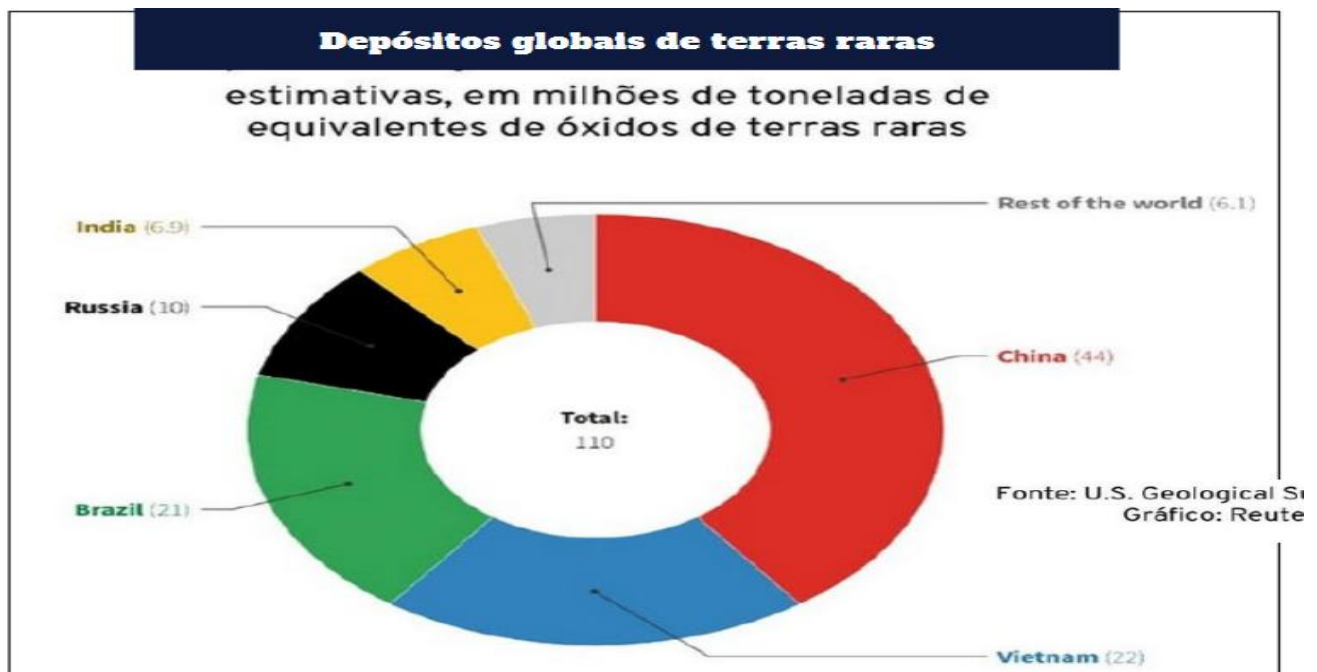
Esa tendencia, como demostró Marx, tiende a reducir la rentabilidad en el largo plazo, ya que el beneficio viene de la explotación del trabajo, no de las máquinas. Para compensar esa caída, las empresas buscan crecer – monopolizando mercados, absorbiendo concurrentes y expandiéndose a nuevos sectores. La centralización del capital se convierte no solo en una estrategia posible, sino en una necesidad: si el beneficio por unidad producida cae, solo queda vender en masa y dominar el mercado. La IA, por tanto, no es solo una herramienta de eficiencia, sino un motor de concentración, centralización de riqueza y poder, lo que es hoy evidente en las grandes Bigtechs que forman los mayores monopolios que el capitalismo nunca ha visto.

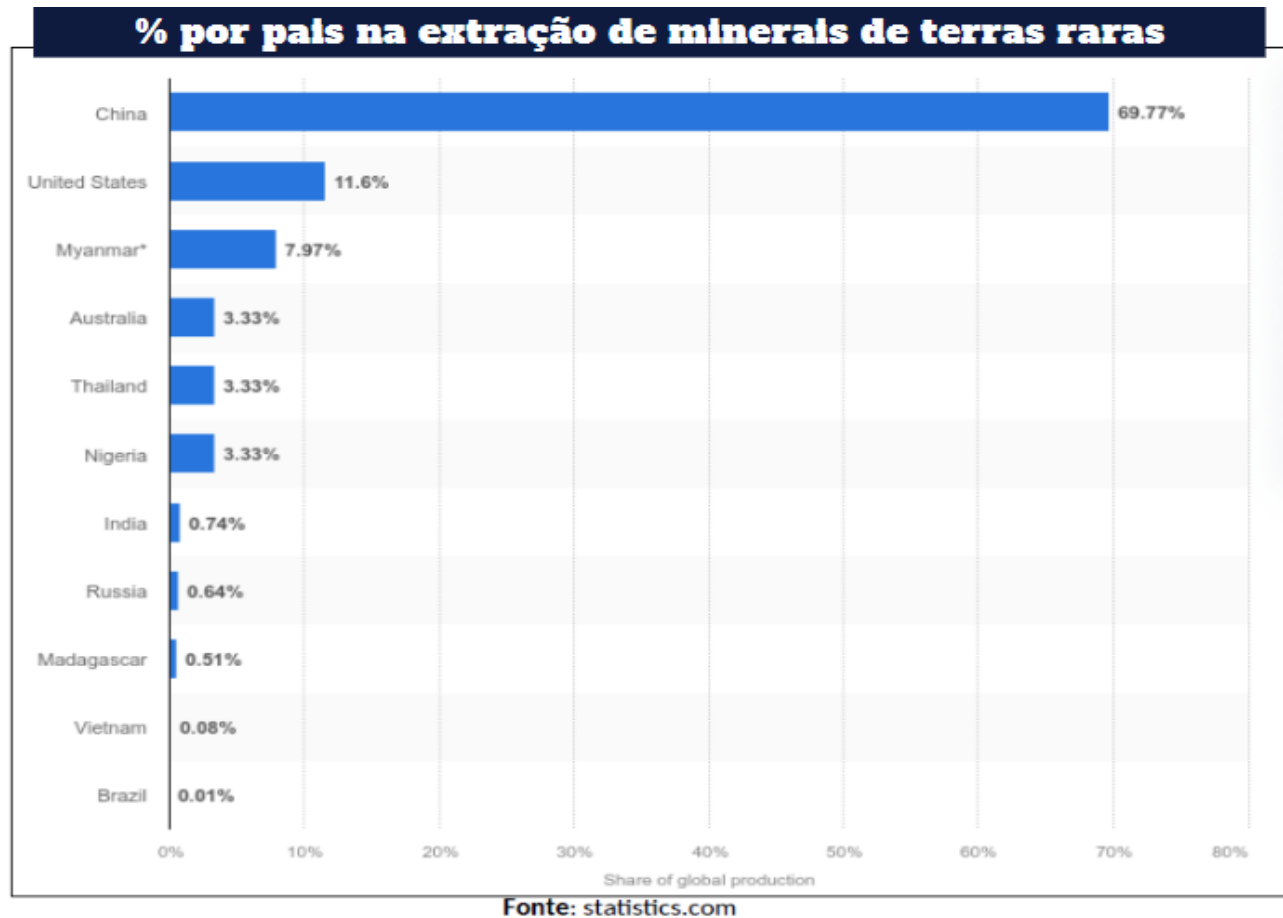
4.4) Los cambios en la matriz mineral: minerales de tierras raras

En verdad, el nuevo escenario, como hemos desarrollado, impacta no solo en los sectores directamente ligados a las nuevas tecnologías, sino que se entrelaza con todos los demás. Alcanza de modo significativo la necesidad de producción energética y el sector extractivo, alterando substancialmente el mapa de la explotación de recursos naturales en el planeta.

La actual revolución tecnológica está redefiniendo radicalmente la matriz productiva mineral global, destacando el ascenso estratégico de los minerales de tierras raras – un grupo de 17 elementos químicos (como neodimio, disprosio e itrio) esenciales para las tecnologías avanzadas. A diferencia de minerales tradicionales (hierro, cobre), esas materias primas son cruciales para la transición energética y la industria 4.0, siendo utilizadas en imanes permanentes de alta eficiencia (motores de coches eléctricos y turbinas eólicas), pantallas de smartphones, láseres y sistemas de defensa. Su extracción, sin embargo, es compleja: exige procesos de separación sofisticados debido a su baja concentración en la naturaleza y a la similitud entre sus elementos químicos.

El papel del Brasil en la división internacional del trabajo es sintomático en ese caso. El país posee una de las mayores reservas de tierras raras del mundo, sin embargo, está prácticamente inexplorado.





La dificultad es que el dominio de esa cadena productiva requiere no solo reservas minerales, sino tecnologías de refinado y transformación avanzadas. Actualmente, China controla cerca de 80% del refinado global, combinando ventajas geológicas con inversiones en investigación y desarrollo (ex.: técnicas de separación por disolventes más eficientes). Países como EE. UU. y Australia intentan reducir esa dependencia invirtiendo en minas alternativas (como la de Mountain Pass, en los EE. UU.) y métodos innovadores, como reciclaje de residuos electrónicos y biomineración (uso de microorganismos para extracción). Las consecuencias ambientales son críticas. El procesamiento tradicional genera residuos radioactivos (torio y uranio) y consume grandes volúmenes de agua y, también, de energía.

La demanda de tierras raras debe crecer 300-500% hasta 2050, impulsada por energías renovables y electrónicos. Esa dependencia creó una nueva frontera de conflictos geopolíticos, con países occidentales acelerando asociaciones (como la UE con Groenlandia) y desarrollando tecnologías substitutivas (ex.: imanes sin disprosio). Paralelamente, ya tenemos desarrollos de extracción mineral 4.0 – con uso de IA para prospección, robótica en minas subterráneas y blockchain de rastreo – que promete revolucionar el sector.

5. Impactos de la Industria 4.0 para la clase trabajadora

Es preciso distinguir propaganda y realidad en la así llamada Industria 4.0. Los textos que abordan el tema hablan constantemente de máquinas, tecnologías y seres humanos trabajando lado a lado en sintonía, con mayor flexibilidad y cualificación de los trabajadores afectados. La realidad, sin embargo, de las empresas que poseen actualmente los más sofisticados sistemas tecnológicos es bien diferente. La modularización y la automatización son una realidad, pero, como máximo, contribuyen en el sentido de una mayor interacción entre gestores y técnicos especializados, universalizando un trabajo todavía más repetitivo, técnicamente sin cualificación y fácil de ser sustituido. Esta constante en el desarrollo del capitalismo, que la Industria 4.0 no hace más que intensificar aún más, viene siendo acompañada de transformaciones de relevo en los aspectos cuantitativos de la división social del trabajo.

En los apartados que siguen, indicamos algunas de esas transformaciones que ya pueden ser verificadas en los sistemas productivos. Dejamos claro que cada uno de esos apartados demanda estudios a parte y con mayor profundidad. En ese capítulo, no hacemos nada más que indicar ciertos aspectos evidentes presentes en cada uno de esos sectores.

5.1) Transformaciones en la Industria

Como fue introducido al tratar de Hyundai, la aplicación de esas tecnologías en el interior de las fábricas, ha inaugurado la aparición de las así llamadas “fábricas inteligentes” monitorizadas por sistemas ciberfísicos que hacen una copia virtual de la realidad y, así, toman decisiones descentralizadas.

La implantación de los nuevos sistemas tecnológicos en las manufacturas promueve una drástica reducción de la masa de trabajadores necesaria para la producción, al mismo tiempo que simplifica las tareas operacionales. Como la propia Hyundai admite, esa transformación disminuye la “dependencia de los trabajadores”, sustituyendo puestos cualificados por funciones descartables, marcadas por una alta rotación y una creciente precarización. Este fenómeno es particularmente visible en la cadena de montaje: la llegada de módulos pre-montados y sistemas automatizados reduce hasta un 60% la necesidad de mano de obra directa, según estudios del MIT (2019).

Paradójicamente, la automatización, mientras dispersa trabajadores, concentra físicamente la producción. La Industria 4.0 exige la integración espacial de proveedores y unidades productivas en complejos industriales únicos, donde todos los eslabones de la cadena operan bajo un mismo sistema automatizado. Esa configuración revierte la tendencia a la fragmentación productiva de las últimas décadas, abriendo camino para una verticalización

inédita. Grandes corporaciones buscan ahora reabsorber actividades tercerizadas - como demuestra la Boeing, que en 2018 anunció planes de internalizar la producción de componentes antes tercerizados, justificando la medida como necesaria para “garantizar patrones de calidad y ritmo productivo”. En la práctica, se trata de una nueva fase de centralización de capital, donde las ganancias de productividad de la automatización permiten controlar cadenas enteras que antes eran externalizadas.

