

## Transformación tecnológica y digital de las empresas según el modelo "Industria 4.0"

1ª parte

Massimo V. Malavolti

### 1) DEFINICIONES DE LOS BIENES FUNCIONALES PARA LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Después de que el gobierno alemán encargase un grupo de estudio para establecer retos y contenidos de la industria del futuro, otros países se han puesto en el mismo rumbo, a pesar de que la definición de lo que califica la "cuarta revolución industrial", o "Industria 4.0" no siempre se entiende de manera unívoca ni homogénea.

En esta primera parte, ayudándonos con unas definiciones que se encuentran en documentos oficiales de unos países europeos -normalmente, leyes de apoyo a la inversión de la industria manufacturera, objeto de la segunda parte que publicaremos en el número siguiente de la revista- señalamos las máquinas y equipos típicos para nuestro sector, que entran en las mencionadas definiciones "oficiales" de bienes funcionales para la "Industria 4.0" (y que pueden o deberían ser objeto de apoyo, directo o indirecto, por parte de las finanzas públicas).

#### Todas las instalaciones y/o equipos controlados por sistemas informáticos o gestionados por sensores y accionamientos adecuados:

- Máquinas herramienta de láser y otros procesos de flujo de energía (por ejemplo, plasma, chorro de agua, haz de electrones), electroerosión, procesos electroquímicos.
- Robots, robots colaborativos, sistemas multi-robot.
- Máquinas-herramienta y sistemas para el suministro o modificación de características superficiales de los productos o funcionalización superficial.
- Máquinas herramienta para la recuperación de materiales y funciones de los residuos industriales (p.ej.: destiladores, separadores,

## TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA E DIGITAL DAS EMPRESAS DE ACORDO COM O MODELO "INDÚSTRIA 4.0"

(1ª PARTE)

### 1) DEFINIÇÕES DOS BENS FUNCIONAIS PARA A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Depois do governo alemão ter encomendado a um grupo de estudo a definição dos desafios e dos conteúdos da indústria do futuro, outros países tomaram o mesmo rumo. No entanto, a definição de "quarta revolução industrial", ou de "Indústria 4.0", nem sempre é entendida de forma inequívoca, nem homogénea.

Nesta primeira parte, tendo por base as definições disponíveis em documentos oficiais de países europeus (normalmente, leis de apoio ao investimento da indústria transformadora, objeto da segunda parte que publicaremos no próximo número da revista) fazemos referência às máquinas e aos equipamentos típicos para o nosso setor, que se enquadram nas referidas definições "oficiais" de bens funcionais para a "Indústria 4.0" (e que podem ou deveriam ser objeto de apoio, direto ou indireto, por parte das finanças públicas).

#### Todas as instalações e/ou equipamentos controlados por sistemas informáticos ou geridos por sensores e accionamentos adequados:

- máquinas-ferramenta a laser e outros processos de fluxo de energia (por exemplo, plasma, jato de água, feixe de eletrões), eletroerosão, processos eletroquímicos;
- robôs, robôs colaborativos, robôs e sistemas multirrobô;
- máquinas-ferramenta e sistemas para o fornecimento ou modificação de características superficiais dos produtos ou funcionalização superficial;
- máquinas-ferramenta para a recuperação de materiais e funções dos resíduos industriais (por exemplo, destiladores, separadores, etc., para a recuperação dos produtos tratados);
- robots, máquinas e equipamentos aciona-



Robot colaborativos e interfases hombre/máquinas/sistema de informaciones de la empresa en una línea "LPL" de VarnishTech.

Robôs colaborativos e interfaces homen/equipamento/sistema de informações empresarial em uma linha "LPL" de VarnishTech.

etc. para la recuperación de los productos tratados).

- Robots, máquinas y equipos accionados por motor, para carga y descarga automática, elevación, manipulación, pesaje y clasificación automáticas.
- AGV y sistemas flexibles de transporte y manipulación, y/o equipados con reconocimiento de piezas (p. ej. RFID, sistemas de visión y mecatrónica).
- Almacenes automatizados interconectados a los sistemas de gestión de fábrica.

