

# 1er Workshop Centro Esencia

## Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

Máster en Robótica y Automatización de procesos –MPRO-VIU



**Universidad  
Internacional  
de Valencia**

***Profesor: Israel Francisco Benítez Pina***

*Ingeniero en Control Automático*

*Doctor en Ciencias Técnicas de Automática y Computación*

*Email: [israelfrancisco.benitez@professor.universidadviu.com](mailto:israelfrancisco.benitez@professor.universidadviu.com)*

**Coautores:** Felix Garcia Padilla, Francisco Prieto Pinero,  
Miguel A. Diaz Rodriguez, Jose A. Murillo

# 1er Workshop Centro Esencia

## Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

### CONTENIDO:

- 1. Introducción: ¿por qué y para qué usar DT de SMF en Industria 4.0?**
- 2. Concepto de Gemelo Digital (DT) de FMS (Sistema de Manufactura Flexible)**
- 3. Diseño y simulación de un sistema de automatización robotizado básico.**
- 4. Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos**

### **Palabras clave:**

Gemelos digitales (DT), Industria 4.0 (I4.0), Manufactura flexible (FMS), Sistemas ciberfísicos (CPS), Automatización avanzada(AA), Indicadores Desempeño (KPI)

# 1. Introducción: ¿por qué y para qué DT de FMS en Industria 4.0?

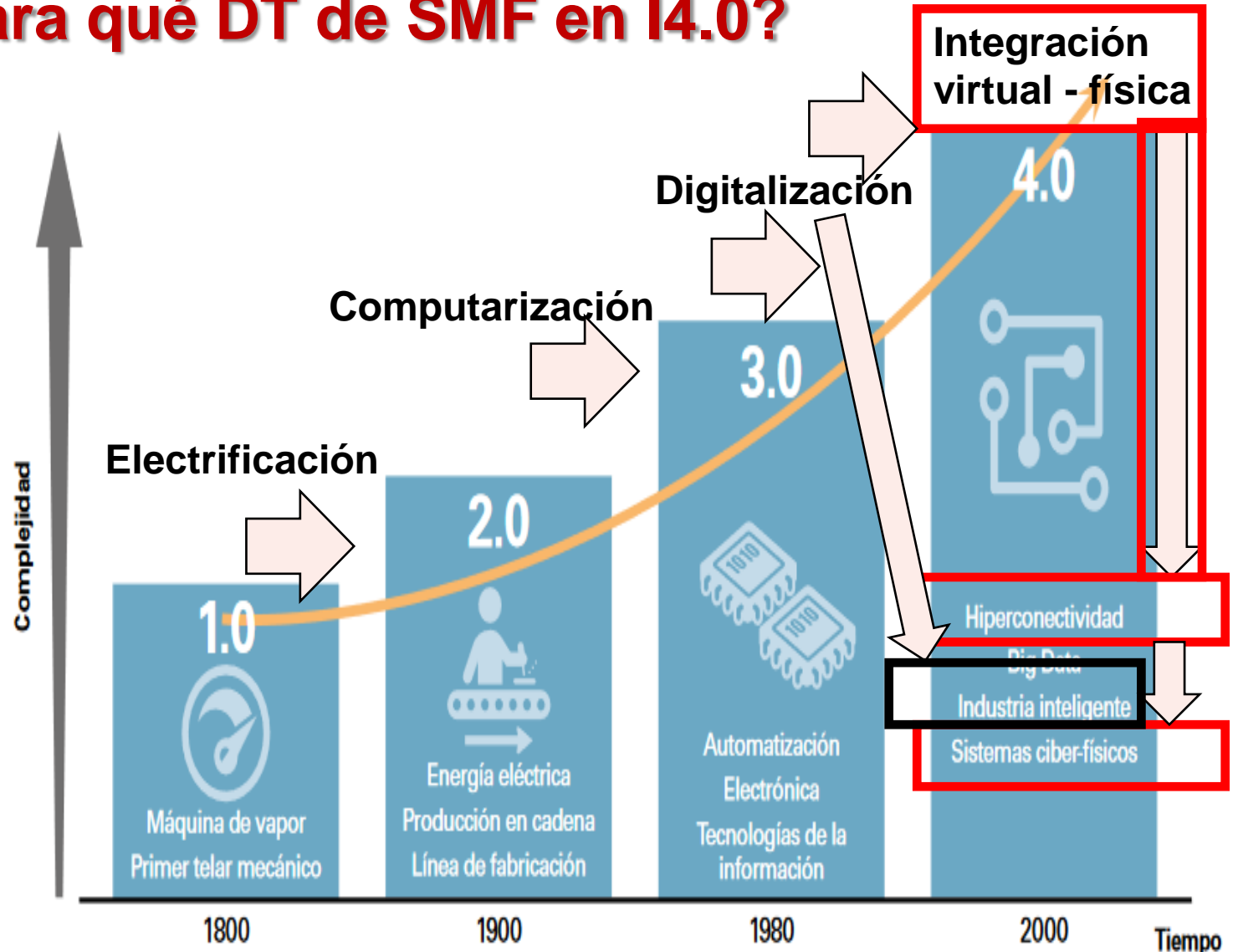
# Introducción: ¿por qué y para qué DT de SMF en I4.0?

## Smart Factory (Industria Inteligente) ¿Qué es?.

- ❑ Tecnología conectada a los sistemas informáticos
- ❑ funciones autónomas, con algoritmos de aprendizaje para elevar KPI.

## Industria 4.0 ¿Qué es?

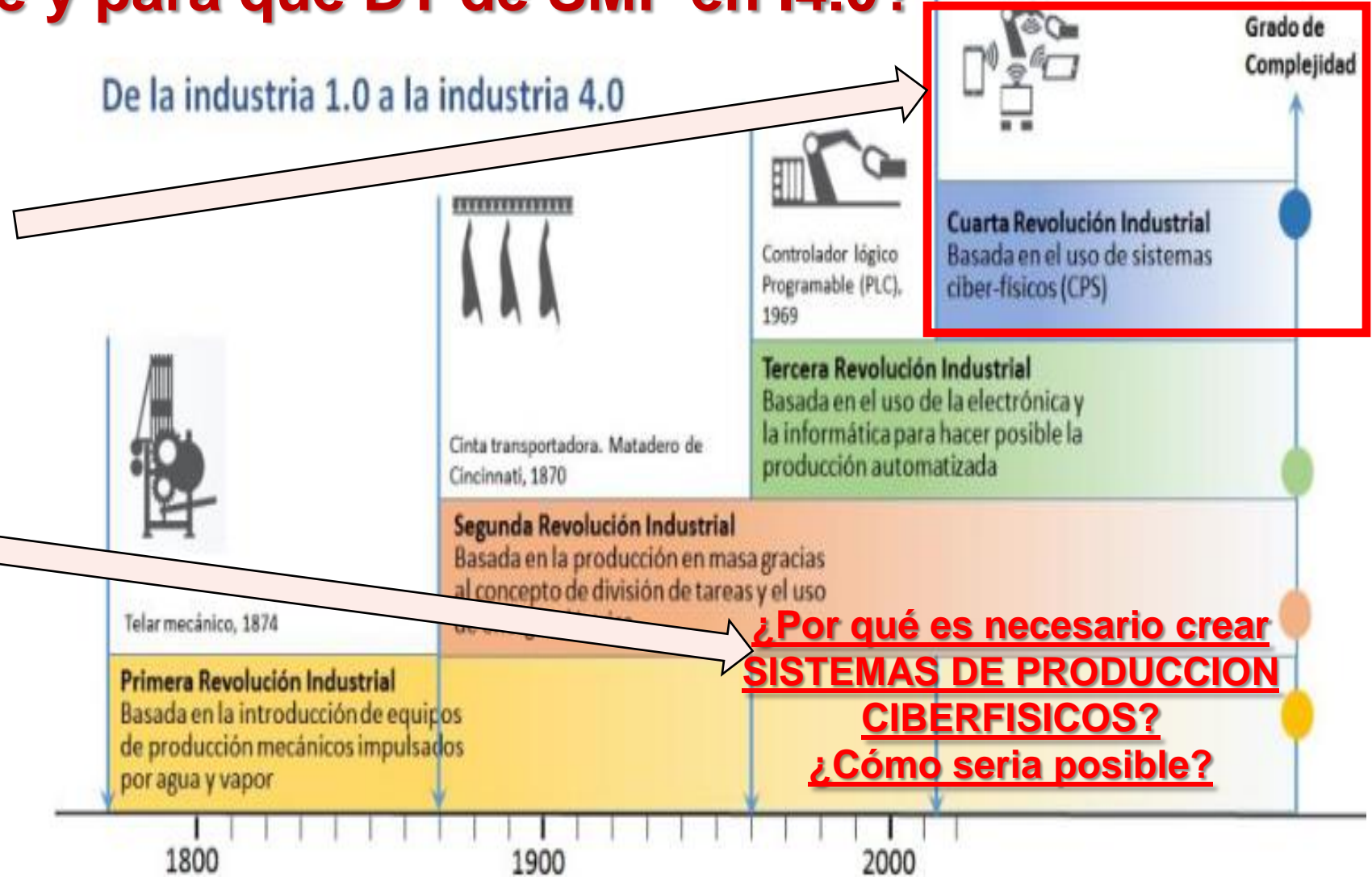
- ❑ Sistemas ciberfísicos, capaces de autogestionarse, configurarse y tomar decisiones para elevar KPI.