La Industria 4.0 también acelera la “**servitización**” - proceso mediante el cual productos industriales complejos dejan de ser vendidos directamente al consumidor final y se transforman en servicios. Esa tendencia, ejemplificada por empresas como Uber en el sector de movilidad y por Rolls-Royce (que vende “horas de vuelo” de motores aeronáuticos en vez de los motores físicos), representa un cambio radical en el modelo de acumulación. Las fabricantes pasan a actuar como prestadores de servicios, monetizando no solo la producción material, sino todo el ciclo de uso del producto vía plataformas digitales. Esa triple transformación - **precarización del trabajo, verticalización productiva y servitización** - reconfigura profundamente la industria:

- **Trabajo:** Sustitución de empleos estables por funciones temporarias y tercerizadas
- **Cadenas productivas:** Reinternalización de actividades estratégicas por parte de grandes corporaciones
- **Mercado:** Migración del valor económico de la venta de productos al control de plataformas de servicios

El caso de la Boeing ilustra cómo esa dinámica consolida el poder de los grandes capitales: al verticalizar la producción, la empresa no solo aumenta su control sobre la cadena, sino también captura parcelas mayores del valor agregado, marginalizando proveedores menores. La servitización, a su vez, permite que esas corporaciones extraigan ingresos recurrentes de bienes que antes tenían venta única. EL resultado es un escenario donde la Industria 4.0 profundiza tanto la centralización de capital, conformando grandes monopolios, como la precarización laboral.

5.2) Transformaciones en el comercio

Pocos sectores fueron tan radicalmente transformados por los avances de la automatización y de la digitalización como el comercio. La Industria 4.0, con su capacidad de procesar grandes volúmenes de datos (big data) y monitorizar en tiempo real el comportamiento de los consumidores, está redefiniendo por completo las reglas de juego. Gigantes como Amazon ejemplifican ese cambio: al combinar algoritmos de recomendación, sistemas logísticos automatizados y plataformas digitales, esas empresas consiguen concentrar una

parcela creciente del mercado - un fenómeno impresionante cuando se considera que, históricamente, el comercio fue el sector más resistente a la centralización de capital.

Tradicionalmente, el comercio al por menor dependía de una red física descentralizada, con tiendas próximas a los consumidores. Esa necesidad imponía límites naturales a la expansión de las empresas: administrar miles de puntos de venta era caro y complejo, permitiendo la coexistencia de pequeños y medianos negocios con grandes redes. La Industria 4.0 quebró esa lógica. Plataformas de e-commerce, integradas a sistemas de entrega como la Uber Eats o la propia Amazon Logistics, eliminan la necesidad de presencia física generalizada. El resultado es un salto inédito en la centralización: hoy, una única empresa puede dominar parcelas masivas del mercado sin tener que operar tiendas en cada barrio o ciudad.

El verdadero motor de esa transformación es el big data. Al rastrear cada clic, preferencia y hábito de consumo, las plataformas digitales consiguen:

- **Anticipar demandas** con precisión impresionante
- **Personalizar ofertas** a escala individual
- **Optimizar existencias y entregas** de forma global

Esa ventaja competitiva es insuperable para pequeños comerciantes, que no tienen acceso a esos recursos tecnológicos. El caso de la Amazon es emblemático: la empresa no solo vende productos, sino que controla toda la cadena, desde la recomendación algorítmica hasta la entrega final - un nivel de integración que redefine el propio concepto de comercio.

Los números muestran la dimensión de ese cambio: en 2022, solo 10 empresas controlaban el 60% del mercado global de e-commerce, Amazon sola representa más del 37,6% del comercio online en EE. UU. y pequeños comerciantes afrontan tasas de hasta el 30% para aparecer en las plataformas dominantes. Ese escenario crea una paradoja: la misma tecnología que democratizó el acceso al mercado (cualquiera puede vender online) acabó por concentrarlo en pocas manos. La Industria 4.0 no solo transformó el comercio – sino que lo está reconfigurando bajo una lógica donde datos e infraestructura digital son las nuevas monedas de cambio, y donde la centralización alcanza niveles jamás vistos en el sector que antes era el último reducto del pequeño capital.

5.3) El salario por pieza o por servicio prestado

Una de las modalidades de trabajo que se generaliza en este nuevo contexto marcado por la llamada Revolución Industrial 4.0 es la modalidad de salario por pieza. Esta modalidad de salario es presentada con aires de “emprendedorismo”.

El tema es tratado por Marx con detalle en el Libro I de El Capital. En el salario por pieza el pago parece que no esté medido en función del trabajo efectivamente realizado, ya que es pagado en función del número de piezas producidas o por el servicio directamente ofrecido. Muchas veces, con los medios de producción en posesión del propio trabajador. Por ese motivo, esa modalidad de pago aparece como “emprendedorismo” para los trabajadores, porque enmascara la relación de explotación bajo una falsa autonomía. Cuando el pago está vinculado a la producción individual (sea de entregas, productos, vídeos o servicios), se crea la impresión de que el trabajador es un “microempresario”, dueño de sus medios (como un coche, un móvil o una cámara) y gestor de su propio tiempo.

Sin embargo, esa aparente libertad esconde la dependencia estructural: el trabajador no controla las reglas de la plataforma, los precios de los servicios, los algoritmos de distribución o la demanda. Sus “medios de producción” solo tienen valor en tanto están vinculados a una empresa capitalista que los monetiza, transformándolo no en un patrón, sino en un proletario disfrazado de autónomo. La narrativa del emprendedorismo sirve para transferir riesgos y costes (combustible, mantenimiento, equipos) al trabajador, mientras el capital concentra los beneficios.

A pesar de ser pago por pieza, Marx explica que no se trata de un trabajador-capitalista. En ese caso, el productor depende, como cualquier otro trabajador, de la empresa para la cual vende directamente sus productos o servicios. En verdad, lo que ocurre es que sus costes son tercerizados al trabajador. El trabajador puede ser el propietario formal del instrumento, de la herramienta, de la máquina, pero estos solo se convierten en medios de producción por mediación del capital al que el trabajador se vincula y del que depende.

Lejos de ser una excepción a la regla, el trabajo por pieza es la forma más adecuada del capitalismo. El trabajo por pieza posibilita controlar la calidad del producto, de modo que el trabajador no será retribuido si el producto que suministra no posee la calidad media. Además de eso, proporciona al capitalista una medida enteramente determinada de la intensidad del trabajo. O sea, el trabajador es pagado directamente en función de su productividad. Súmese a ello el desplazamiento hacia los trabajadores de los costes relacionados con los medios de producción y su mantenimiento, además de la reducción de los costes de supervisión. Si la forma dominante por la que el salario es pagado no es siempre por pieza, es porque, muchas veces, el trabajador precisa vincularse espacialmente a una máquina automática, así como a la cooperación de múltiples trabajadores. En el capitalismo, las dos formas de salario (por pieza y por tiempo) coexisten una al lado de la otra. Las características del salario por pieza son las siguientes:

- la calidad del trabajo está controlada mediante el propio producto, que tiene de poseer calidad media.

- el salario por pieza proporciona al capitalista una medida precisa para la intensidad del trabajo. O sea, es pagado directamente en función de la productividad.

La lógica del salario por pieza domina sectores cada vez más amplos de la economía:

- **Transporte y entregas:** Uber, 99, Lyft (pago por carrera), iFood, Rappi (pago por entrega)
- **Contenido digital:** Youtubers (remuneración por visualización), TikTokers (pago por views), escritores de la Amazon Kindle (royalties por venta)
- **Microtarefas:** Trabajadores de la Appen, Clickworker (pago por tarea concluida), traductores del Fiverr (por proyecto)
- **Servicios profesionales:** Diseñadores en el 99designs (pago por proyecto), programadores en el Upwork (por hora/tarefa)
- **Vendas directas:** Vendedores de Shopee, Mercado Livre (comisión por venta), suscritos a cursos digitales
- **Economía de cuidados:** Cuidadoras de ancianos por aplicativo (pago por visita), periodistas de GetNinjas
- **Industria creativa:** Músicos en el Spotify (royalties por stream), fotógrafos en Shutterstock (por download)
- **Agricultura digital:** conductores de tractor por aplicación (pago por hectárea cultivado)

En todos esos casos, el trabajador es pagado solo por el “producto final” aprobado (una entrega, un vídeo viral, una traducción), mientras asume todos los costes intermedios (equipamientos, salud, entrenamiento, energía, espacio). La pieza sustituye a la hora de trabajo, pero la explotación permanece, pues el servicio/pieza vendida es solo una fracción de lo que el trabajador produjo, su trabajo necesario contrapuesto al trabajo excedente, o plusvalía, apropiada por la empresa. A pesar de eso, tal modalidad que, por el su propia naturaleza fuerza el trabajador a trabajar al máximo, viene de la mano con la cortina de humo de la “flexibilidad” y del “emprendedorismo individual”.

5.4) Transformaciones en los transportes: Uber, Lyft y Didi etc.

El sector de transportes vive una transformación radical con la Industria 4.0, donde coches autónomos y sistemas centralizados de big data prometen redefinir completamente la movilidad. Pero los cambios más profundos ya están ocurriendo hoy – y su principal símbolo es el ascenso de plataformas digitales como Uber, Lyft y Didi, que están demoliendo el modelo tradicional de taxi y reescribiendo las relaciones laborales.

En el sistema antiguo, los taxistas eran pequeño burgueses precarizados: dueños de sus coches y licencias, actuando de forma relativamente autónoma. Las plataformas destruyeron ese modelo, convirtiendo a esos trabajadores en asalariados por pieza – ahora

dependientes de algoritmos que controlan precios, rutas y hasta sus evaluaciones. El “microemprendedor” del volante en verdad es un trabajador superexplotado:

- 1. Paga su propio coche, combustible y mantenimiento
- 2. No tiene derecho a salario fijo o beneficios
- 3. Es pagado por carrera (pieza), con la plataforma quedándose hasta el 40%
- 4. Puede ser “desconectado” del sistema en cualquier momento por IA

Mientras el modelo de taxi era fragmentado, con miles de propietarios individuales, las plataformas crearon monopolios globales en menos de una década:

- Uber opera en 72 países
- Didi controla el 90% del mercado chino
- Lyft domina el 30% de los EE. UU.

Esas empresas no proporcionan transporte, sino que venden el acceso a un sistema donde:

- Los trabajadores financian los costes de los medios de producción (coches)
- Los algoritmos definen quien trabaja y cuánto gana
- El beneficio se concentra en pocas manos en California o Shenzhen

Con los coches autónomos, la próxima etapa será la eliminación total del trabajador humano. Waymo (Google) y Tesla ya prueban flotas sin conductores en 12 ciudades – cuando esa tecnología madure, hasta los “uberizados” serán descartados, completando la transición de un sector que ya saltó de la pequeña burguesía al proletariado digital y en breve saltará a la automatización total.

Agregamos que el grado de explotación de la fuerza de trabajo y su simplificación ha llevado a remuneraciones y condiciones de trabajo tan inestables en otros sectores que muchos trabajadores están optando, voluntariamente, a migrar al trabajo en plataformas.

5.5) Transformaciones en la comunicación: Facebook, YouTube, TikTok etc.

El sector de comunicación vive una transformación radical con el dominio de las plataformas digitales, donde empresas como Meta (Facebook) y YouTube no solo compiten con los soportes tradicionales, sino que redefinen las propias bases de la producción y capitalización del contenido producido. Mientras redes de televisión y periódicos luchan para sobrevivir, el 78% de los gastos en publicidad digital ya migraron a las plataformas sociales. Esa cambio no significa el fin de los *media* (medios de comunicación) tradicionales, sino su marginalización. Diarios impresos ahora responden por menos de 5% del consumo de noticias entre menores de 30 años (Reuters Institute,

2023), al mismo tiempo que las grandes emisoras adaptan su contenido para formatos de TikTok y Reels.