**Para fabricantes de productos químicos, pinturas líquidas y en polvo, otros consumibles que entran (también) en los procesos de tratamientos de superficies:**

- Máquinas de envasado y de embalaje.
- Máquinas para la fabricación de aditivos utilizados en aplicaciones industriales.
- (Otros tipos de máquinas para el granallado, el pulido, el lavado, el acabado en masa).

Todas las máquinas arriba mencionadas deben estar equipadas con:

- Control mediante CNC (*Computer Numerical*

dos por motor para carga e descarga automática, elevação, manipulação, pesagem e classificação automáticos;

- AGV e sistemas flexíveis de transporte e manipulação e/ou equipados com reconhecimento de peças (por exemplo, RFID, sistemas de visão e mecatrónica);
- armazéns automatizados e interligados aos sistemas de gestão de fábrica.

**Para fabricantes de productos químicos, tintas líquidas e em pó, outros consumíveis que entram (também) nos processos de tratamentos de superfícies.**

- máquinas de emchimento e de embalagem;
- máquinas para o fabrico de aditivos utilizados em aplicações industriais;
- (outros tipos de máquinas para granalhagem, pulido, lavagem e acabamento em masa).

Todas as máquinas acima mencionadas devem estar equipadas com:

- controle através de CNC (*Computer Numerical Control*) e/ou PLC (*Programmable Logic Controller*);

Robot antropomórfico de auto-generación de programas (CMA Robotics) para aplicar ciclos complejos en piezas de gran tridimensionalidad (trenes, camiones, avionetas).

Robô antropomórfico auto-gerador de programas (CMA Robotics) para a aplicação de ciclos complexos em peças de tridimensionalidade grande (trenes, caminhões, aviões).



Control) y/o PLC (*Programmable Logic Controller*).

- Interconexión a sistemas informáticos de fábrica con carga remota de las instrucciones o programas.
- Integración automática con el sistema logístico de la fábrica o con la red de suministro y/u otras máquinas del ciclo de producción precedente y/o siguiente.
- Interfaz simple e intuitiva entre el hombre y la máquina.
- Cumplimiento de las normas más recientes en materia de seguridad y salud.

**Además, todas las máquinas mencionadas anteriormente deben estar equipadas con al menos dos de las siguientes características, para que se integren en sistemas “ciberfísicos”:**

- Sistemas de telediagnóstico y/o mantenimiento remoto y/o de control remoto.
- Monitorización continua de las condiciones y parámetros de trabajo, mediante conjuntos de sensores adecuados, y capacidad de autoajuste de las derivas del proceso.
- Características de integración entre la máquina “física” y/o instalación con la modelización y/o simulación del propio comportamiento

- interligação com sistemas informáticos de fábrica com carga remota das instruções ou dos programas;
- integração automática com o sistema logístico da fábrica ou com a rede de abastecimento e/ou outras máquinas do ciclo de produção precedente e/ou seguinte;
- interface simples e intuitiva entre o homem e a máquina;
- cumprimento das normas mais recentes em matéria de segurança e saúde.

**Para além disso, todas as máquinas anteriormente mencionadas devem estar equipadas com, pelo menos, duas das seguintes características para que possam ser integradas em sistemas “ciberfísicos”:**

- sistemas de telediagnóstico e/ou manutenção remota e/ou de controle remoto;
- monitorização contínua das condições e dos parâmetros de trabalho; através de conjuntos de sensores adequados e da capacidade de autoajuste face aos desvios do processo;
- características de integração entre a máquina “física” e/ou instalação com a modelação e/ou simulação do próprio comportamento durante o desenvolvimento do processo (sistema ciberfísico);



Gestión y control remoto (*on cloud*) de los parámetros de proceso por medio del sistema de “telemetría” de Proquimia (línea de pretratamiento y pintura en polvo de Lepoxi).

Controle remoto (*on cloud*) dos parâmetros do processo por sistema de telemetria de Proquimia (linha de pré-tratamento e pintura Lepoxi).

durante el desarrollo del proceso (sistema ciberfísico).