# Introducción: ¿por qué y para qué DT de SMF en I4.0?

• **Sistemas ciberfísicos:**  
Reemplaza las decisiones humanas por **gemelos digitales**

**Sistemas de Producción Ciber-físicos (CPS)** son sistemas **cooperantes**, que tienen **control descentralizado**, resultado de la **fusión entre el mundo real y el mundo virtual**, teniendo un **comportamiento autónomo**.



Fuente: adaptada de Industria 4.0 - La empresa integrada digitalmente. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ijuan/ind40simple/requerimientos.html>

Fuente: Evolución de la industria 4.0. Fuente: CODDI Informe. Industria 4.0: la transformación digital de la industria <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDI-Industria-4.0.pdf>

# Introducción: ¿por qué y para qué DT de SMF en I4.0?

KPI (*key performance indicator*), indicador clave o medidor de desempeño o indicador clave de rendimiento.



OEE = DISPONIBILIDAD x RENDIMIENTO x CALIDAD

$$OEE = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E}$$

Top KPIs	MNCs >250 employees	SMEs <250 employees
1	Eficiencia de activos y equipos	Calidad del producto
2	Product Quality	Asset and Equipment Efficiency
3	Planning and Scheduling Effectiveness	Workforce Efficiency
4	Material Efficiency	Planning and Scheduling Effectiveness
5	Time to Delivery	Inventory Efficiency

**KPI category**

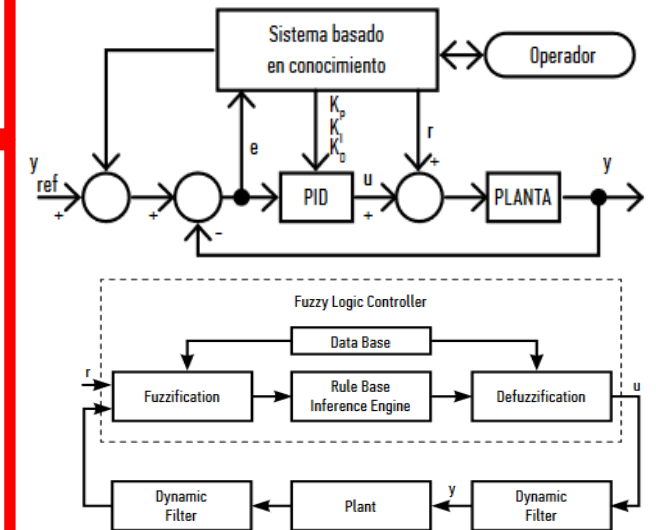
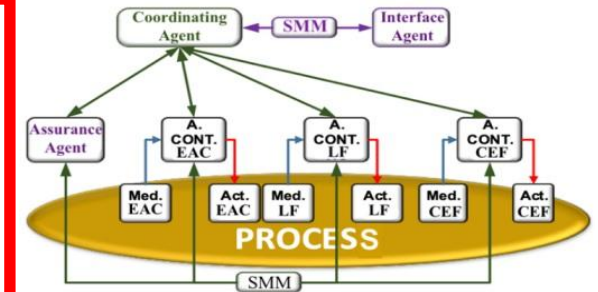
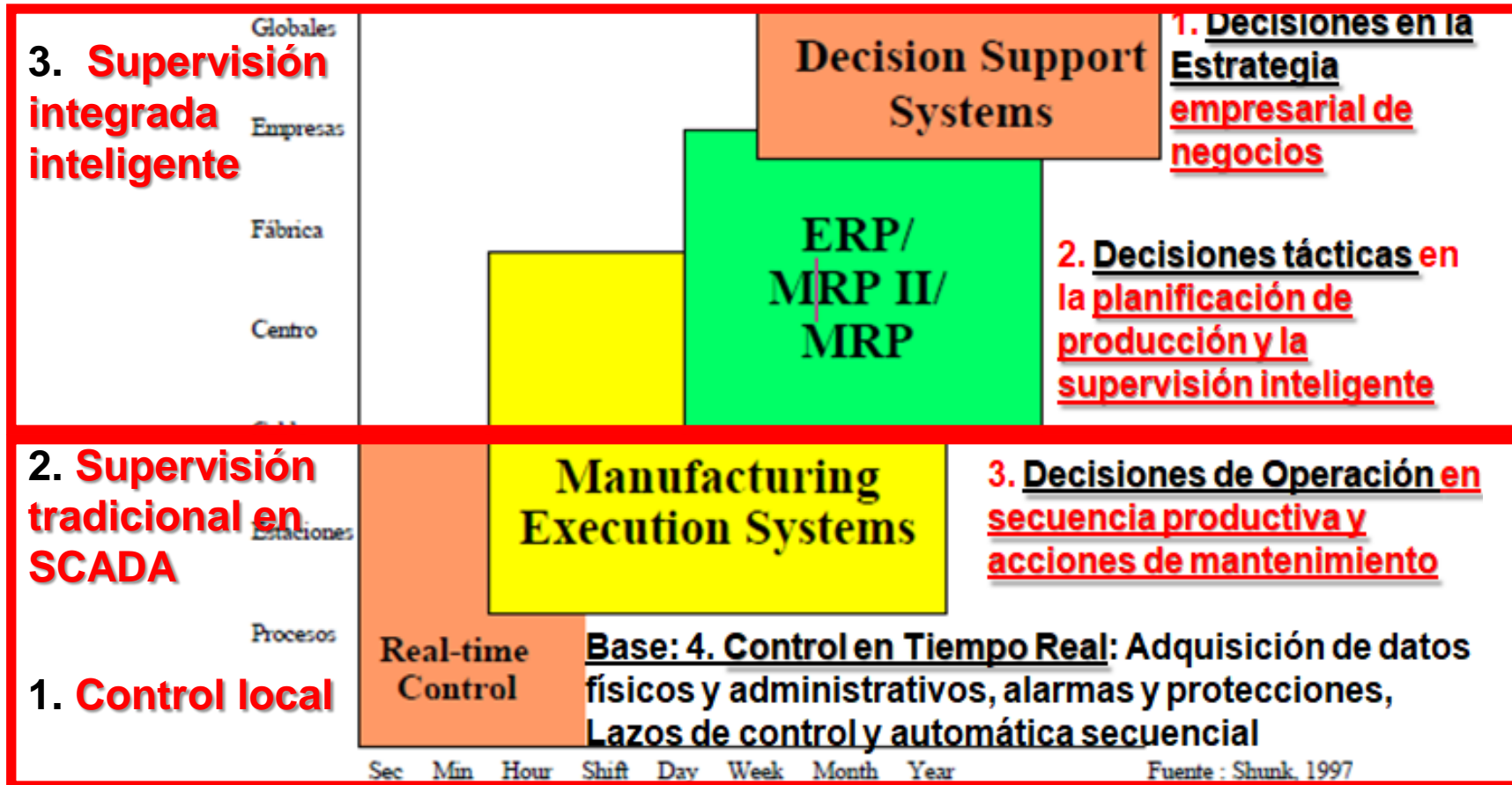
- Productivity
- Quality
- Speed
- Flexibility

Fuente: Jurgens, J., Swan Gin, B. (2022). The Global Smart Industry Readiness Index Initiative: Manufacturing Transformation Insights Report 2022



# Introducción: ¿por qué y para qué DT de SMF en I4.0?

**ESTRATEGIA** -> 1. **Automática local inteligente** -> 2. **Smart-Factory** -> 3. **Sistemas Ciberfísicos**



Fuente: ULA, Mérida, Venezuela, 2013

Fuente: adaptada de Benítez, et al. (2022). *Diseño de Sistemas de Automatización Integrada*. UCSG.