Tras la ilusión de la democratización de la información y de que “cualquiera puede ser creador”, se esconde una brutal concentración:

1. 95% de la ingresos del YouTube va para solo el 3% de los criadores (Forbes, 2023)
2. El “salario por pieza digital” pay-per-view (en torno de 0,25 a 4,50 dólares por mil visualizaciones) fuerza productores a una línea de montaje de contenido
3. Creadores precisan invertir en cámaras, edición y anuncios - los “medios de producción”- que sufragan para enriquecer las plataformas

Súmese a ello que los algoritmos de las plataformas digitales poseen un gran poder de influencia en la opinión pública, dado que determinan qué contenidos ganan visibilidad, con criterios oscuros. Priorizan temas que generan captación rápida de atención -como polémicas, emociones fuertes o temas viralizables - y atienden a los intereses de anunciantes. Esa dinámica permite que las plataformas interfieran en debates políticos e ideológicos al amplificar ciertas narrativas en detrimento de otras. Lejos de acentuar las libertades individuales, estamos ante el ajuste continuado de los trabajadores de esas plataformas a una lógica férrea, intensa y predeterminada. Entre otras situaciones, tenemos:

- **Periodistas independientes:** ganan por cliques en Substack, compitiendo con máquinas de AI como Bard
- **Podcasters:** Reciben migajas por stream en Spotify (US\$ 0,003 por play)
- **Tiktokers:** Precisan postar 5-10 vídeos diarios para tener chance en el algoritmo
- **Redactores freelancers:** Venden artículos por US\$ 5 en Fiverr

5.6) Transformaciones en los Servicios: Educación y Salud

La Industria 4.0 está transformando radicalmente el sector de servicios, con impactos profundos en los trabajadores y en la estructura de esas actividades. Dos de los mayores sectores – educación y salud – ilustran este cambio, aunque con ritmos distintos:

La universalización de la enseñanza remota, acelerada por la pandemia, permite que instituciones concentren sus operaciones en pocos polos, atendiendo alumnos en todo el país o incluso globalmente. Eso reduce drásticamente la necesidad de profesores presenciales, sustituyéndolos por:

1. **Tutores digitales** (IA generativa corrigiendo trabajos)
2. **Clases grabadas** (un único profesor puede alcanzar millones)
3. **Plataformas automatizadas** (como Coursera y Udemy, que operan con menos de 10% de los trabajadores de una universidad tradicional)

Impactos para los trabajadores:

- **Precarización:** Contratos temporales para tutores y monitores
- **Rotatividad:** Salarios por hora/aula, sin estabilidad. O sea, salario por pieza
- **Desvalorización:** El contenido patronizado reduce la necesidad de especialización

No sin razón, el mercado de Educación a Distancia en el Brasil creció 378% entre 2019 y 2023 (ABED, 2023), mientras facultades físicas despidieron al 22% de los docentes (INEP, 2022).

En la salud, la teleconsulta avanza, especialmente en atención básica. Empresas como Amil y Einstein ya ofrecen diagnósticos remotos para casos simples (gripe, alergias), pero el modelo tiende a expandirse:

- **Diagnósticos por IA:** Sistemas como IBM Watson analizan síntomas con 90% de precisión en enfermedades comunes (Nature, 2022)
- **Enfermeros virtuales:** Chatbots orientan a pacientes crónicos, reduciendo la necesidad de consultas presenciales

Impactos para los trabajadores:

- **Polarización:** Médicos especialistas siguen valorizados, mientras generalistas pierden espacio
- **Tercerización:** Auxiliares de telemedicina trabajan bajo regímenes de plataforma (ex.: médicos cubanos contratados por hora vía apps)
- **Presión por productividad:** Consultas rápidas (15-20 minutos) se convierten en norma

El mercado global de telemedicina debe alcanzar US\$ 460 mil millones hasta 2030 (Grand View Research, 2023), mientras puestos en clínicas locales caen 7% al año (OMS, 2023). Así como en el comercio, la digitalización permite que pocas empresas dominen sectores enteros: En la educación tenemos Kroton (Brasil) y Pearson (Reino Unido). En salud: UnitedHealth Group (dueña de Amil) es líder en teleconsultas en los EE. UU.

5.7) Transformaciones en el sector bancario

Como ya argumentamos, una de las principales novedades de la llamada Industria 4.0 es exactamente es desarrollarse en mayor profundidad en sectores distintos del industrial. El

sector bancario es, con toda certeza, uno de los más impactados por las transformaciones en curso. En este sector, los cambios se dan en dos ámbitos. El primero de ellos se refiere al surgimiento de nuevas modalidades del sector, como las llamadas fintechs o nuevas modalidades de operación, como los open banking. El segundo ámbito se refiere al cambio completo de la propia actividad del trabajador bancario en función de la automatización de las actividades y de las tomas de decisión hechas por medio de sistemas automatizados.

Comencemos por las Fintechs:

El término surgió de la combinación de dos palabras en inglés: financial y technology. En castellano tenemos la expresión “tecnología financiera”. Qué significa esto? Se refiere a las startups del sector financiero que son empresas que desarrollan productos financieros integralmente digitales, con soluciones para tarjeta de crédito, cuenta digital, tarjeta de débito, préstamos, seguros etc. La diferencia técnica es la posibilidad de que los usuarios de esas empresas realicen sus servicios enteramente por medio de ordenadores y smartphones, sin nunca precisar pisar una agencia; ni tampoco acceder al dinero en su modalidad física. Las diversas tecnologías utilizadas por las fintechs son mismas que caracterizan los demás sectores, sin embargo, por tratarse de servicios que pueden ser hechos integralmente por medios virtuales, pueden desarrollarse en mayor profundidad. Las principales tecnologías son:

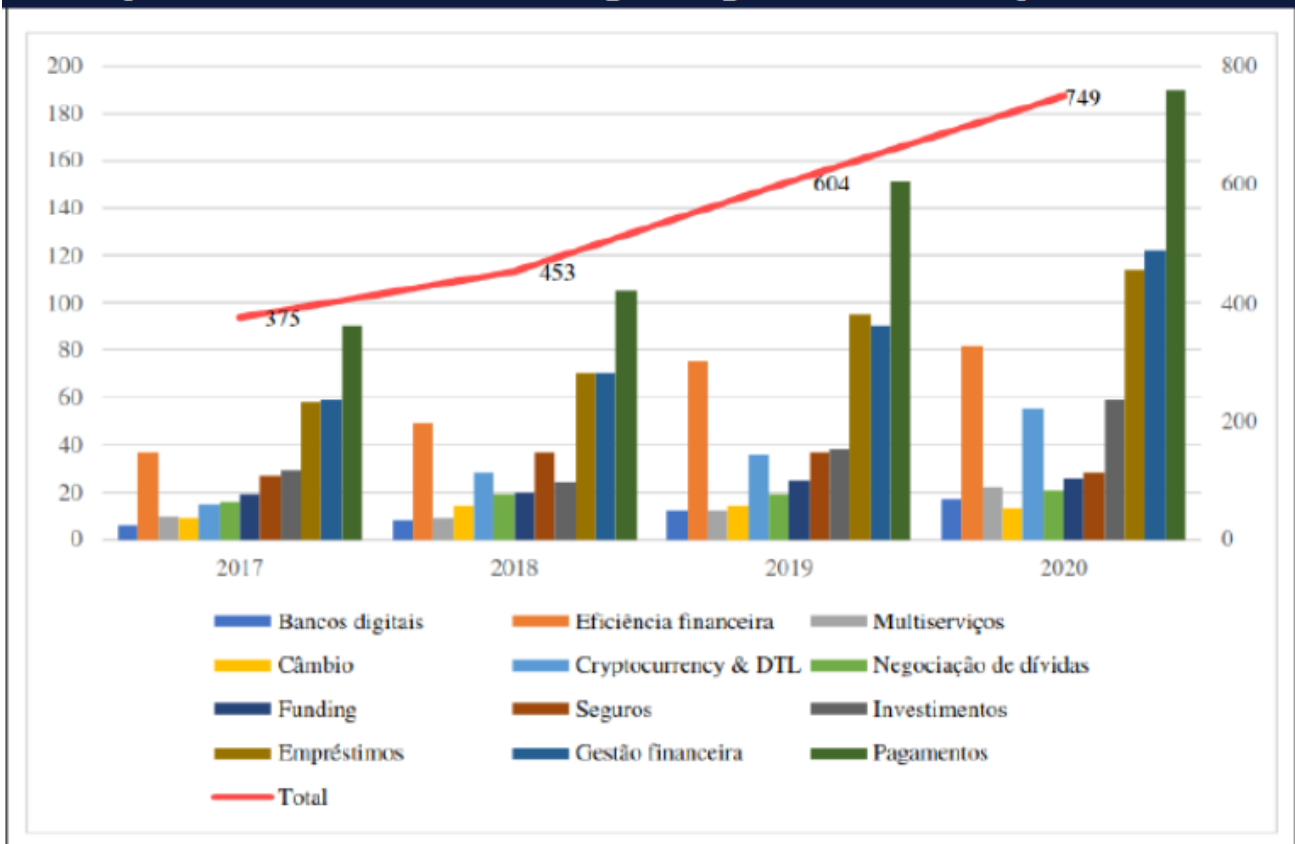
- **Big Data:** posibilita el almacenamiento y la interpretación de un gran volumen de datos.
- **Blockchain:** estructura de almacenamiento y transmisión de datos en bloques.
- **Internet of Things (Internet de las Cosas -IoT-):** capacidad de captar y enviar por internet datos sobre el comportamiento de sus usuarios.
- **APIs (Application Programming Interface):** posibilita que dos aplicaciones se comuniquen entre sí, facilitando la integración entre dos interfaces de programas.
- **Machine Learning** (aprendizaje de máquina): campo de la IA que interpreta automáticamente los datos de modo que puedan trazar modelos matemáticos para previsiones y toma de decisiones con menores riesgos.
- **Cloud Computing (Computación en nube):** ayuda en el procesamiento y almacenamiento de grandes cantidades de datos y en la capacidad de computación, con una mayor flexibilidad y menor coste, en cualquier lugar y momento.

Desde el punto de vista de los trabajadores, las fintechs se caracterizan por una enorme reducción de la masa de fuerza de trabajo en la medida que apenas poseen costes en estructuras físicas, como agencias. Además, la casi totalidad del trabajo puede ser hecha

de forma remota, tercerizando parte de los costes de la empresa (equipos, energía e infraestructura) a los domicilios de los trabajadores.

Durante la pandemia de COVID-19 hubo un gran crecimiento de esa modalidad de empresas en el Brasil. Desde entonces, vemos un asombroso crecimiento de esa modalidad de empresas en el Brasil, con podemos ver:

Evolução das fintechs no Brasil, por segmento de atuação, 2017-2020

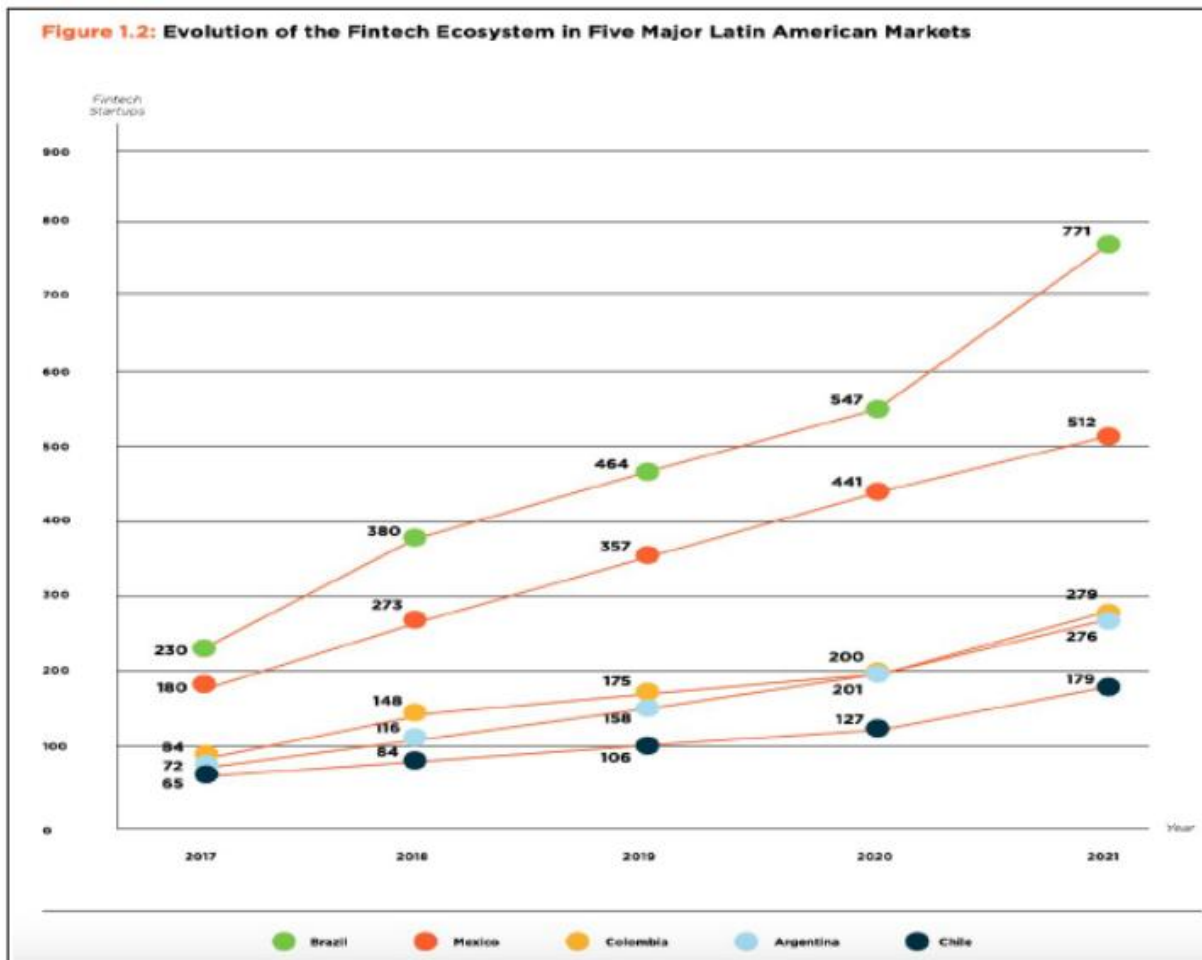


Tres elementos del cuadro se destacan: pagos, préstamos y gestión financiera.