Equipos, dispositivos, instrumentación inteligente para la integración, sensorización y/o interconexión y el control automático de los procesos (características que hay que añadir incluso en caso de *revamping* de máquinas ya existentes y que participan del proceso).

Filtros y sistemas de tratamiento y recuperación de agua, aire, aceite y otras sustancias orgánicas, en sus distintos estados físicos, con sistemas automáticos de señalización de su eficiencia, alarmas de peligro, presencias de sustancias ajenas al proceso, integrados con el sistema de fábrica y capaces de alertar a los trabajadores y/o detener la operatividad de las máquinas y/o instalaciones que sirven.

**Deben también estar equipadas con sistemas capaces de garantizar la calidad y sostenibilidad del proceso. Por ejemplo:**

Sistemas de medición de coordenadas sin contacto o por contacto (...), en los procesos en el que es necesaria la verificación de los requisitos micro y macro geométricos (...).

Sistemas de medición y vigilancia de los parámetros del proceso para garantizar y trazar la calidad del mismo proceso y/o del producto; que permitan la calificación de la producción de manera documental; que estén conectados al sistema de información de fábrica.

Sistemas de inspección de los materiales y caracterización de los mismos (por ejemplo, cámaras de análisis visual antes y después del tratamiento, ensayos de espesores

equipamentos, dispositivos, instrumentação inteligente para a integração, ligação a sensores e/ou interligação e controle automático dos processos (características que é necessário acrescentar, inclusive em casos de *revamping* de trechos ou de máquinas já existentes e que participam no processo);

Filtros e sistemas de tratamento e de recuperação de água, ar, óleo e outras substâncias orgânicas, nos seus diferentes estados físicos, com sistemas automáticos de sinalização da sua eficiência, alarmes de perigo, presença de substâncias alheias ao processo, integrados com o sistema de fábrica e capazes de alertar os trabalhadores e/ou interromper o funcionamento das máquinas e/ou instalações associadas.

**Devem também estar equipadas com sistemas capazes de garantir a qualidade e a sustentabilidade do processo. Por exemplo:**

sistemas de medição de coordenadas sem contacto, ou por contacto (...), nos processos nos quais é necessária a verificação dos requisitos micro e macro geométricos (...);

sistemas de medição e vigilância dos parâmetros do processo para garantir e definir a qualidade do mesmo processo e/ou do produto; que permitam a classificação da produção de forma documental; que estejam ligados ao sistema de informação da fábrica;

sistemas de inspeção dos materiais e caracterização dos mesmos (por exemplo, câmaras de análise visual antes e depois do

no destructivos, etc.) capaces de verificar las características de los mismos a la entrada y salida proceso, constituyendo el producto final, a nivel macro (por ejemplo, características estéticas) o micro (por ejemplo, porosidad, inclusiones) y elaborar los informes de ensayo que se incluyen en las fichas de calidad y en el sistema de información de fábrica.

Sistemas inteligentes e interconectados de trazabilidad y marcaje de los lotes de fabricación y/o de las piezas individuales (por ejemplo, RFID).

Sistemas de vigilancia y control de las condiciones de trabajo de las máquinas (por ejemplo, temperaturas y humedad de las zonas operativas, mezcla y caudal de las pinturas, estado de los componentes o subconjuntos de la máquinas interconectadas, etc.) y de los demás sistemas de producción interconectados con el sistemas de información de fábrica y/o soluciones *cloud*.

Equipos y dispositivos de etiquetado, identificación o marcado automático de las piezas, que permitan conexión al código y al número de serie del mismo, para que el personal de calidad pueda supervisar en todo momento la constancia de sus prestaciones a lo largo del tiempo y actuar en el proceso de diseño de los futuros productos de forma sinérgica, permitiendo la retirada de los productos defectuosos o peligrosos.

Componentes, sistemas y soluciones inteligentes para el uso y la gestión eficiente de la energía, del consumo de las aguas de proceso y la reducción de las emisiones.