# 1er Workshop Centro Esencia

## Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

### CONTENIDO:

1. Introducción: ¿porqué y para que usar DT de SMF en Industria 4.0?
2. **Concepto de Gemelo Digital (DT) de SMF (Sistema de Manufactura Flexible)**
3. Diseño y simulación de un sistema de automatización robotizado básico.
4. Desarrollo de gemelo digital adaptado a un laboratorio virtual para entrenamiento estudiantil.

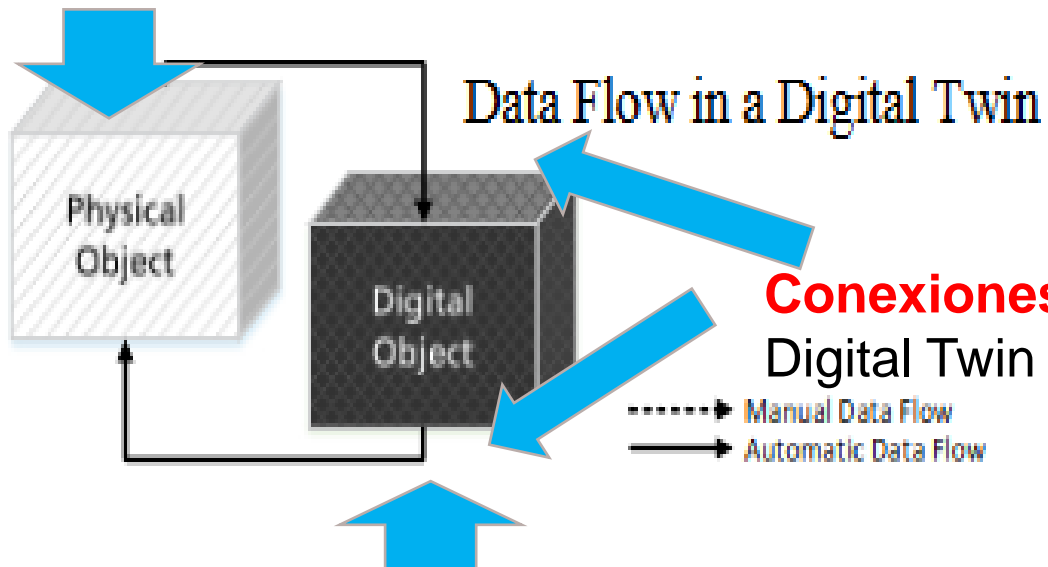
## 2. Concepto de Gemelo Digital de un sistema de automatización

# Concepto de gemelo digital de un sistema de automatización

**Gemelo Digital (DT) en sistemas ciberfísicos con la arquitectura de las 5C:**  
Conexión-Conversion-Ciber-Cognitivo-Configuración.

## Concepto DT (Digital Twin)

**Objeto físico** de un Digital Twin



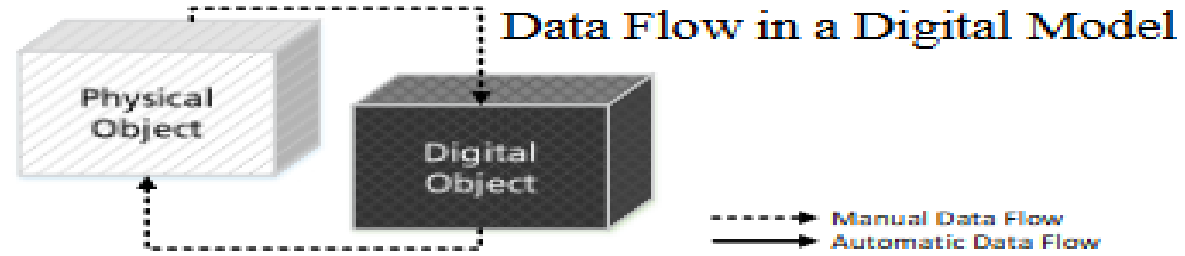
**Objeto virtual** de un Digital Twin



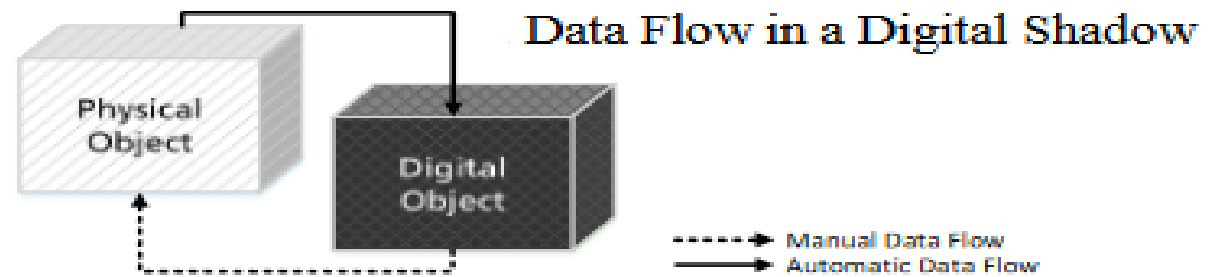


# Concepto de gemelo digital de un sistema de automatización

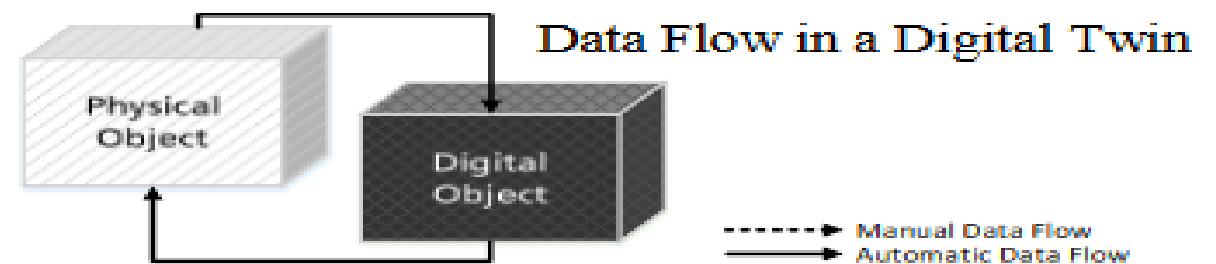
- **Modelo Digital** (Digital Model)



- **Respaldo Digital** (Digital Shadow)



- **Gemelo Digital** (Digital Twin)



Difieren en el nivel de datos e integración entre la contraparte física y digital.

Fuente: Werner Kritzing et al. (2018) IFAC PapersOnLine 51-11 1016–1022

# Concepto de gemelo digital de un sistema de automatización

## Concepto DT (Digital Twin)

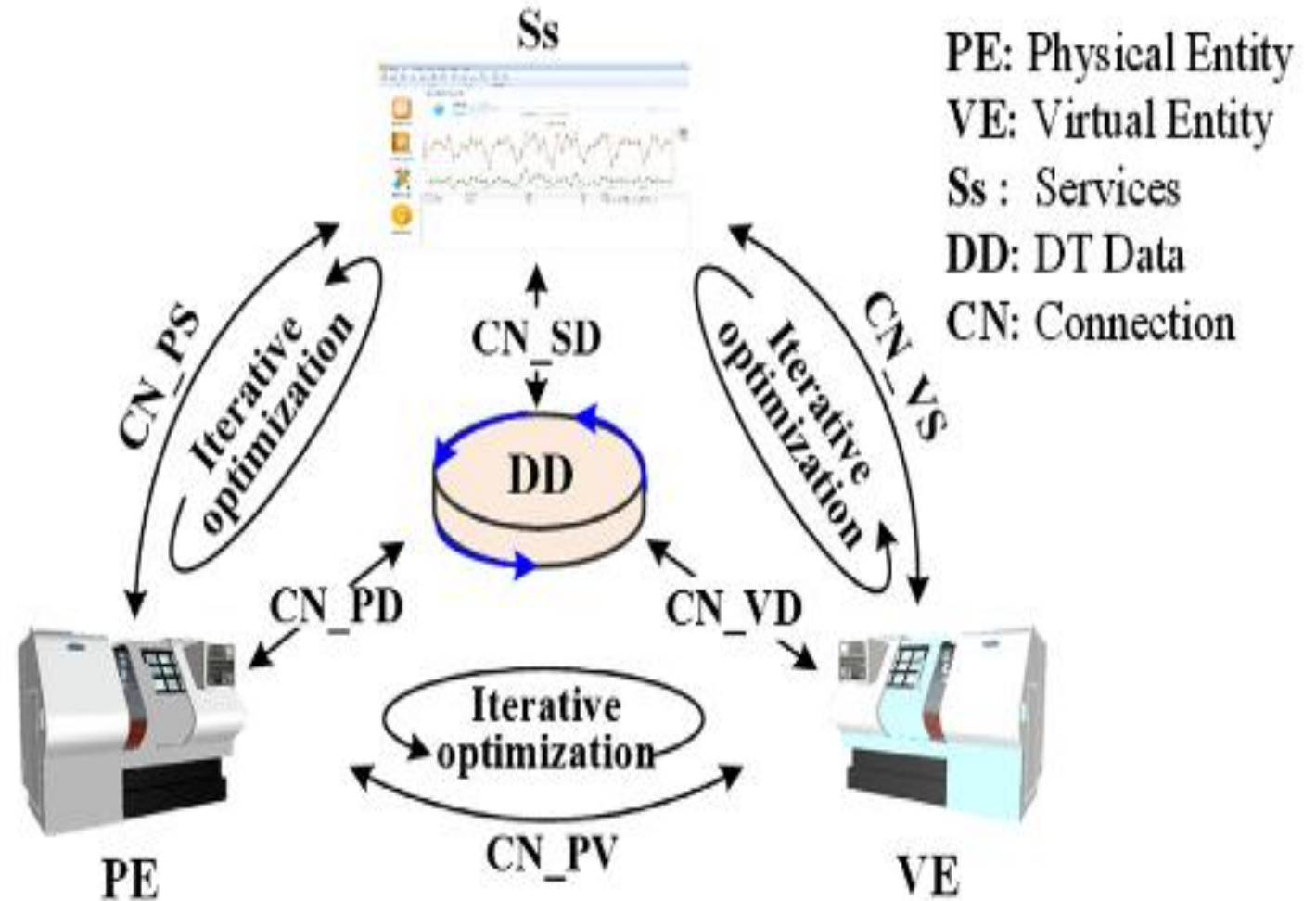
### Gemelo digital de cinco dimensiones.