- **fintechs de pago:** ofrecen soluciones de pago por medio de plataformas de pago móviles tales como tarjetas virtuales, transferencias y soluciones de pago para puntos de venta.
- **fintechs especializadas en préstamos:** son intermediarias entre inversores y tomadores, siendo este inversor otra persona, grupo de personas o los propios recursos de la fintech. El crédito a los consumidores es ofrecido por medio de una plataforma basada en la internet.

- **fintechs de gestión financiera:** procura optimizar las finanzas personales o empresariales, como soluciones de contabilidad digital, facturación electrónica, soluciones de ahorro y control de gastos e ingresos.

En una recogida de datos hecha por PwC junto con la Asociación Brasileña de Fintechs (ABFintechs), en 2019, se muestra que, en 2018, el 38% de las fintechs ganaban más de R\$ 1 millón (de reales) por año, aunque el 70% empleasen menos de veinte trabajadores. Entre 2017 y 2020, la tasa media de crecimiento de las fintechs en el Brasil fue, en media, 26% al año. No sin razón, el país es líder en esa modalidad de empresas en la América Latina, de acuerdo con el BID (2018).



Ese cuadro, puede llevar a la conclusión de que las fintechs es un mecanismo que posibilitará al Brasil superar el monopolio de los cinco grandes bancos, responsables de casi el 80% del crédito en circulación en Brasil. Nada más falso. Es lo que indicamos considerando las mayores fintechs que actúan en el país.

Visión general de informaciones disponibles de fintechs brasileñas seleccionadas actuantes en el país, excluyendo bancos digitales:

brasileiras selecionadas, excluindo bancos digitais			
	Segmento	Ano de fundação	Informações disponíveis
 creditas Creditas	Empréstimos (SCD)	2012	Produto: empréstimo c/ garantia; 1.600 funcionários; R\$ 1.2 bi recebidos em investimentos; investidores: SoftBank, Kaszek Ventures, Redpoint e Ventures; atua no BR, México e Espanha; + de 5 mi de solicitações de empréstimos; era “BankFácil” até 2017.
 ContaAzul ContaAzul	Gestão financeira	2011	Produto: gerenciamento financeiro para empresas; investidores: Tiger Global, Endeavor Catalyst, Ribbit Capital, 500 Start-ups; mais de 800 mil empresas já utilizaram; parceira do Banco do Brasil; 4 meses no Vale do Silício (2011).
 PicPay PicPay	Pagamentos	2012	Produto: carteira virtual; mais de 36 mi de usuários; 1.800 funcionários; aprox. R\$ 2 bi em transações por mês; parcialmente controlada pelo Banco Original (banco digital) e pela J&F Investimentos.
 NEXOOS Nexoos	Empréstimos (SEP)	2015	Produto: empréstimos P2P; aprox. R\$ 334 mi concedidos a empresas; empresa de capital aberto; nicho de mercado: micro e pequenas empresas; aprox. 50 mil investidores registrados no modelo P2P (empréstimo entre pessoas).
 ÓRAMA Órama	Investimentos	2011	Produto: investimento comercializado no modo arquitetura aberta (oferta produtos também de outras instituições); sem taxas para Tesouro Direto e renda fixa; parcialmente controlada pelo Grupo Globo.
Nota: os dados foram obtidos nos sítios das instituições. Disponíveis em https://www.creditas.com/ ; https://contaazul.com/ ; https://www.picpay.com/site ; https://www.nexoos.com.br ; https://www.orama.com.br/ , todos acessados por último em 30/01/2021.			

Lo que merece destaque en esa tabla son las fuentes de financiación de las fintechs. Podemos ver que, lejos de ser proyectos autónomos desconectados de las instituciones financieras tradicionales, todas ellas están asociadas a un gran grupo económico. Existe una parte cuyos inversores son empresas nacionales, como la J&F o Globo, mientras la mayor parte tiene origen en capital extranjero.

Una de las principales consecuencias de la llamada Industria 4.0 en el sector bancario es la entrada de capital bancario extranjero en el interior del sistema brasileño. Esa entrada es posibilitada por medio de estas nuevas modalidades de negocio.

Analizamos, finalmente, los **bancos digitales**. Un banco digital es una fintech, pero con algunas especificidades. Un banco digital comercializa y opera cuentas digitales desde su apertura al cierre y también algunas operaciones financieras, todas exclusivamente online. Un banco digital capta y gerencia recursos de terceros sin tener que recurrir a estructuras físicas y relaciones comerciales. La principal diferencia es el precio elevado de las estructuras físicas, que, por regla general, son operadas por un gran contingente de

trabajadores. Posee, así, una base de clientes propia, así como su propia estructura operacional. Según FintechLab, el número de bancos digitales en el Brasil viene creciendo año tras año, habiendo pasado de seis, en noviembre de 2017, a ocho, en agosto de 2018, después a 12, en junio de 2019, y ahora 17, en agosto de 2020. Veamos los datos de los principales bancos.

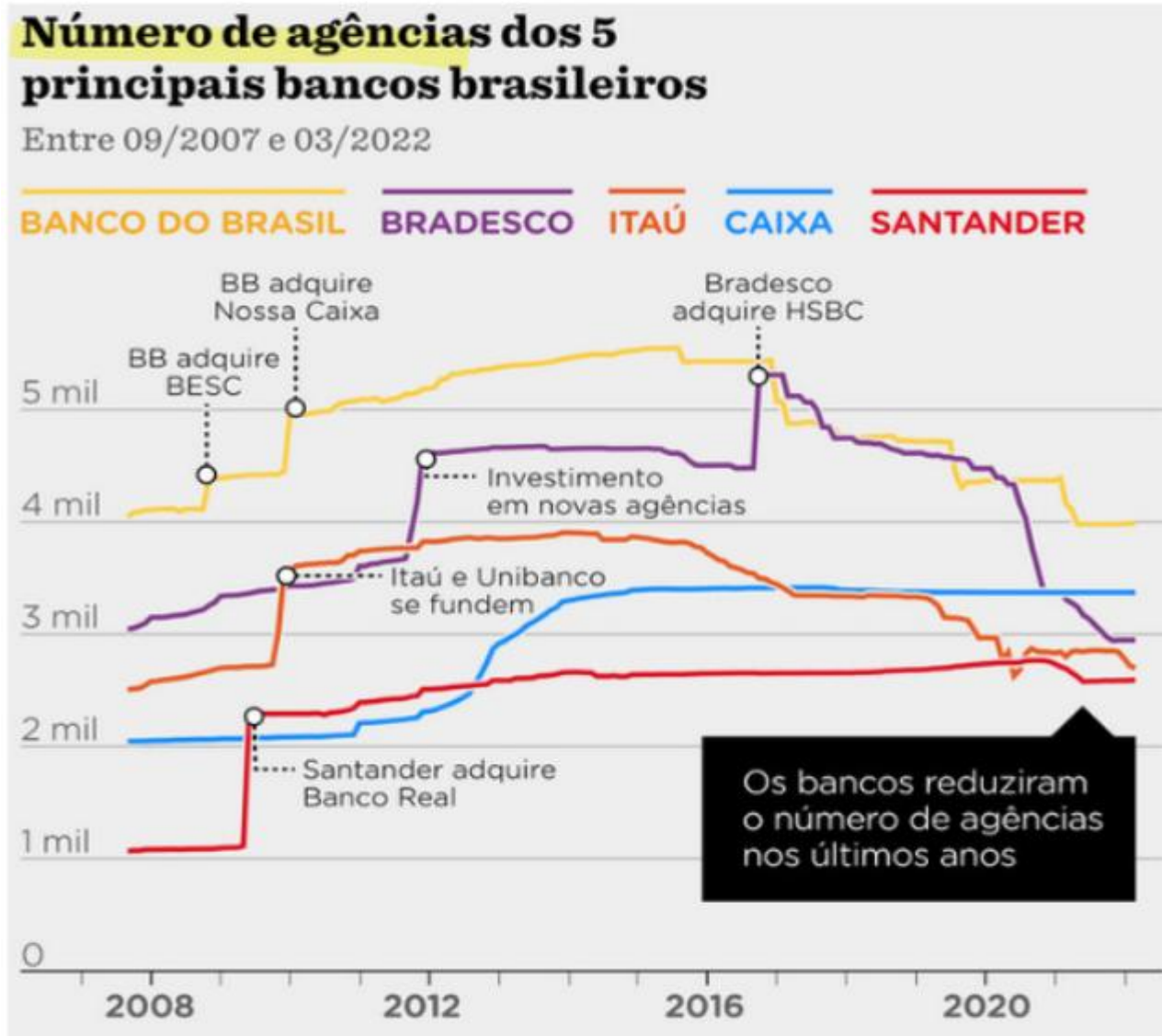
Principais bancos digitais brasileiros, dados selecionados							
	Fundação	Base de clientes	Número de funcionários	Depósitos	Funding	Principais investidores	Ativos totais
 Nu Pagamentos SA	2013	34 milhões	2.720 (1)	R\$ 4.1 bilhões (1)	US\$ 1.5 bilhões	Sequoia Capital, Goldman Sachs, Redpoint, Ribbit Capital, TCV	R\$ 19 bilhões (1)
 Banco Inter SA	2015 (2)	8.5 milhões	1.538	R\$ 3.6 bilhões (3)	US\$ 330 milhões	Softbank, Banco Inter	R\$ 12.4 bilhões (3)
 Banco Original SA	2016 (4)	3.7 milhões (5)	1.350	R\$ 320 milhões (5)	US\$ 150 milhões	J&F Investimentos	R\$ 14.5 bilhões (5)
 Banco Next	2017	3.2 milhões	-	-	US\$ 162 milhões	Bradesco	-
Nota: os dados foram obtidos nos sítios das instituições. Disponíveis em https://blog.nubank.com.br/balancos-nubank-transparencia/ ; https://www.bancointer.com.br/ ; https://www.original.com.br/ ; https://next.me/ ; todos acessados por último em 02/02/2021.							

O sea, lejos de amenazar, por ahora, la predominancia de los grandes Bancos, las fintech han sido bienvenidas e incorporadas, a través de nuevas personas jurídicas o no, a la estructura de los bancos tradicionales. En verdad, ellas aportan una gran posibilidad para la reducción brusca del total de trabajadores, incluyendo los cualificados, debido a la automatización de sistemas que incorporan un elevado grado de IA. Súmese a ello que, allí donde nuevas fintechs y bancos digitales surgen desvinculados de los grandes bancos nacionales, son inversores y capital extranjero que migran a tierras brasileñas en busca de apropiarse de una nueva porción de capital.