Equipos y dispositivos para la interacción hombre/máquina y para la mejora de la ergonomía y la seguridad del puesto de trabajo, en lógica "4.0":

- Bancos y puestos de trabajo con soluciones ergonómicas activas, para su adaptación automática a las características físicas de los operadores (por ejemplo, características biométricas, edad, discapacidades).

- Sistemas de elevación/traslado de piezas pesadas, o expuestas a temperaturas extremas, que puedan facilitar las tareas del trabajador de manera interactiva/inteligente/robótica.

- Dispositivos *wearables*, como los equipos de comunicación entre los distintos trabajadores entre ellos y con el sistema de producción, de realidad aumentada y realidad virtual.

- Interfaces hombre-máquina inteligentes (HMIs), para asistir al operador en condiciones de máxima seguridad en sus tareas de búsqueda de la máxima eficiencia de los procesos.

tratamento, ensaios não destrutivos de espessuras, etc.) capazes de verificar as características dos mesmos à entrada e à saída do processo, constituindo o produto final, a nível macro (por exemplo, características estéticas) ou micro (por exemplo, porosidade, inclusões) e elaborar os relatórios de ensaio que são incluídos nas fichas de qualidade e no sistema de informação da fábrica;

sistemas inteligentes e interligados de rastreabilidade e marcação dos lotes de fabrico e/ou das peças individuais (por exemplo, RFID);

sistemas de vigilância e de controle das condições de trabalho das máquinas (por exemplo, temperaturas e humidade das zonas operacionais, mistura e caudal das tintas, estado dos componentes ou subconjuntos das máquinas interligadas, etc.) e dos demais sistemas de produção interligados com os sistemas de informação da fábrica e/ou soluções *cloud*;

equipamentos e dispositivos de etiquetagem, identificação ou marcação automática das peças, que permitam a ligação ao código e ao número de série do mesmo, para que o pessoal do departamento de qualidade possa supervisionar continuamente a regularidade das suas prestações ao longo do tempo e intervir no processo de conceção dos futuros produtos, de forma sinérgica, permitindo a retirada dos produtos defeituosos ou perigosos.

componentes, sistemas e soluções inteligentes para o uso e a gestão eficiente da energia, do consumo das águas do processo e para redução das emissões;

Equipamentos e dispositivos para a interação homem/máquina e para a melhoria da ergonomia e da segurança do posto de trabalho, em conformidade com o modelo "4.0":

- bancos e postos de trabalho com soluções ergonómicas ativas, para a adaptação automática às características físicas dos operadores (por exemplo, características biométricas, idade, incapacidades);

- sistemas de elevação/transferência de peças pesadas, ou expostas a temperaturas extremas, que possam facilitar as tarefas do trabalhador de forma interativa/inteligente/robótica;

- dispositivos *wearables* (utilizáveis), como os equipamentos de comunicação entre os diferentes trabalhadores, entre estes e o sistema de produção, de realidade aumentada e de realidade virtual;

- interfaces homem-máquina inteligentes (HMI), para apoiar o operador em condições de segurança máxima nas suas tarefas de procura da máxima eficiência dos



Instalación 4.0 de Cabycal en una fábrica de piezas para el sector aeronáutico (Gazc).

Control y registro de variables:

- Registro\* de pieza cargada (Tipo; N°; ID).
- Gestión de las condiciones de proceso y tiempo en cada etapa (control térmico, caudales, humedad, datos de aplicación y calidad).

\*Registro → “Ficha de identificación” de cada pieza.

Operación de línea mediante interfaz gráfica táctil.

Modelo “BD Gestor de pintura”:

- Operario
- ID piezas
- Orden trabajo
- Control de pieza
- Información bastidor
- Características de la mezcla (pintura).

Linha 4.0 de Cabycal em uma fábrica de peças para a indústria aeronáutica (Gazc).

Controle e cadastro das variáveis:

- cadastro\* da peça carregada (Tipo; N°; ID);
- gerenciamento das condições do processo e dos tempos em cada etapa (controle térmico, fluxos, umidade, dado de aplicação, qualidade).

\* Cadastro → “Cartão de identificação” de cada peça.

Operações da linha com interface gráfica tátil.