El modelo de cinco dimensiones se muestra en la expresión:

$$M_{DT} = (PE, VE, Ss, DD, CN)$$

Donde:

- PE -> entidad física,
- VE -> entidad virtual,
- Ss -> servicios en PE y VE
- DD -> datos DT
- CN -> conexión



Fuente: Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee. (2019) **Digital Twin Driven Smart Manufacturing**. Academic Press - Elsevier

# Concepto de gemelo digital de un sistema de automatización

## Niveles de un Digital Twin

### NIVEL INICIAL

-gemelo de componentes o partes, de activos o equipamientos,

### NIVEL SISTEMA

-gemelo de sistema o unidad,

### NIVEL SoS

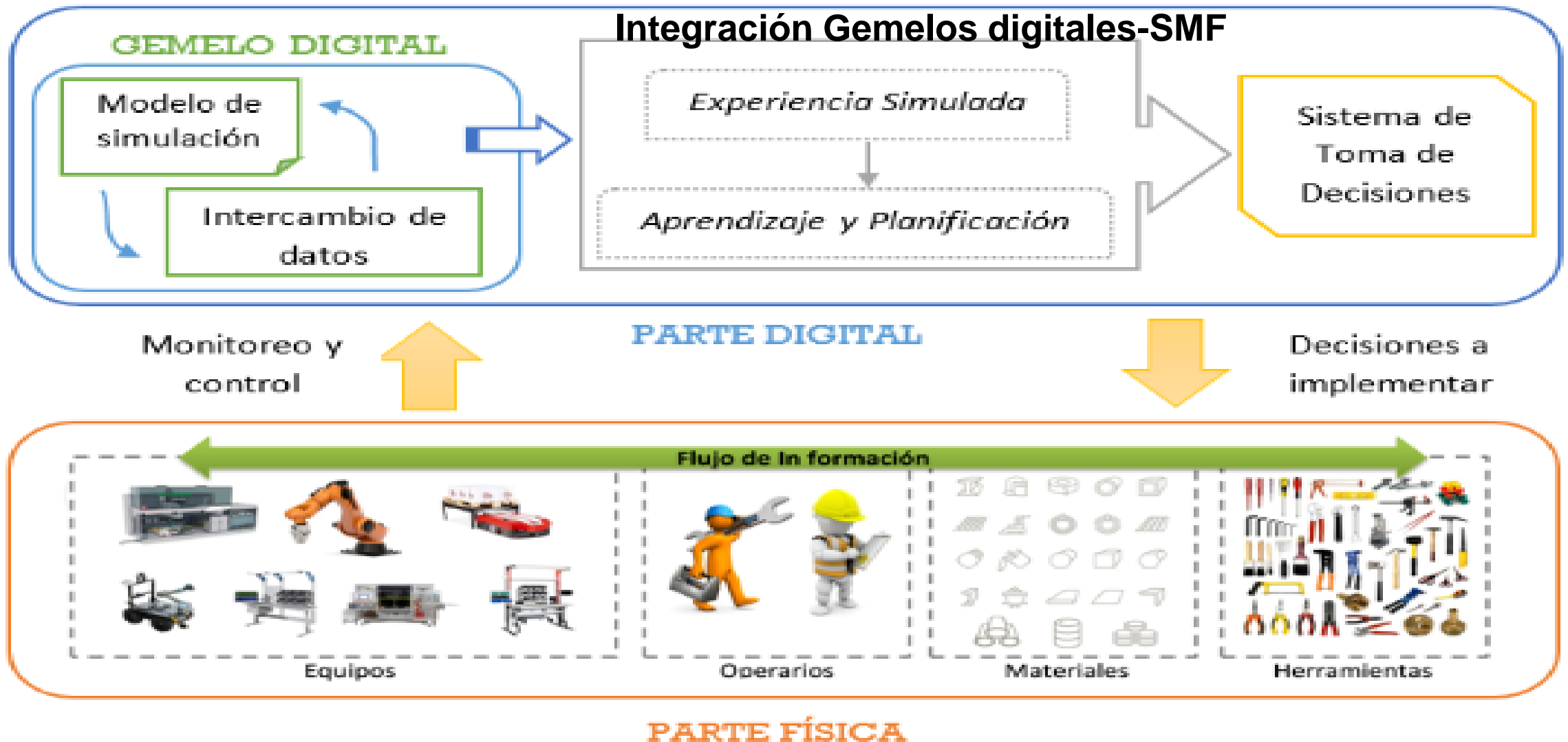
-gemelo del proceso completo



Fuente: Melesse TY, Di Pasquale V, Riemma S. Digital Twin models in industrial operations: State-of-the-art and future research directions. IET Collab. Intell. Manuf. 2021;3:37-47. <https://doi.org/10.1049/cim2.12010>

Fuente: Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee. (2019) Digital Twin Driven Smart Manufacturing. Academic Press - Elsevier