5.7.1) Automatización en el trabajo bancario

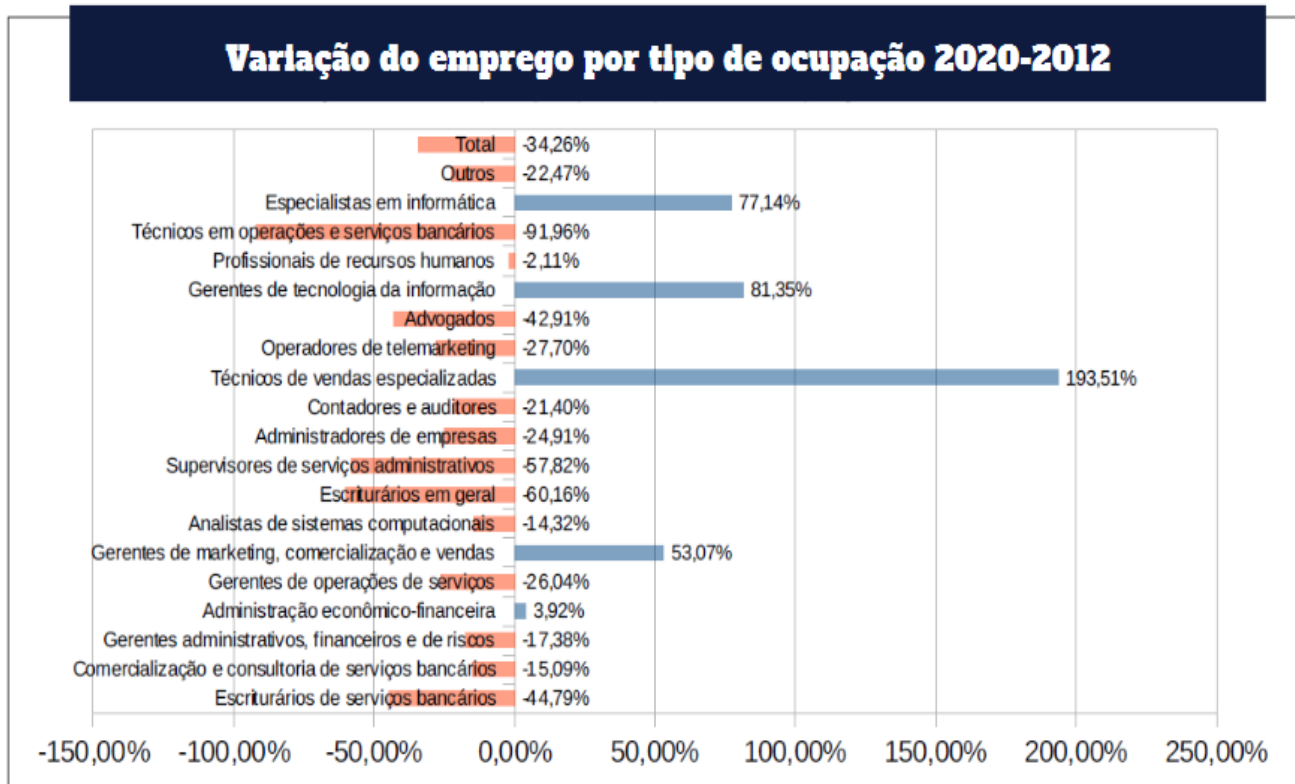
Como ya argumentamos, una de las principales novedades de la Industria 4.0 es justamente su desarrollo en mayor profundidad en sectores distintos del industrial. El sector bancario es, con toda certeza, uno de los más impactados por las transformaciones en curso. En ese sector, los cambios procedentes de la llamada industria 4.0 se dan en

dos ámbitos. El primero de ellos es en relación con la aparición de nuevas modalidades en el sector, como las fintechs, o nuevas modalidades de operación, como los open banking. El segundo ámbito es con relación al cambio completo de la propia actividad del trabajador bancario en función de la automatización de las actividades y de las tomas de decisión por medio de sistemas automatizados. Comencemos por las fintechs.



En el caso del sector bancario, las nuevas tecnologías han permitido la operación instantánea, virtualización y descentralización de los servicios bancarios, con abolición o reducción de tareas en las agencias físicas. Esta cambio también puede ser observado en el análisis de los trabajadores del sector según el tipo específico de ocupación.

Presentamos la siguiente **serie histórica** entre 2006 y 2020 y la variación 2020/2012:



CBO 2002 Família	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020/2006	2020/2012
Escriturários de serviços bancários	146.419	179.560	191.833	197.149	199.039	189.302	170.733	165.537	162.057	116.350	108.852	-25,66%	-44,79%
Comercialização e consultoria de serviços bancários	35.486	27.850	43.036	51.005	48.531	50.036	49.670	50.340	51.917	52.972	43.307	22,04%	-15,09%
Gerentes administrativos, financeiros e de riscos	19.370	16.776	23.278	25.937	25.259	26.304	26.659	29.350	30.500	28.282	21.428	10,62%	-17,38%
Administração econômico-financeira	8.682	10.740	12.233	13.480	14.658	15.403	13.532	14.430	14.626	16.008	14.008	61,35%	3,92%
Gerentes de operações de serviços	25.894	18.667	16.851	18.644	18.065	20.054	21.361	21.015	18.107	17.033	13.789	-46,75%	-26,04%
Gerentes de marketing, comercialização e vendas	10.812	10.096	7.368	8.366	9.532	7.505	6.720	6.522	12.161	13.028	12.806	18,44%	53,07%
Analistas de sistemas computacionais	8.921	9.345	9.462	11.133	8.717	8.091	6.694	7.014	9.582	10.652	9.539	6,93%	-14,32%
Escriturários em geral	24.649	19.247	23.033	19.793	12.972	13.119	13.242	12.822	7.293	10.963	7.886	-68,01%	-60,16%
Supervisores de serviços administrativos	8.104	16.689	16.484	17.714	14.983	14.782	14.850	10.701	9.529	8.188	7.471	-7,81%	-57,82%
Administradores de empresas	3.956	5.719	6.487	7.113	8.659	10.862	9.999	8.298	7.861	8.325	5.341	35,01%	-24,91%
Contadores e auditores	3.013	3.440	3.892	4.560	4.008	4.015	4.259	3.992	3.864	3.694	3.584	18,95%	-21,40%
Técnicos de vendas especializadas	361	10.070	565	1.187	3.910	4.530	6.659	5.569	3.936	5.303	3.484	865,10%	193,51%
Operadores de telemarketing	3.987	4.658	5.402	3.614	4.366	6.357	6.215	5.688	5.101	5.516	2.613	-34,46%	-27,70%
Advogados	2.081	2.271	2.649	2.939	2.732	2.791	2.699	2.730	2.669	1.746	1.678	-19,37%	-42,91%
Gerentes de tecnologia da informação	747	812	864	724	1.324	1.362	1.191	1.332	1.323	1.397	1.313	75,77%	81,35%
Profissionais de recursos humanos	645	714	832	1.232	1.045	1.174	1.237	1.044	1.246	1.293	1.206	86,98%	-2,11%
Técnicos em operações e serviços bancários	22.311	21.315	15.639	13.864	12.230	10.918	14.289	13.060	6.297	4.293	1.115	-95,00%	-91,96%
Especialistas em informática	116	296	428	595	638	780	1.089	1.162	1.343	1.251	1.054	808,62%	77,14%
Outros	18.963	17.533	14.735	15.731	16.147	15.150	15.498	14.911	14.381	17.083	12.197	-35,68%	-22,47%
Total	344.517	375.798	395.071	414.780	406.815	402.535	386.596	375.517	363.793	323.377	272.671	-20,85%	-34,26%

Fonte: RAIS. Elaboração: ILAESE.

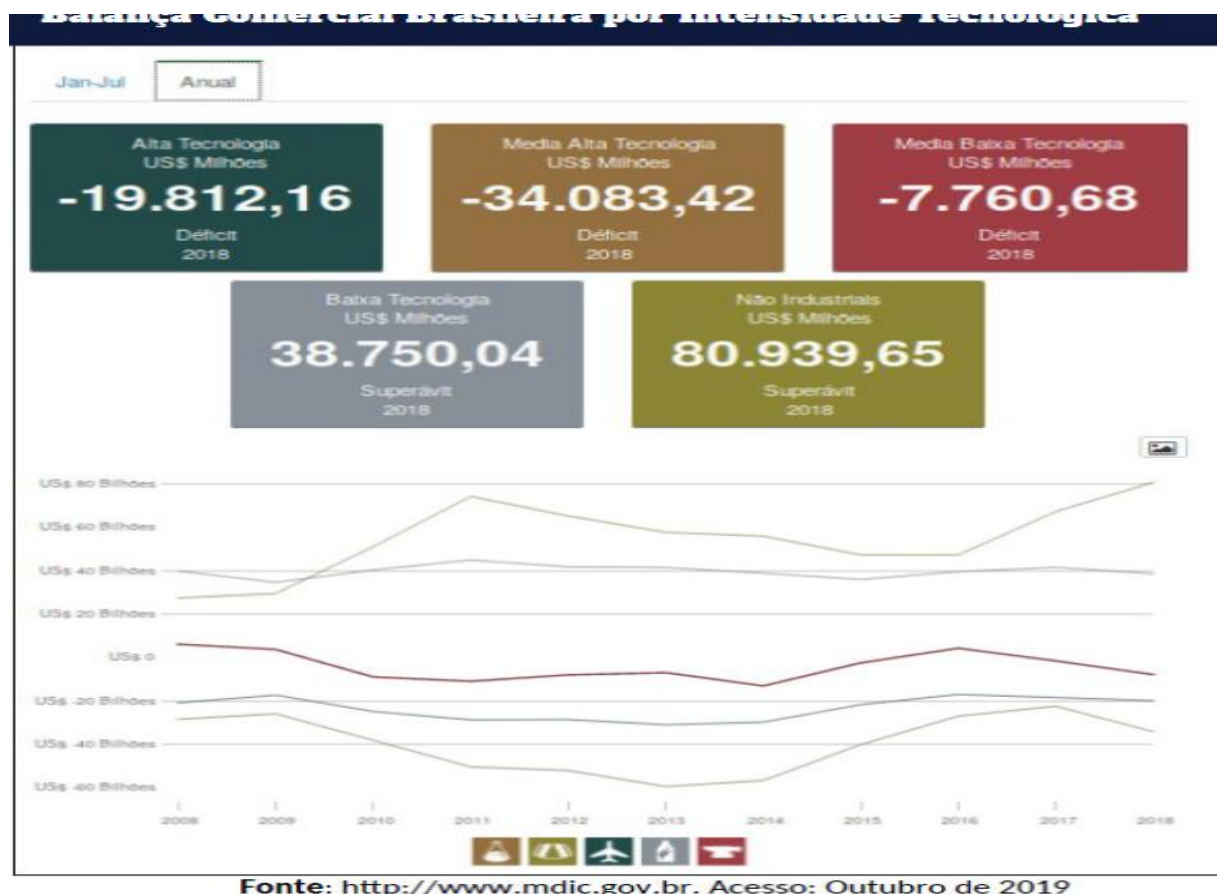
Lo que llama la atención es la reducción masiva de los trabajadores clasificados, según la CBO de la RAIS, como administrativos de servicios bancarios y administrativos en general. En el primero caso, se pasó de 197 mil trabajadores empleados en 2012 a 108 mil a finales de 2020, una caída de 44%, mientras que en el caso de los segundos la caída fue del 60%.

La gran contradicción, como podemos ver, no es el uso de la tecnología en cuanto tal. El problema es que, la tecnología, lejos de servir para simplificar el trabajo y reducir la jornada, es utilizada por el capital bancario para despedir trabajadores en masa y, de esa forma, reducir la masa salarial y maximizar los beneficios. Las transformaciones tecnológicas sitúan como cuestión de vida o muerte para los trabajadores del sector la reducción de la jornada de trabajo y transformaciones sociales profundas que ataquen la naturaleza misma de una forma de organización social que utiliza las conquistas humanas contra la masa de los trabajadores y de la población, en lugar de colocarlas al servicio de su desarrollo.

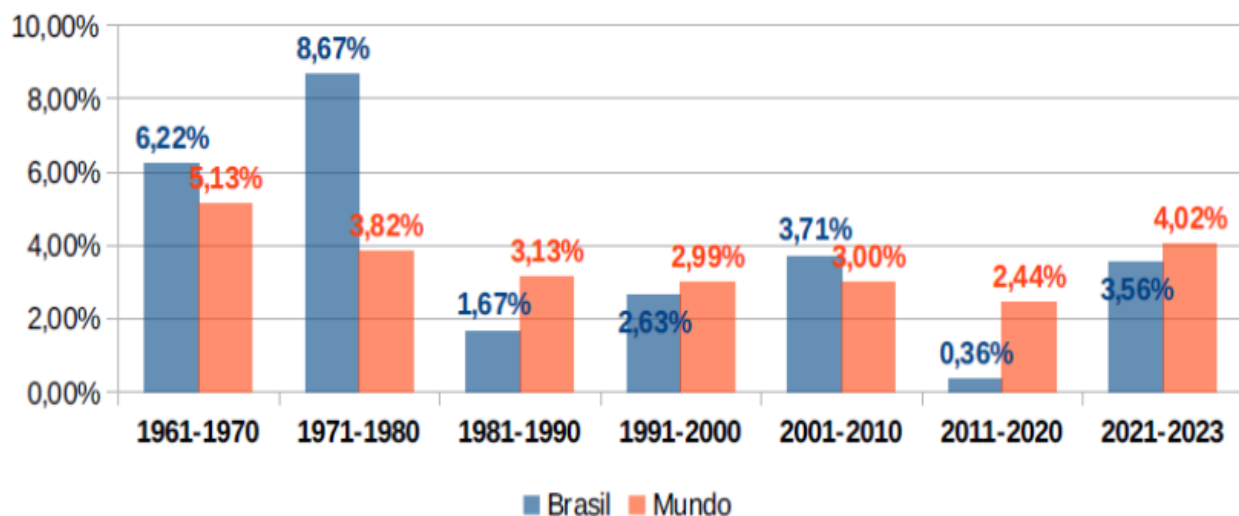
6. El Brasil ante una nueva revolución tecnológica