Modelo “BD gerenciamento pintura”:

- trabalhador;
- peças;
- ordem de trabalho;
- controle de peça;
- informação do bastidor;
- características da mistura (tinta).

## 2) DEFINICIONES DE LOS BIENES INTANGIBLES RELACIONADOS CON INVERSIONES EN BIENES FUNCIONALES PARA LA “INDUSTRIA 4.0”

*Software*, sistemas e integración de sistemas, plataformas y aplicaciones para:

- Diseño, definición/cualificación de las prestaciones y producción de piezas en materiales no convencionales o de altas prestaciones, capaces de permitir el diseño, modelado 3D, simulación, experimentación, prototipado y verificación simultánea del proceso de producción, del producto y sus características (impacto funcional y ambiental) y/o el archivo digital e integrado en el sistema de información de la empresa, de la información relacionada con el ciclo de vida del producto (sistemas *EDM*, *PDM*, *PLM*, *Big Data Analytics*).
- Diseño y rediseño de sistemas de producción que tengan en cuenta los flujos de materiales y las informaciones.

processos.

## 2) DEFINIÇÕES DOS BENS INTANGÍVEIS RELACIONADOS COM INVESTIMENTOS EM BENS FUNCIONAIS PARA A “INDÚSTRIA 4.0”

*Software*, sistemas e integração de sistemas, plataformas e aplicações para:

- desenho, definição/qualificação dos desempenhos e da produção de peças em materiais não convencionais ou de elevado desempenho, capazes de permitir o desenho, a modelação 3D, a simulação, a experimentação, a elaboração de protótipos e a verificação simultânea do processo de produção, do produto e das suas características (impacto funcional e ambiental) e/ou o arquivo digital e integrado no sistema de informação da empresa da informação relacionada com o ciclo de vida do produto (sistemas *EDM*, *PDM*, *PLM*, *Big Data Analytics*);

- Respalda decisiones que interpreten los datos del campo y visualizar las acciones específicas correspondientes a los operadores en línea, para mejorar la calidad del producto y la eficiencia del sistema de producción.
  - Gestión y coordinación de la producción con altas características de integración de las actividades de servicio, como logística y mantenimiento de fábrica (por ejemplo, sistemas de comunicación intra-fábrica, bus de campo/fieldbus, sistemas SCADA, MES, CMMS, soluciones innovadoras con características relacionadas con los paradigmas *IoT* y/o *cloud computing*).
  - Monitorización y control de las condiciones de trabajo de máquinas y sistemas de producción interconectados con sistemas de información de fábrica y/o soluciones *cloud*.
  - Realidad virtual para el estudio de componentes y operaciones (por ejemplo, de aplicación de pinturas), tanto en contextos de inmersión como solamente visuales.
  - *Reverse modeling & engineering* para la reconstrucción virtual de contextos reales.
  - Comunicar y compartir datos e información tanto entre ellos, como con el entorno (*I - IoT*, internet industrial de las cosas) gracias a redes de sensores inteligentes interconectados.
  - Planificar las actividades y encaminar los productos a los sistemas de fabricación correspondientes.
  - La gestión de la calidad a nivel del sistema de producción y de los procesos correspondientes.
  - Acceder a un conjunto de recursos virtualizados, compartidos y configurables para respaldar los procesos de fabricación y la gestión de la cadena de producción y/o subcontratación (*cloud computing*).
  - *Industrial analytics*, tratamiento y procesamiento de los *Big Data* procedentes de los sensores *IoT* aplicados en ámbito industrial (*Data analytics* & visualización, simulación y predicción).
  - Inteligencia artificial y aprendizaje automático, que permitan a las máquinas demostrar una capacidad y/o actividad inteligente en campos específicos, para garantizar la calidad del proceso de producción y el funcionamiento fiable de la maquinaria, y/o el sistema, y/o la instalación.
  - La producción automatizada e inteligente, caracterizada por una alta capacidad cognitiva, interacción y adaptación al contexto, autoaprendizaje y reconfigurabilidad (cibersistemas).
  - El uso, en las líneas de producción, de ro-
- desenho e redesenho de sistemas de produção que tenham em conta os fluxos de materiais e as informações;
  - apoiar a tomada de decisões que interpretem os dados de campo e visualizar as ações específicas correspondientes aos operadores em linha para melhorar a qualidade do produto e a eficiência do sistema de produção
  - gestão e coordenação da produção com elevadas características de integração das atividades de serviço, como logística e manutenção de fábrica (por exemplo, sistemas de comunicação intrafábrica, bus de campo/fieldbus, sistemas SCADA, MES, CMMS, soluções inovadoras com características relacionadas com os paradigmas *IoT* e/ou *cloud computing*);
  - monitorização e controle das condições de trabalho de máquinas e de sistemas de produção interligados com sistemas de informação de fábrica e/ou soluções *cloud*;
  - realidade virtual para o estudo de componentes e operações (por exemplo, de aplicação de tintas), tanto em contextos de imersão como apenas visuais;
  - *reverse modeling & engineering* para a reconstrução virtual de contextos reais;
  - comunicar e partilhar dados e informações tanto entre eles, como com o contexto (*I - IoT*, Internet industrial das coisas) graças a redes de sensores inteligentes interligados;
  - planejar as atividades e encaminhar os produtos para os respetivos sistemas de fabrico;
  - a gestão da qualidade ao nível do sistema de produção e dos processos correspondentes;
  - aceder a um conjunto de recursos virtualizados, partilhados e configuráveis para apoiar os processos de fabrico e a gestão da cadeia de produção e/ou subcontratação (*cloud computing*);
  - *industrial analytics*, tratamento e processamento dos *Big Data* provenientes dos sensores *IoT* aplicados no contexto industrial (*Data analytics* e *visualização*, simulação e previsão);
  - inteligência artificial e aprendizagem automática, que permitam às máquinas demonstrar uma capacidade e/ou atividade inteligente em campos específicos, para garantir a qualidade do processo de produção e o funcionamento fiável da maquinaria, e/ou do sistema, e/ou da instalação;
  - a produção automatizada e inteligente caracterizada por uma elevada capacidade cognitiva, interação e adaptação ao contexto, autoaprendizagem e reconfigurabilidade (cibersistemas);