# Concepto de gemelo digital de un sistema de automatización



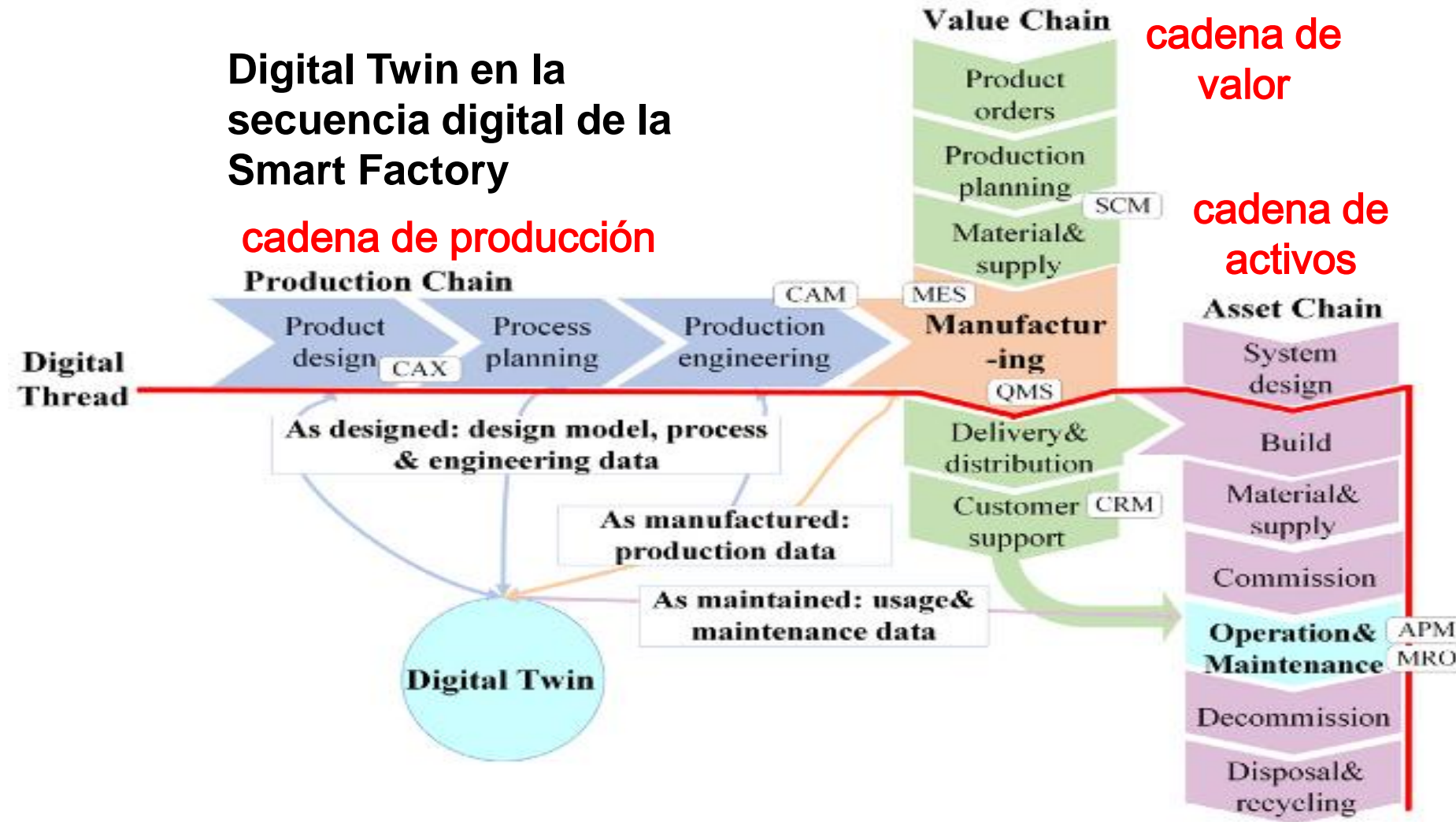


# Concepto de gemelo digital de un sistema de automatización

## Gemelo digital desde el punto de vista de las empresas

### Beneficios como:

1. proporcionar visibilidad del negocio
2. acelerar el desarrollo de productos
3. optimizar el proceso de operación
4. mejorar la calidad del servicio.



Fuente: Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee. (2019) **Digital Twin Driven Smart Manufacturing**. Academic Press - Elsevier



# 1er Workshop Centro Esencia

## Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

### CONTENIDO:

1. Introducción: ¿por qué y para qué usar DT de SMF en Industria 4.0?
2. Concepto de Gemelo Digital (DT) de SMF (Sistema de Manufactura Flexible)
3. **Diseño y simulación de un sistema de automatización robotizado básico.**
4. Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

## 2. Diseño y simulación de un sistema de automatización robotizado básico

# Simulación de un sistema de automatización robotizado

## Creación del gemelo digital a partir de un sistema real y posibles tecnologías implicadas



Fuente: adaptada de Joan Torné Pérez, (2022) Diseño e implementación de un gemelo digital en un proceso de fabricación automatizado. TFG, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.

# Simulación de un sistema de automatización robotizado

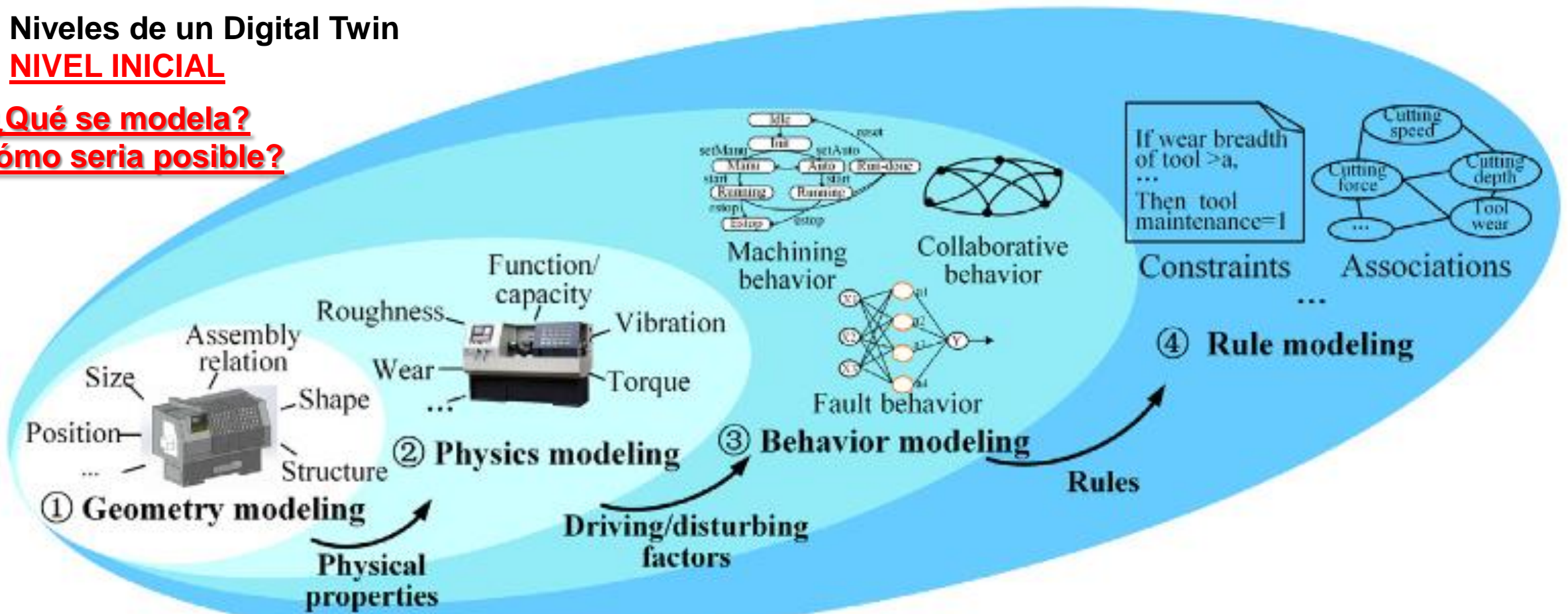
Cuatro pasos de modelado para máquina CNC en VS

Niveles de un Digital Twin

NIVEL INICIAL

¿Qué se modela?

¿Cómo sería posible?



Fuente: Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee. (2019) *Digital Twin Driven Smart Manufacturing*. Academic Press - Elsevier



# Simulación de un sistema de automatización robotizado

## Niveles de un Digital Twin

### NIVEL SISTEMA

¿Qué se modela?

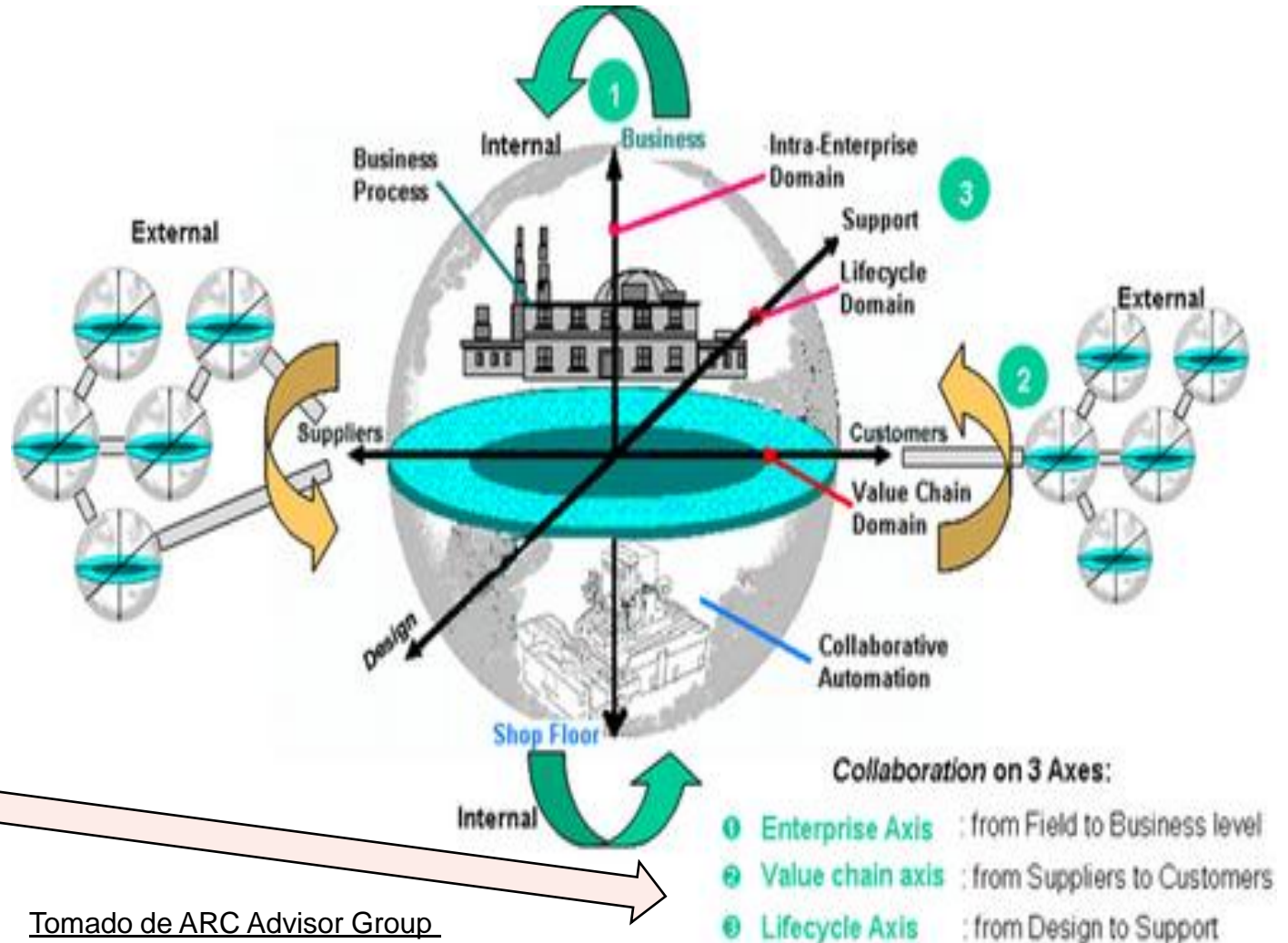
¿Cómo sería posible?