Aquí solo vamos a incorporar los subtítulos y cuadros del trabajo original

Balança comercial brasileira por intensidade tecnológica:



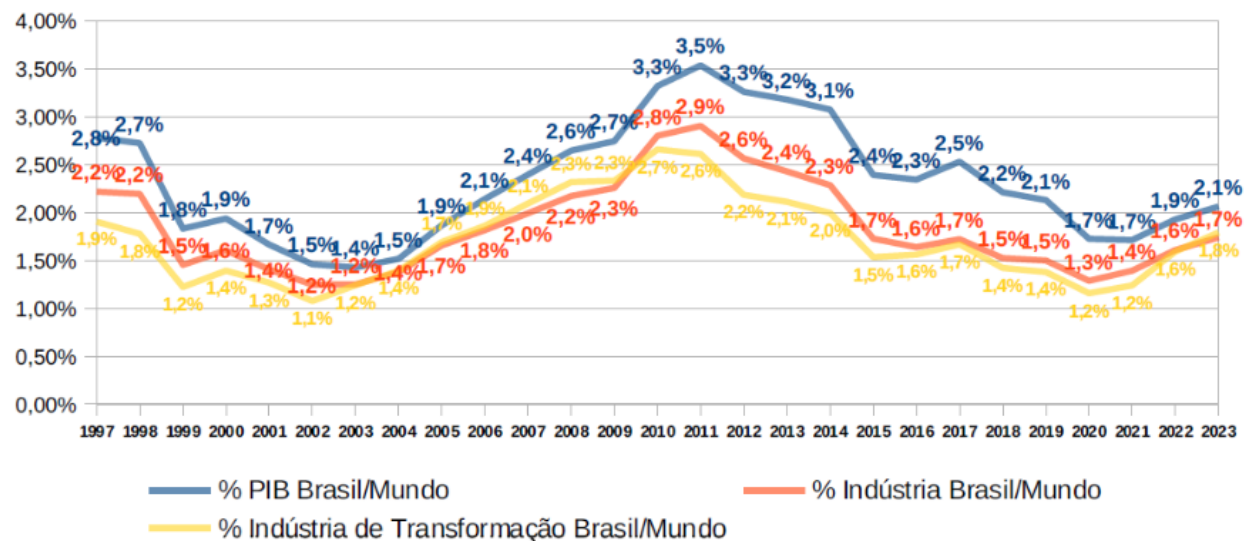
Crecimiento médio anual do PIB no Brasil e no Mundo por década



Fonte: databank.worldbank.org. Elaboração: ILAESE

6.1) La desindustrialización relativa

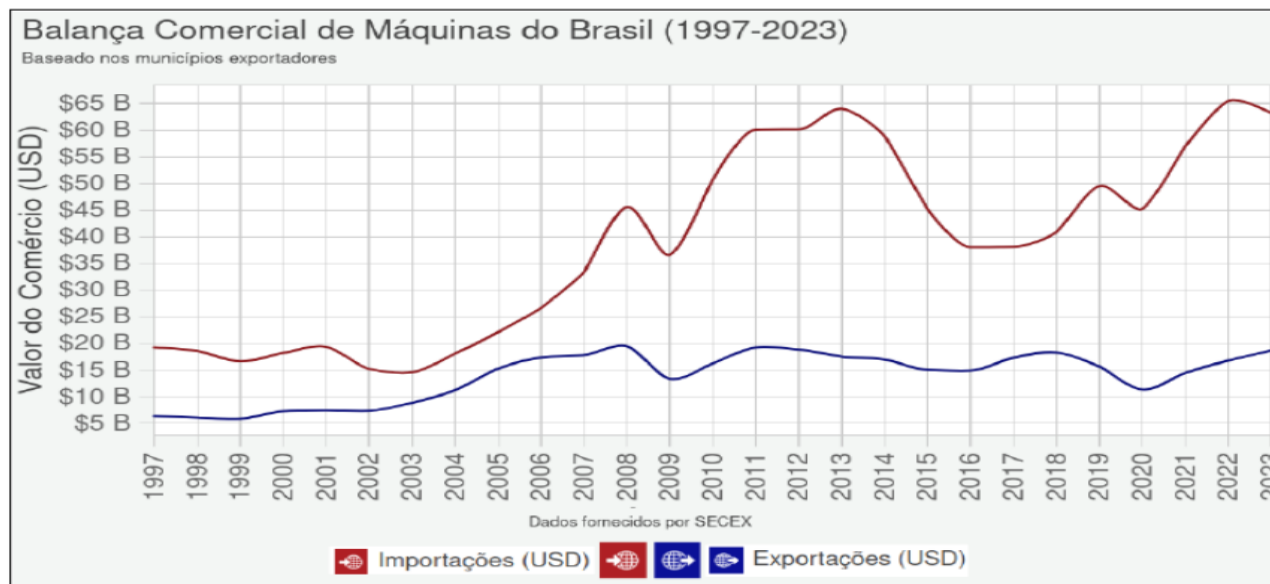
Brasil no Mundo: ótica do PIB



Fonte: databank.worldbank.org. Elaboração: ILAESE

6.2) Un nuevo ciclo de dominación en el país

1) Desconexión entre producción bienes de capital y de consumo final:



Elaboração: Data Viva

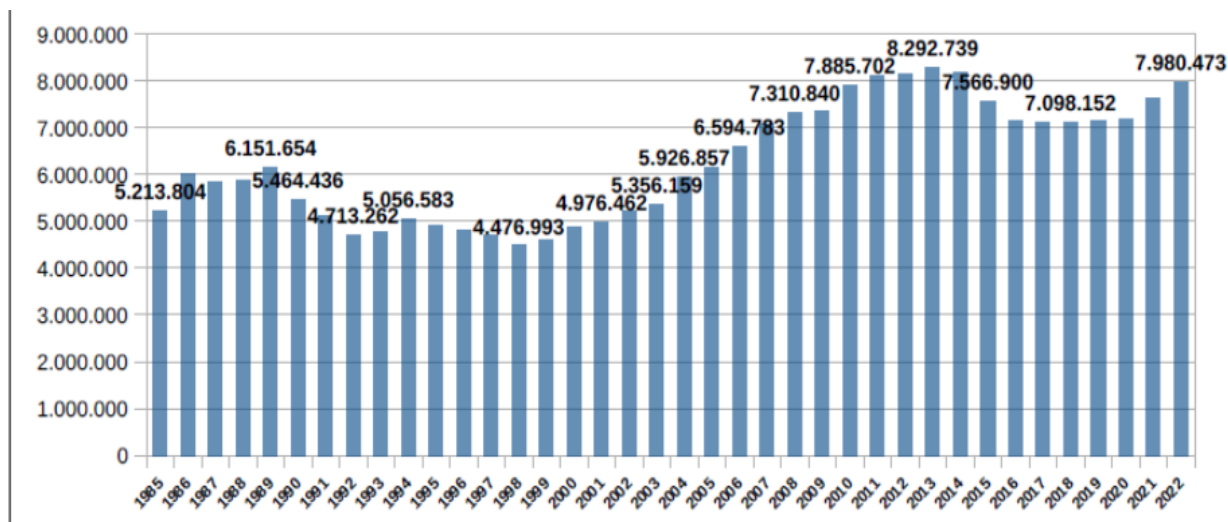
Máquinas Exportações (USD)		Máquinas Importações (USD)	
participação	5,5%	participação	26,4%
Valores Básicos		Valores Básicos	
Exportações	\$18,6 B	Importações	\$63,3 B
Peso das Exportações	1,64 B kg	Peso das Importações	4,31 B kg
Exportações por peso	\$12 Mil	Importações por peso	\$9,61 Mil
Incluindo		Incluindo	
Veículos de grande porte para construção	\$3,48 B	Turbinas a gás	\$6,58 B
Peças para motores	\$1,51 B	Circuitos integrados	\$4,83 B
Motores elétricos	\$735 M	Dispositivos semicondutores	\$4,24 B
Transformadores elétricos	\$673 M	Telefones	\$4,07 B
Válvulas	\$664 M	Transmissões	\$2,2 B
Bombas de ar	\$617 M	Válvulas	\$1,77 B
Centrifugas	\$602 M	Transformadores elétricos	\$1,72 B
Colheitadeiras	\$592 M	Peças para motores	\$1,54 B
Turbinas a gás	\$580 M	Discos para gravação de dados digitais	\$1,45 B
Transmissões	\$575 M	Outros maquinários	\$1,34 B
Motores de ignição por centelha	\$558 M	Centrifugas	\$1,34 B
Fio com isolamento	\$513 M	Aparatos de proteção de baixa tensão	\$1,32 B
Bombas para líquidos	\$412 M	Fio com isolamento	\$1,25 B
Máquinas para pulverização	\$411 M	Bombas de ar	\$1,22 B
Outros maquinários	\$402 M	Discos fonográficos	\$1,18 B

Elaboração: Data Viva

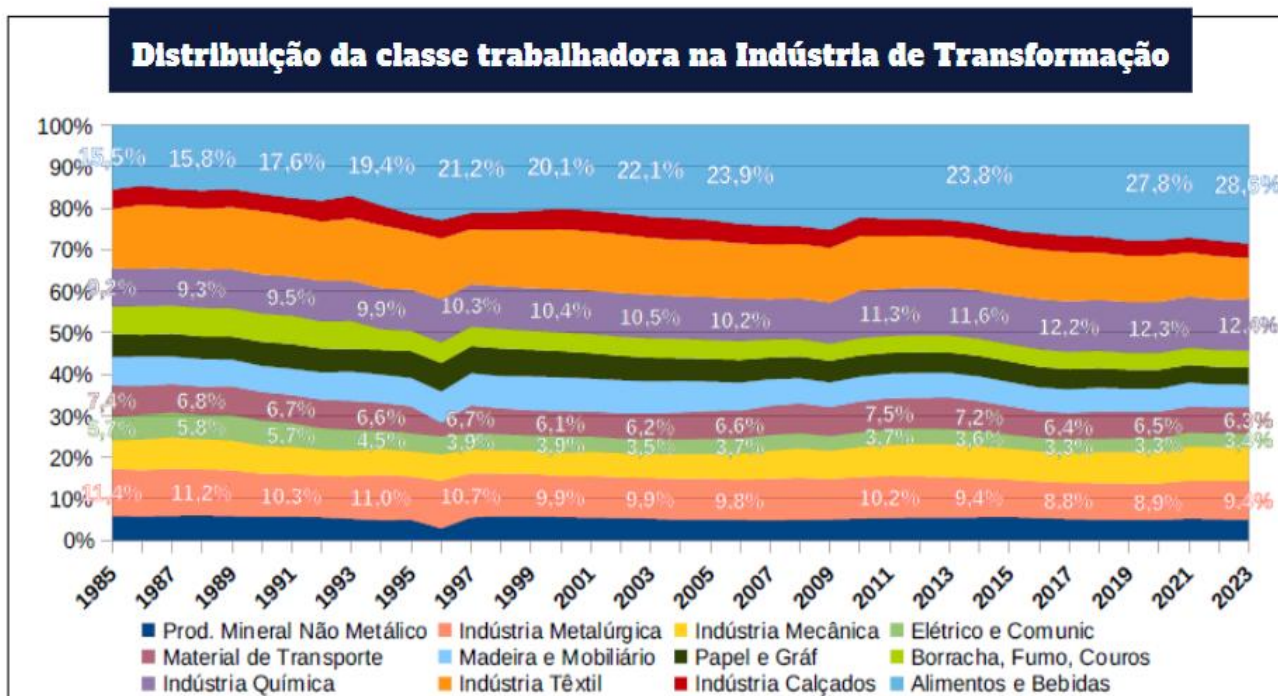
2) Déficit continuo en las relaciones de cambio de productos industriales brasileños y extranjeros

3) El déficit en la balanza de pagos es compensado por el sector exportador, compuesto predominantemente por productos primarios de baja intensidad tecnológica