Robot antropomórficos que se autogeneran el programa según el tipo de carrocería que entra en la cabina de pintura (CMA Robotics).

Robôs antropomórficos que se auto-geram e modificam programas dependendo do tipo de carro que entra na cabine de pintura (CMA Robotics).

bots, robots colaborativos y máquinas inteligentes, para asegurar la seguridad y salud de los trabajadores, la calidad de los productos finales y el mantenimiento predictivo.

- La gestión de la realidad aumentada a través de dispositivos *wearables*.

- Poner a disposición interfaces entre el hombre y la máquina que permitan la adquisición, transmisión y procesamiento de información en formato verbal, visual y táctil.

- Proteger redes, datos, programas, máquinas y sistemas contra ataques, daños y accesos no autorizados (ciberseguridad).

- La industrialización virtual, de manera que, al simular virtualmente un nuevo entorno y cargar información sobre los sistemas de ciberfísica al final de todas las comprobaciones, se eviten horas de pruebas y paradas de la máquina a lo largo de las líneas de producción reales.

- a utilização, nas linhas de produção, de robots, robôs colaborativos e máquinas inteligentes, para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, a qualidade dos produtos finais e a manutenção preventiva;

- a gestão da realidade aumentada através de dispositivos *wearables*

- disponibilizar interfaces entre o homem e a máquina que permitam a aquisição, a transmissão e o processamento de informação em formato verbal, visual e tátil:

- proteger redes, dados, programas, máquinas e sistemas contra ataques, danos e acessos não autorizados (cibersegurança);

- a industrialização virtual para que, ao simular virtualmente um novo contexto e ao carregar informação nos sistemas de ciberfísica no final de todas as verificações, seja possível evitar horas de testes e parada da máquina nas linhas de produção reais.

*Continúa*

*(Continuação)*

✎ Marcar 5 en la tarjeta de información

✎ Marcar 5 na cartão das informações