Relaciones estructurales entre los componentes de la jerarquía:

Reconoce flujos de materiales y de información en las distintas **Cadenas de Valor**.

Las relaciones estructurales son:

- De jerarquía y de comunicación
- De materiales y energía
- De operarios y equipos



Fuente: adaptada de Industria 4.0 - La empresa integrada digitalmente. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ijuan/ind40simple/diagnostico2.html>

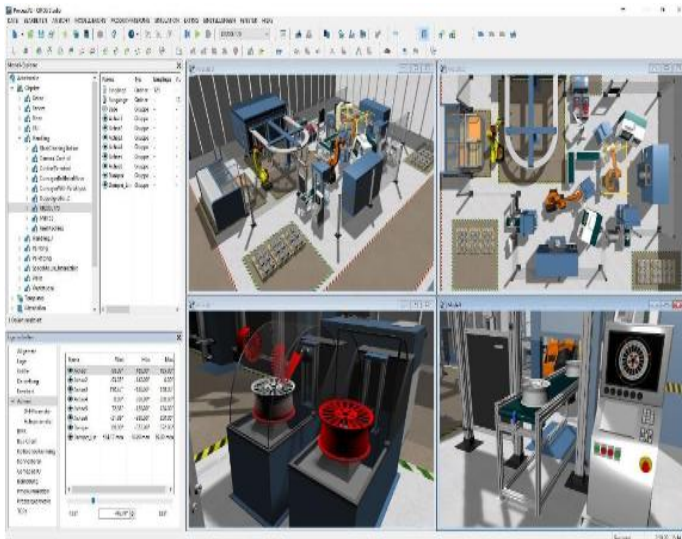
Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

# Simulación de un sistema de automatización robotizado

## ¿Cuáles Herramientas?

### Ciros Studio (Festo)

Modelo 3D del proceso de fabricación de Aros para llantas de un automóvil



Fuente: Daniel Vinicio Naranjo Sanango, Luis Fernando Zhingri Torres, (2022) Desarrollo de un gemelo digital de las estaciones de manipulación y proceso del sistema de producción modular MPS 500 de Festo. TFG, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. Ecuador.

### Factory I/O (Real Games).

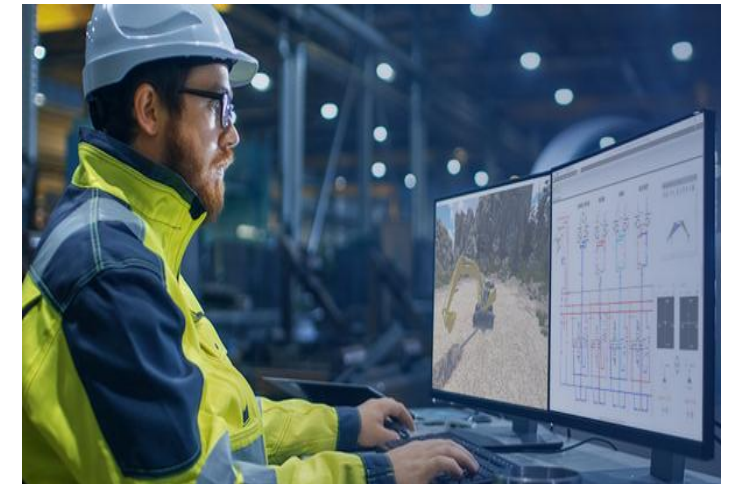
Simulación 3D de línea de producción conectada a PLC Siemens



Fuente: <https://factoryio.com/>

### Automation Studio:

Permite crear, analizar, resolver fallas y validar circuitos multi-tecnológicos



Fuente: <https://www.famictech.com/es/Productos/Automation-Studio/Edici%C3%B3n-Profesional>



# Simulación de un sistema de automatización robotizado

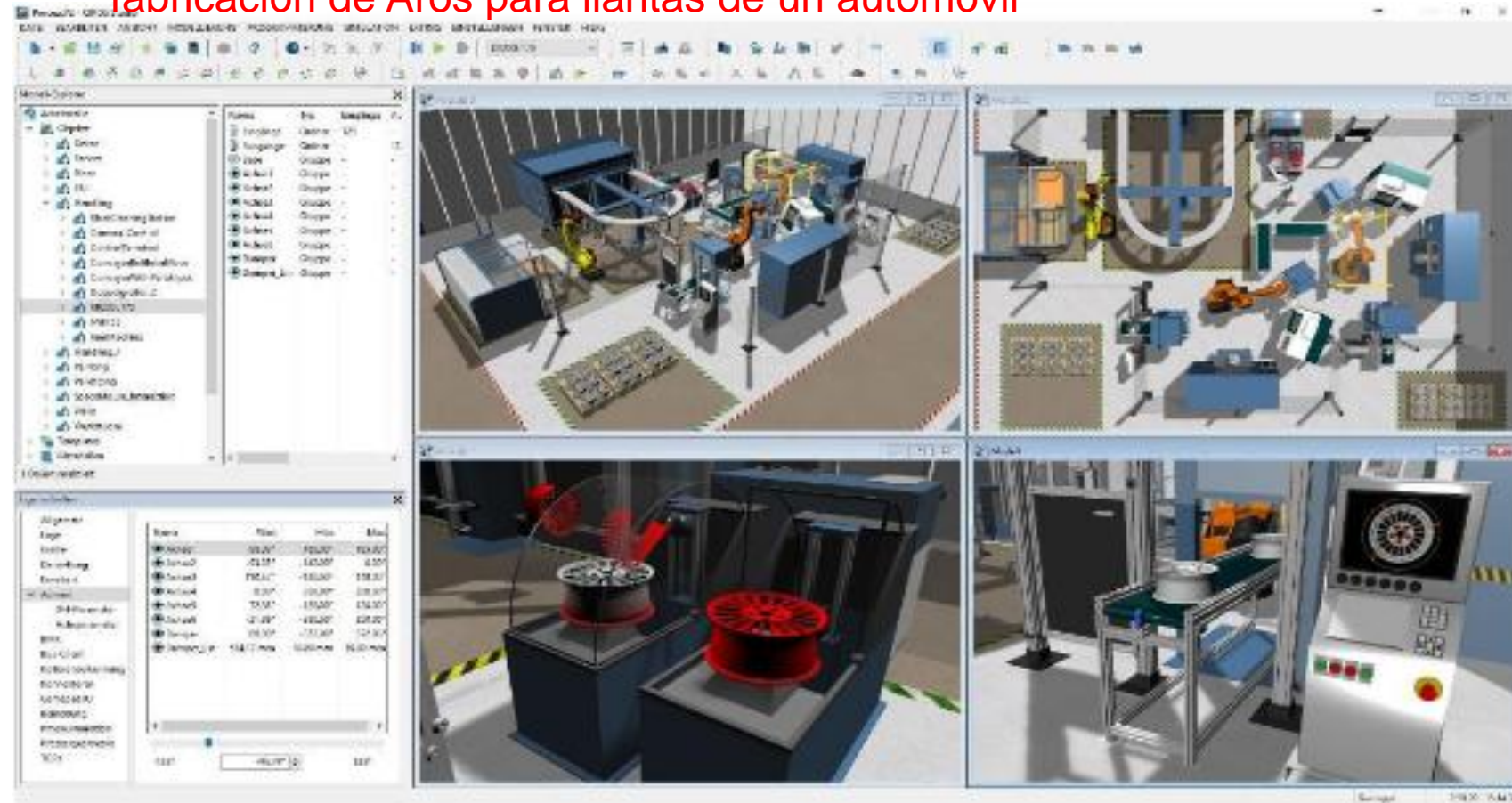
## ¿Cuáles Herramientas?