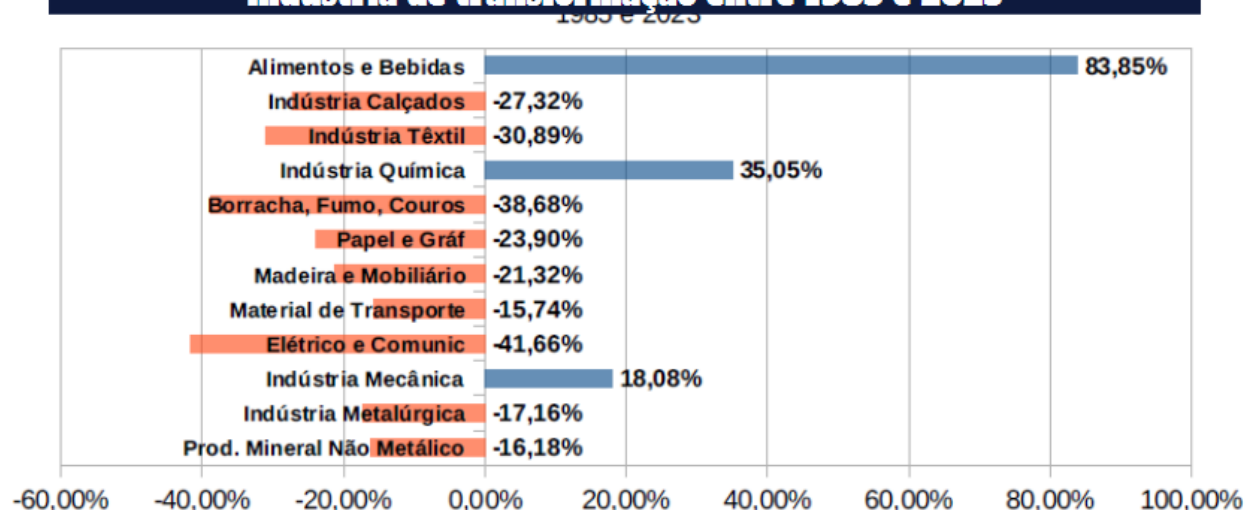
Total trabajadores en la industria de transformación en Brasil entre 1985-2022:



Fonte: RAIS-MTE. Elaboração: ILAESE



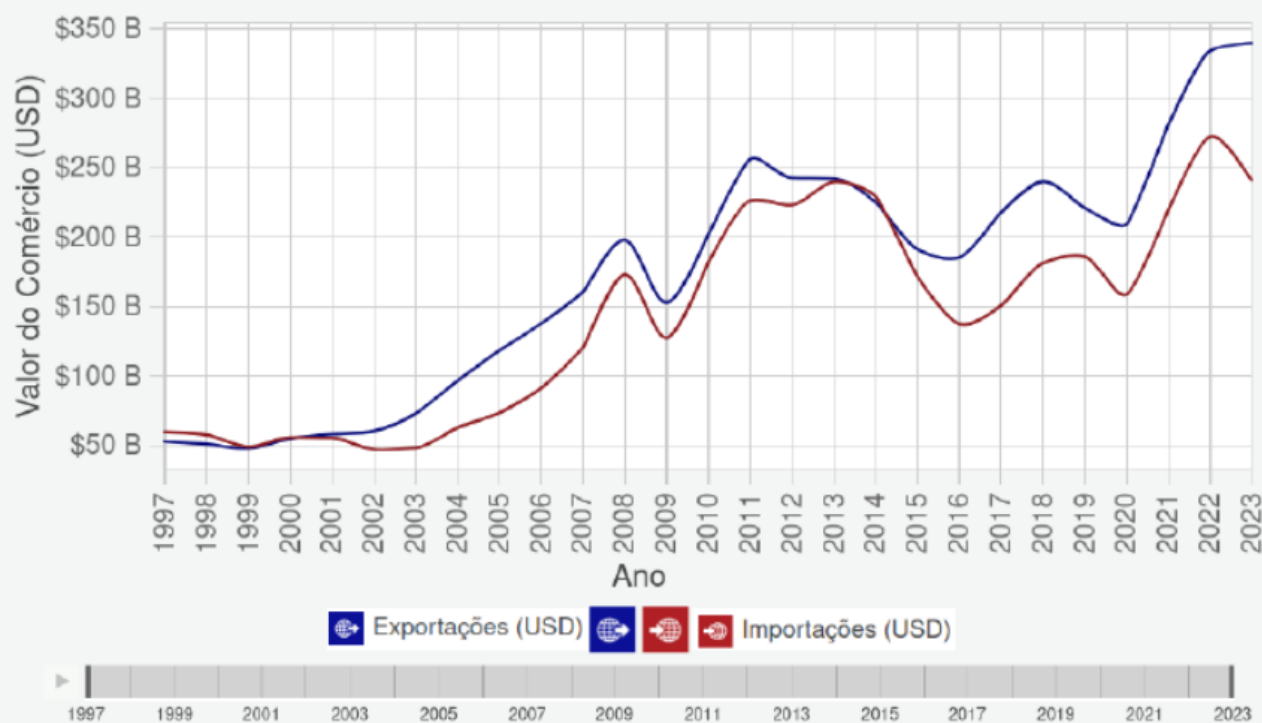
Variação do percentual ocupado por cada subsetor na indústria de transformação entre 1985 e 2023



Fonte: RAIS-MTE. Elaboração: ILAESE

Balança comercial do Brasil (1997-2023)

Baseado nos municípios exportadores



Elaboração: Data Viva

Exportações do Brasil (2023)

Baseado nos estados produtores
Valor: \$340 B

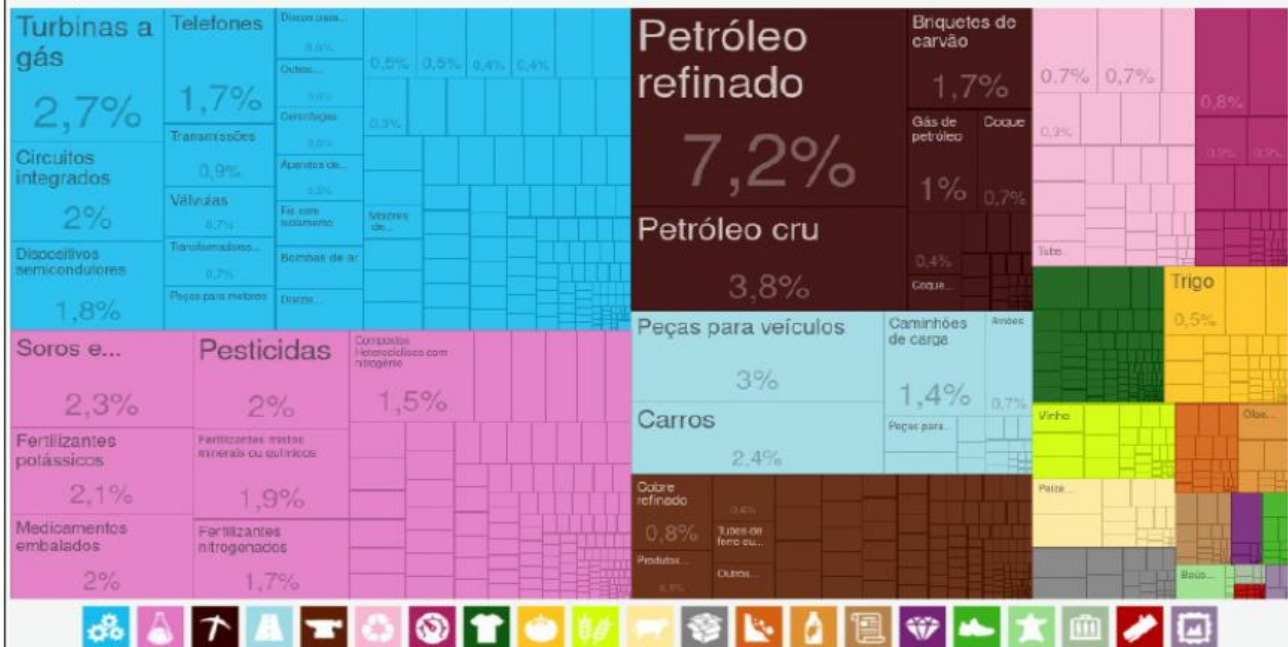


Dados fornecidos por SECEX

Elaboração: Data Viva

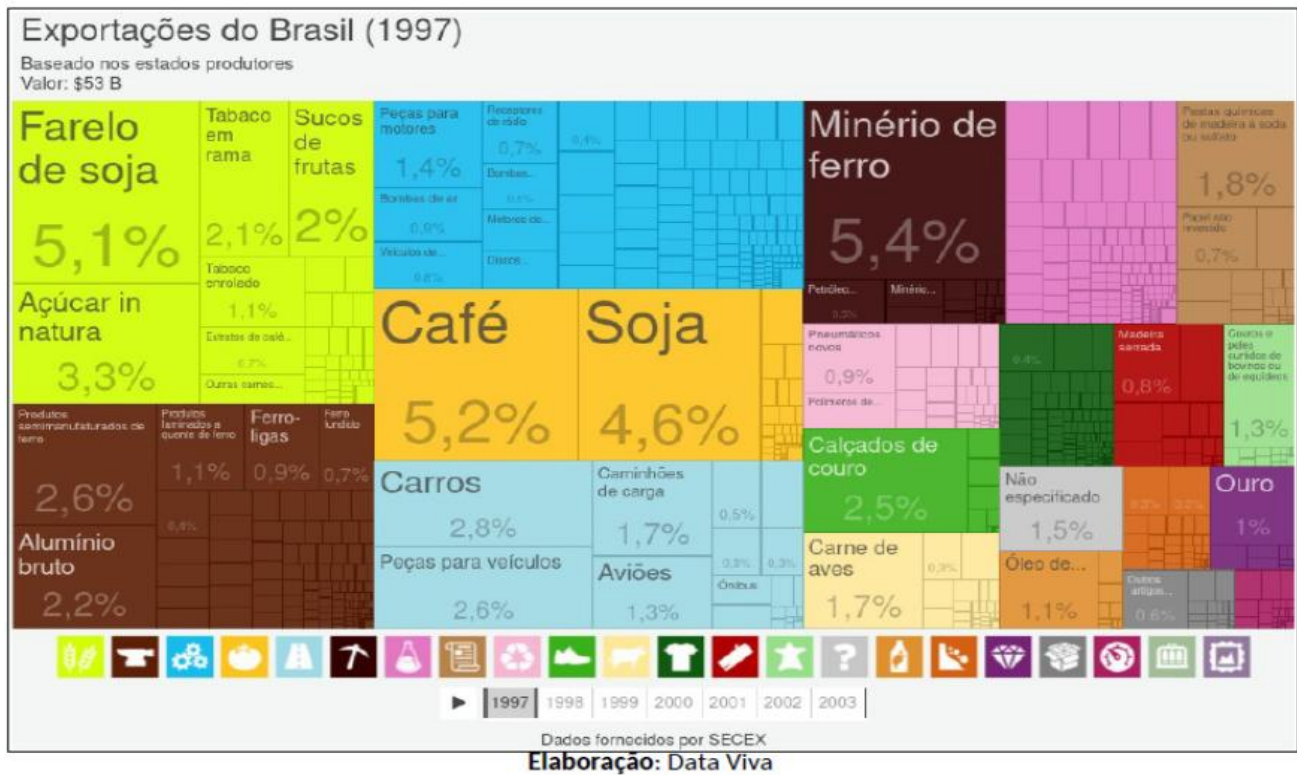
Importações do Brasil (2023)

Baseado nos estados produtores
Valor: \$239 B



Dados fornecidos por SECEX

Elaboração: Data Viva



Conclusiones

Como señalamos en la Introducción, los aspectos que configuran la así llamada cuarta revolución industrial todavía están lejos de alcanzar su madurez. Varios de ellos, como la IA, todavía están en sus estadios iniciales. Sobre el impacto de esos aspectos no es posible sino especular. Sin embargo, numerosos aspectos ya poseen un grado de desarrollo considerable y centramos sobre ellos el presente análisis.

Es posible indicar las siguientes conclusiones (provisionales) sobre los impactos de la revolución tecnológica en curso.

Observamos una tendencia de verticalización de la producción industrial, unificando proveedores y matriz en un único proceso productivo centralizado (independientemente de su separación jurídica). Esa reorganización reduce el número total de trabajadores necesarios, al mismo tiempo en que los concentra en un mismo espacio físico, integrando diversas etapas anteriormente intermedias en un sistema automatizado. La sincronización automatizada de las actividades hace que la paralización de un proveedor interrumpa inmediatamente la producción de la empresa central. A pesar de eso, ese proceso refuerza el papel de la maquinaria – especialmente con el advenimiento de la IA- como elemento subjetivo dominante del proceso productivo.

Eso permite la fragmentación de los trabajadores en diversas empresas jurídicamente distintas, con un trabajo cada vez más segmentados dependiente de menor cualificación. Como señalan autores como Hermann et al. (2016) y Kagermann et al. (2013), la Industria 4.0 promueve una cadena de valor más interconectada, reduciendo la necesidad de intermediarios y consolidando operaciones bajo un control centralizado, aunque jurídicamente fragmentadas.