### Ciros Studio (Festo)

Crear modelos de simulación para uso industrial, que unifica en un mismo entorno simulación, modelización y programación.

Cuenta con modelado y simulación 3D en tiempo real de entornos complejos, inmersivos y virtuales.

Interfaz del software CiroStudio y modelamiento 3D del proceso de fabricación de Aros para llantas de un automóvil



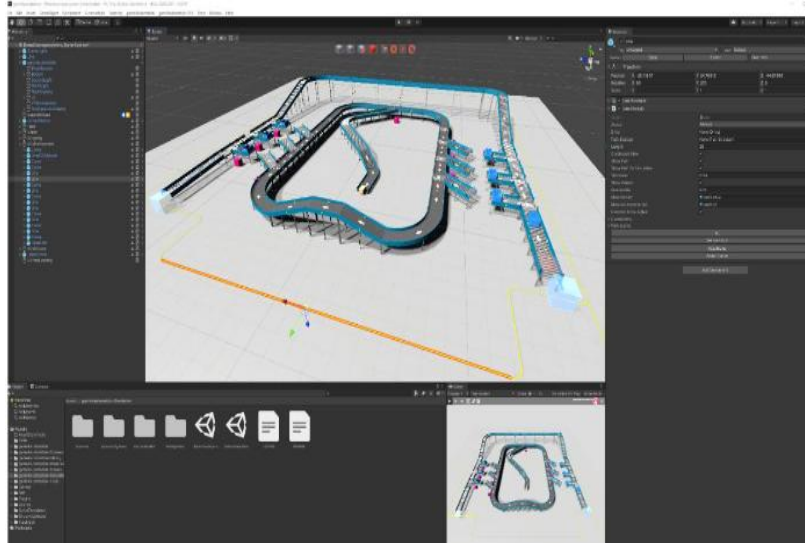
Fuente: Daniel Vinicio Naranjo Sanango, Luis Fernando Zhingri Torres, (2022) Desarrollo de un gemelo digital de las estaciones de manipulación y proceso del sistema de producción modular MPS 500 de Festo. TFG, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. Ecuador.

# Simulación de un sistema de automatización robotizado

## ¿Cuáles Herramientas?

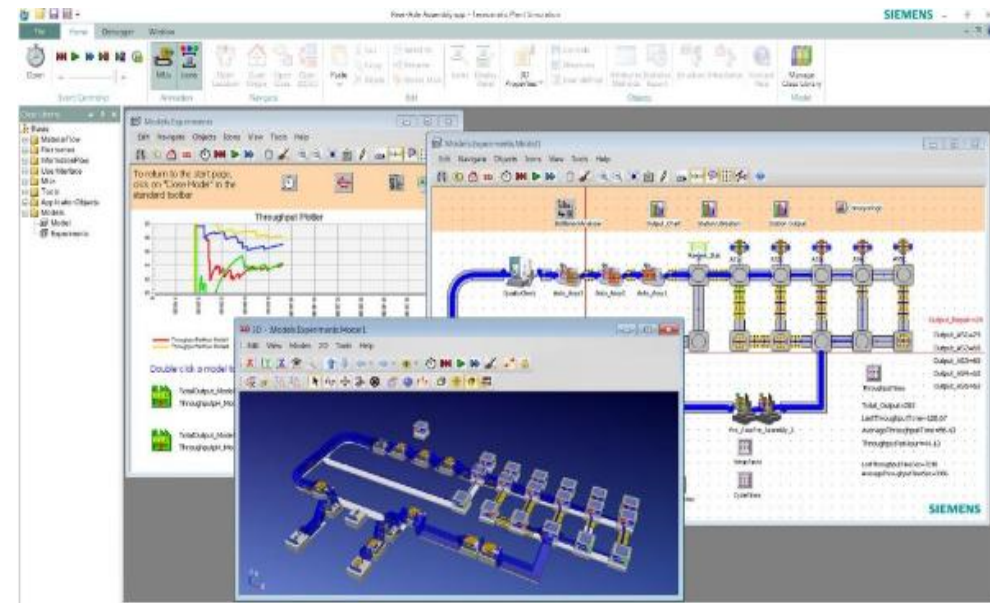
### Unity 3D

Desarrollo de un gemelo digital y simulación de un proceso industrial usando Game4Automation de Unity



### Plant Simulation (Tecnomatix de Siemens PLM Software).

Interfaz de software Plant Simulation



Fuente: Daniel Vinicio Naranjo Sanango, Luis Fernando Zhingri Torres, (2022) Desarrollo de un gemelo digital de las estaciones de manipulación y proceso del sistema de producción modular MPS 500 de Festo. TFG, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. Ecuador.

# Simulación de un sistema de automatización robotizado

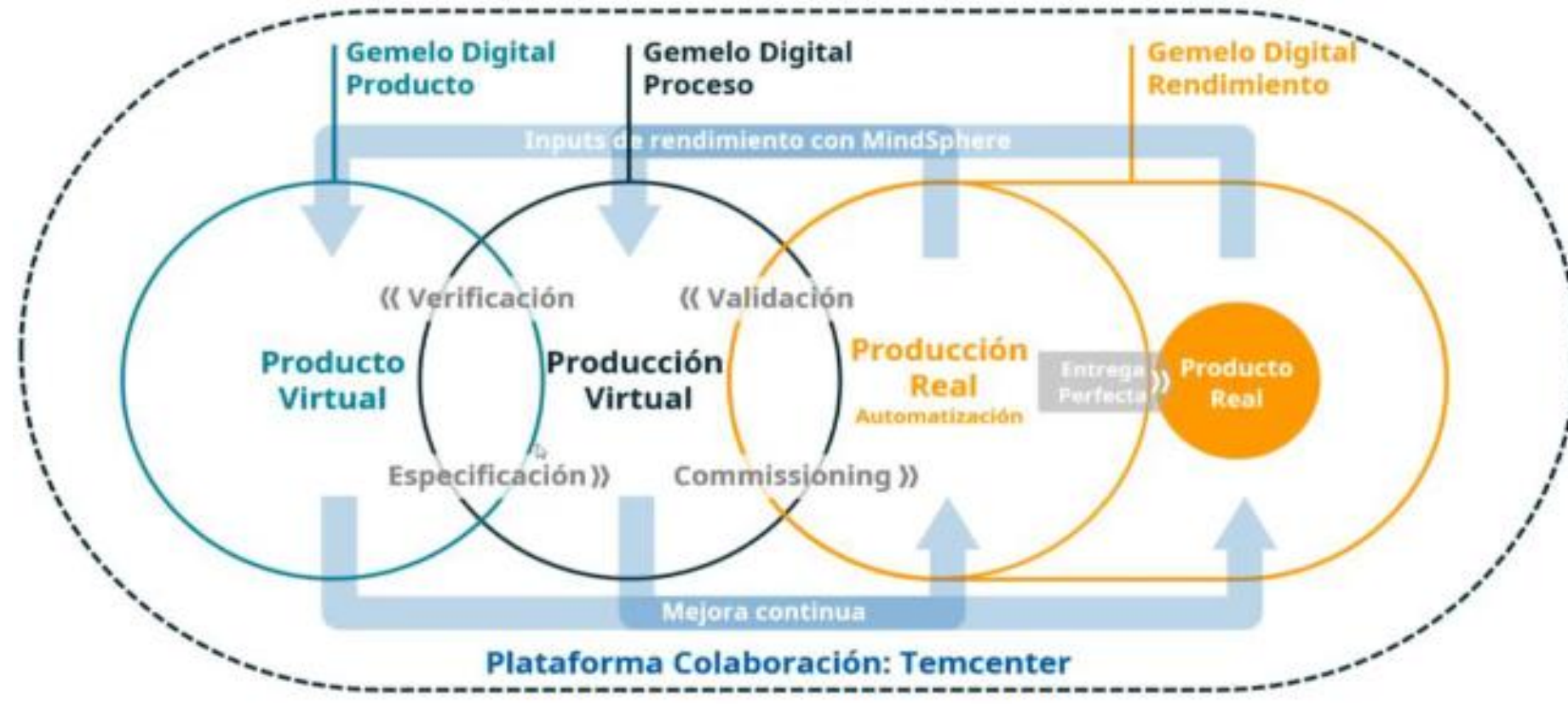
## ¿Cuáles Herramientas?