El nuevo proceso alcanza de forma inédita al pequeño y mediano capital, así como a los sectores pequeñoburgueses. Aunque hayan surgido en el interior de la industria, las plataformas digitales, los grandes centros computacionales, el desarrollo intensivo y extensivo de internet, la IA y la digitalización de los valores de uso favorecen la centralización del capital en sectores anteriormente difíciles de centralizar, como el comercio, el transporte, los servicios y la comunicación. Sectores que en las décadas anteriores estaban dispersos en miles de negocios individuales, son ahora centralizados en empresas monopolistas globales, como las de e-commerce y las big techs de la industria digital, en aquello que Srnicek (2020) denominó *capitalismo de plataforma*.

Crece la tendencia a la supresión de empresas de base nacional, absorbidas por los grandes monopolios globales. Esa tendencia general del modo de producción capitalista alcanza, con intensidad inédita, sectores hasta ahora poco permeables a tal proceso, como el comercio, los transportes y los medios de comunicación nacionales.

Al lado del revolucionamiento del proceso productivo, con particular impacto en los sectores que no son productores de mercancías, tenemos la revolución de los productos, cada vez más digitalizados y vinculados a una unidad central durante todo su período de uso. Desde motores de avión, coches eléctricos y autónomos a casos más obvios, como streamings de audio y vídeo, el capital tiende a ser *servitizado* – esto es, que lo que es vendido al consumidor final no es el producto, sino el derecho de uso. Ese proceso permite al capital expandir la su esfera de acumulación, capitalizando directamente sobre el consumo y vinculando a todos los consumidores a una red mundial centralizada, guiada por algoritmos capaces no solo de mapear el comportamiento de los individuos, sino de intervenir activamente en él.

La emergencia de nuevos productos que no son el resultado directo de las revoluciones tecnológicas anteriores, sino substancialmente nuevos, de acuerdo con las nuevas necesidades y tecnologías, posibilitó a China ingresar en el orden mundial imperialista, asumiendo la delantera en nuevos ramos de producción que no exigían detrás de décadas de conocimiento acumulado. La disputa intercapitalista entre China y Estados Unidos tiende a marcar toda nuestra época histórica.

Al contrario de la propaganda oficial de la Industria 4.0 y del toyotismo, la tendencia es la simplificación del trabajo realizado por la masa de trabajadores. Además de simplificar la mayor parte de las modalidades de trabajo, posibilita la generalización de trabajos

intermitentes, tercerizados y temporarios. La revolución técnica en curso bajo la forma capitalista descarga asimismo un golpe inédito en el trabajo de elevada cualificación, sustituyéndolo en masa por medio de la IA. Como han desarrollado Davenport y Kirby (2016) y otros muchos, algunas funciones tienden a ser eliminadas, otras son parcializadas. Tenemos, además, la expansión del trabajo por pieza a un nivel solo comparable con el trabajo doméstico de los siglos XVIII y XIX, mientras lo utilizan como base para el discurso del *empreendedorismo* y la iniciativa individual.

Tenemos una contradicción relevante. Al mismo tiempo que las diversas modalidades de trabajo son simplificadas y, desde este punto de vista, homogeneizadas, ese mismo proceso permite su fragmentación casi infinita, en la medida en que se reduce la dependencia de las empresas a las cualidades específicas de sus trabajadores.

Todo este conjunto de transformaciones produce un campo significativamente más amplio para la actuación del capital financiero. Este, como sabemos, no son los bancos sino la fusión del capital bancario con el capital industrial. En 1916, partiendo de la tendencia hacia la centralización de la propiedad y la concentración de la producción en grandes empresas, desarrolladas en El Capital, Lenin expone cómo la tendencia a la centralización de la producción en el sistema capitalista generaba los monopolios: grandes empresas que pasaban a controlar el mercado, destruyendo la libre competencia y estableciendo la competencia entre grandes monopolios mundiales. Estas empresas se transforman en la forma dominante de la producción, concentrando el capital y centralizando cada vez más la propiedad. Esta forma dominante en que se presenta el capital, el monopolio de la producción, se expresa también en el sistema bancario, que monopolizaría el dinero. La fusión de estos dos monopolios origina el capital financiero. A partir de entonces un puñado de países donde se concentran estas grandes empresas pasan a controlar el mercado mundial y subordinar los distintos países a sus intereses.

A pesar del intenso desarrollo del capital financiero en el curso del último siglo, en ese período, convivió con sectores significativos del mediano y pequeño capital, sobre todo en el sector de servicios, comercios y proveedores. El actual proceso de transformación tecnológica crea posibilidades inéditas para el capital financiero, permitiendo que sus tentáculos se extiendan a sectores que hasta entonces se mantuvieron más o menos al margen.

Este proceso de concentración y centralización de los trabajadores en torno a los grandes monopolios, contribuye a explicar la gran ofensiva del capital contra los aparatos de organización y lucha que fueron forjados históricamente por la clase trabajadora. Existe una gran ofensiva ideológica en torno al trabajo individualizado. Sin embargo, este discurso se opone frontalmente a los procesos que de hecho se desarrollan en la sociedad. La gran contradicción y desafío, son otros: la formación de un ejército industrial de reserva cada vez más numeroso y disociado de los centros de organización y producción de la riqueza capitalista. Al mismo tiempo, sectores del trabajo asalariado de elevada cualificación, bien

como profesionales autónomos o ligados a pequeños y medianos negocios son paulatinamente proletarizados y, en su desesperación, abrazan discursos de las diversas tendencias de extrema-derecha.

Ese proceso, aunque conviva con la emergencia de nuevos ramos de producción de baja composición orgánica de capital (esto es, sectores donde el peso relativo del trabajo vivo todavía supera el capital constante, como en plataformas digitales de servicios), acelera la elevación de la composición orgánica en la economía como un todo. Trabajadores son sustituidos en masa – inclusive los altamente cualificados, como ingenieros, analistas financieros y hasta profesionales creativos – por sistemas automatizados que integran máquinas, softwares e inteligencia artificial en redes centralizadas de producción. Esa sustitución no es puntual, sino estructural. Según muestra Aaron Benanav (2020), la productividad crece, pero el empleo no acompaña, también en sectores high-tech.

El resultado paradójico es la reducción de la masa global de plusvalía – ya que, como recuerda Marx en el Libro III de *El Capital*, solo el trabajo vivo genera valor. La caída tendencial de la tasa de beneficio, lejos de ser compensada por la expansión de mercados (como argumentaban Rosa Luxemburgo o David Harvey), ahora se agrava por la automatización de cadenas productivas. Ante de eso, el capital busca contramedidas:

Centralización acelerada: Fusiones y adquisiciones (como la absorción de startups por las Big Techs) para monopolizar fuentes de beneficio, reproduciendo en escala digital el que Lenin describió en su libro sobre el imperialismo.

Intensificación de la explotación: Precariedad (plataformización), extensión de la jornada (vía control algorítmico), y financiarización.

La crisis es doble: si la automatización reduce la base valorizable del capital, la resistencia a reducir beneficios lleva a una espiral de superexplotación que alimenta **crisis de realización** (ej.: trabajadores sin renda para consumir). Ese es el núcleo de la contradicción: el mismo sistema que elimina trabajo vivo depende de él para sobrevivir. El problema de fondo es siempre el mismo, pero manifestado de distintas formas en cada época histórica. Como explica Marx, la “razón última de todas las crisis (...) es siempre la pobreza y la restricción al consumo de las masas en contraste con el impulso de la producción capitalista desarrollar las fuerzas productivas como se estas tuviesen su límite solo en la capacidad absoluta de consumo de la sociedad”.

La **ley general de la acumulación capitalista**, presentada en la última sección del Libro I de *El Capital*, se muestra aquí, en su expresión más concreta y determinada. El problema de fondo jamás es monetario o financiero. Estos son solo la forma de expresión de la contradicción de fondo: “la acumulación de riqueza en un polo es, al mismo tiempo, la acumulación de miseria, el suplicio del trabajo, la esclavitud, la ignorancia, la brutalización y la degradación moral en el polo opuesto, esto es, del lado de la clase que produce su propio producto como capital”.

Referencias

- BENANAV, LA. Automation and the future of work. New Left Review, 2019.
- BRYNJOLFSSON, Y.; MCAFEE, LA. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in la Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014.
- DAVENPORT, T. H.; KIRBY, J. Only Humans Need Apply: Winners and Losers in the Age of Smart Machines. 1. ed. New York: Harper Business, 2016. DELOITTE. 2018 Banking Outlook: Accelerating the Transformation. London: Deloitte, 2018.
- ELOUNDOU, T.; MANNING, S.; MISHKIN, P.; ROCK, D. GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models. arXiv:2303.10130v4 [econ.GN], 2023.
- GWATA, M. To Flourish in the Fourth Industrial Revolution, We Need to Rethink These 3 Things. In: World Economic Forum, 2019.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: La Literature Review. Dortmund: Technische Universität Dortmund, 2015.
- LEE, B.-H.; JO, H.-J. The Mutation of the Toyota Production System: Adapting the TPS at Hyundai Motor Company. International Journal of Production Research, v. 45, n. 16, p. 3665–3679, 15 ago. 2007.
- JE JO, H.; YOU, J.-S. Transferring Production Systems: An Institutional Account of Hyundai Motor Company in the United States. Journal of East Asian Studies, v. 11, p. 41–73, 2011. JO, H. J. The Hyundai Way: The Evolution of la Production Model. Global Asia, 2010.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTENER, W.; HELBIG, J. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report, Acatech, 2013.
- MARTIN, C. et al. Readiness for the Future of Production Report 2018. In: World Economic Forum's System Initiative on Shaping the Future of Production, 2018.
- MARX, K. El Capital – Libro I. São Paulo: Boitempo Editorial, 2013.
- MARX, K. El Capital – Libro III. São Paulo: Boitempo Editorial, 2017a.
- MINDELL, D.; REYNOLDS, Y. The Work of the Future: Shaping Technology and Institutions. MIT Industrial Performance Centre, Cambridge, 2019. 58 p. Disponible en: <https://web.mit.edu/2.810/www/files/readings/WorkOfTheFuture.pdf>.
- NETO, LA. M. N.; ARAÚJO, B. LA. Transformación Digital en el Sistema Bancario Brasileño: Un Estudio sobre las Fintechs. UFRJ, Rio de Janeiro, 2020. Disponible en: <http://repositorio.polli.ufrj.br/monografias/monopolio10031686.pdf>.
- NUNES, F. D. L. et al. Análisis entre Posicionamiento Estratégico, Estrategia de Producción clásica y Estrategia de Producción de la Hyundai. Revista Espacios Caracas, v. 36, n. 3, p. 5, 2015.
- QUATROCHI, G.; SILVA, LA. L. G.; CASSIOLATO, J. Y. Bancos 4.0 en el Brasil: El que Está en juego en la Competencia del Sector. 2021. Disponible en: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceeding/s/v-enei/674.pdf>.
- PORTENER, M.; HEPPELMANN, J. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review, Nov. 2014, p. 65–88.
- PORTENER, M.; HEPPELMANN, J. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. Harvard Business Review, Oct. 2015, p. 64–83.
- RUBIN, I. I. La Teoría Marxista del Valor. São Paulo: Brasiliense, 1980. p. 27–33.
- SCHWAB, K. The Fourth Industrial Revolution. Ginebra: World Economic Forum, 2016.
- SCHRÖDER, R. et al. Análisis de la Implantación de un Proceso Automatizado en una Empresa del calzado: Un Estudio de Caso a la Luz del Sistema Hyundai de Producción y la Industria 4.0. Revista Espacios Caracas, v. 36, n. 18, p. 19, 2015.
- SOARES, J. R. El Capital financiero y el Capital-Imperialismo. In:
- GODEIRO, N.; SOARES, J. R. Neodesenvolvimentismo o Neocolonialismo: Sobre el Mito del Brasil Imperialista. São Paulo: Sundermann, 2016.

SRNICEK, N. Paths Forward for the Study of the Digital Economy. In:

MULDOON, J.; STRONGE, W. Plataforming Ecuálicity: Police Challenges for the Digital Economy. Autonomy Research Ltd., 2020. p. 85–90.

SRNICEK, N. Platform Capitalism. Cambridge: Polity Press, 2017. UATROCHI, G.; SILVA, LA. L. G.; CASSIOLATO, J. Y. Bancos 4.0 en el Brasil: El que Está en juego en la Competencia del Sector. 2021. Disponible en: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/v-enei/674.pdf>.

VRIES, LA. de. The Growing Energy Footprint of Artificial Intelligence. Joule, v. 7, n. 10, p. 2191–2194, 2023.

VRIES, LA. de. Bitcoin's Energy Consumption Is Underestimated: La Market Dynamics Approach. Energy Research & Social Science, v. 70, 2020, p. 1.

ZUBOFF, S. The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for la Human Future at the New Frontier of Power. New York: PublicAffairs, 2019.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). The Future of Jobs Report 2018. Set. 2018. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). The Future of Jobs Report 2020. Out. 2020. Disponible en: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>.