Integración de los tipos de gemelo digital dentro de Siemens PLM

### Portfolio de Siemens para gemelo digital. (**Tecnomatix Plant Simulation**)

Se basa en los tres tipos de gemelo digital










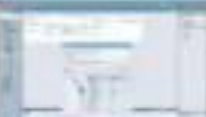


- diseño de producto,
- diseño de producción
- diseño de rendimiento



Fuente: adaptada de Joan Torné Pérez, (2022) Diseño e implementación de un gemelo digital en un proceso de fabricación automatizado. TFG, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.



# Simulación de un sistema de automatización robotizado

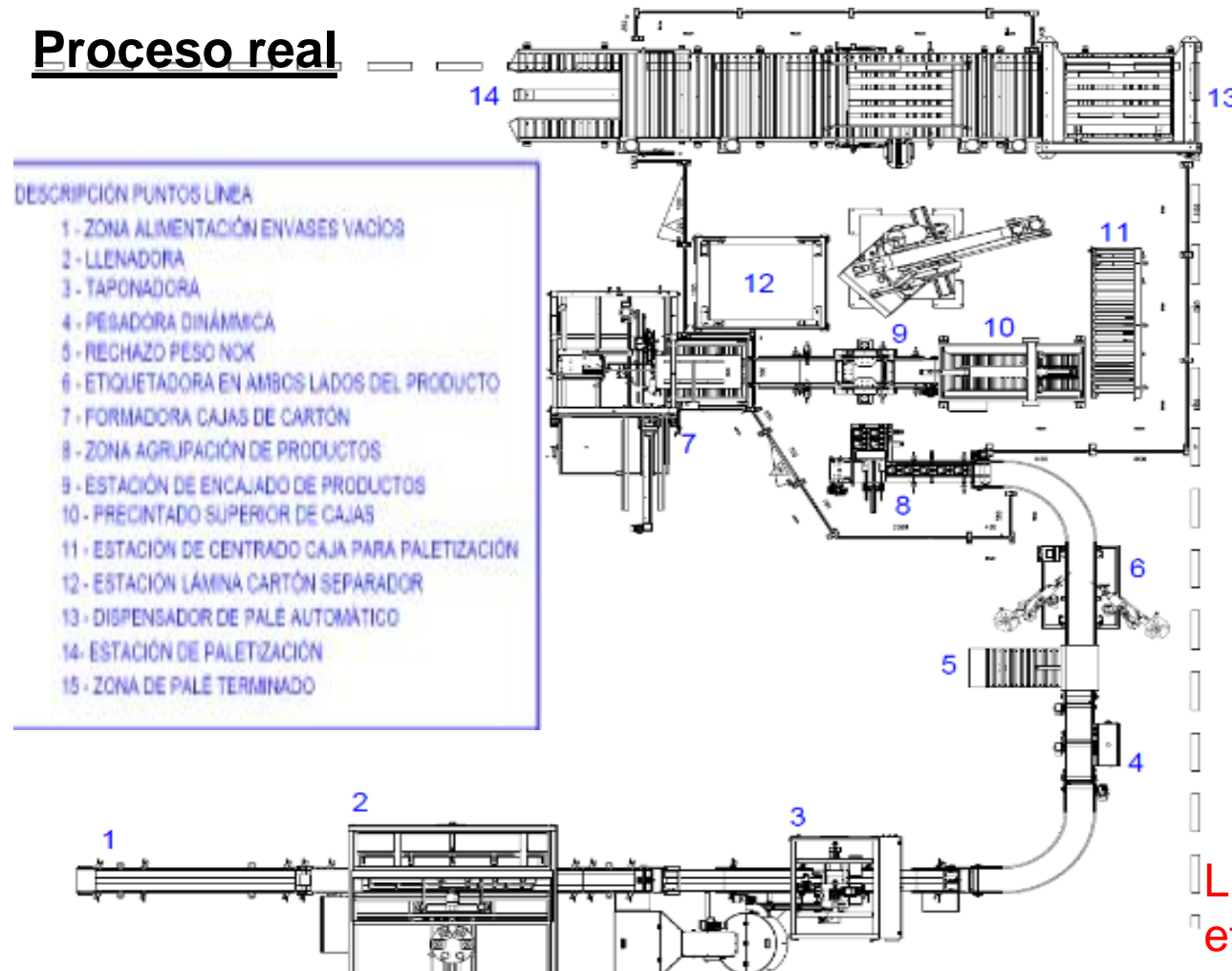
• Planta producción		Tecnomatix Plant Simulation	
• Célula robotizada		Tecnomatix Process Simulate	
• Máquina producción		NX Mechatronics Concept Designer	
• Componente físico		Simcenter Amesim	
• Comportamiento		SIMIT	
• Automatización		PLCSIM Advanced y WinCC	

Fuente: adaptada de Joan Torné Pérez, (2022) Diseño e implementación de un gemelo digital en un proceso de fabricación automatizado. TFG, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.

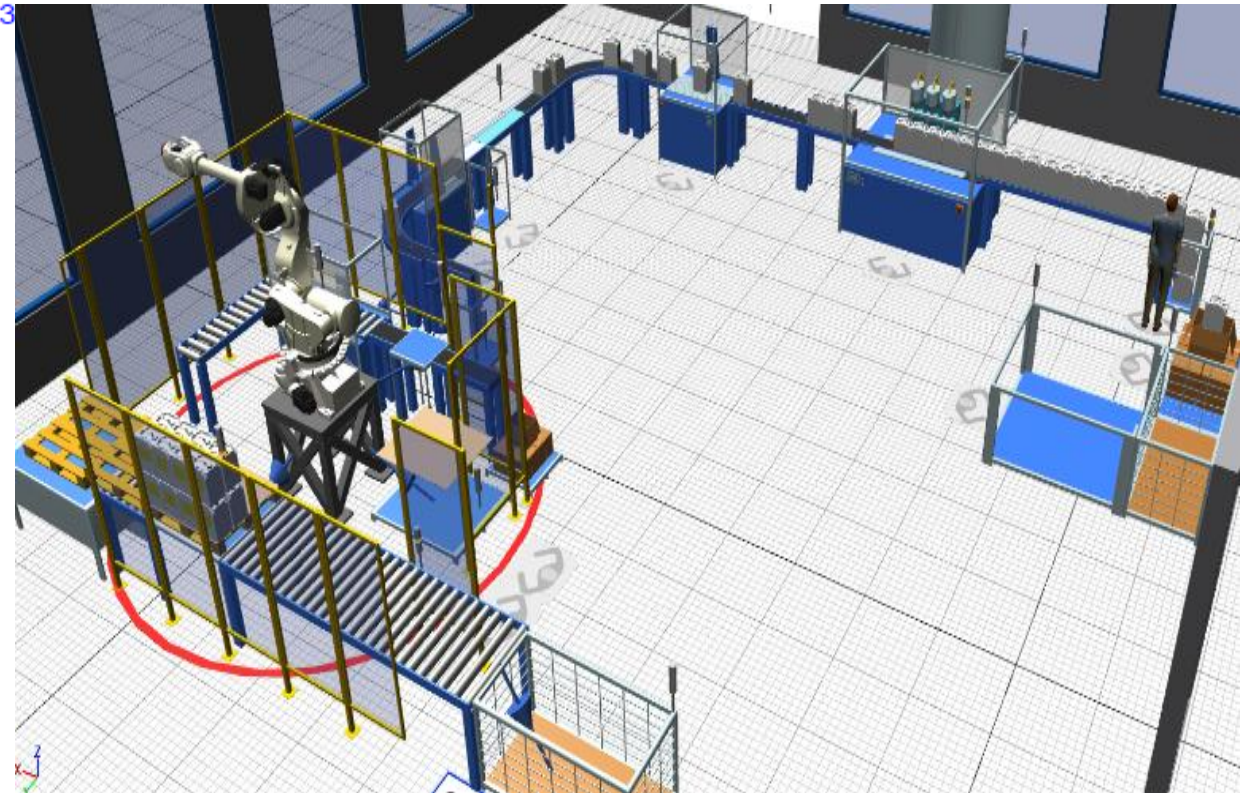
# Simulación de un sistema de automatización robotizado

Creación de DT SMF: Revisar referencia bibliográfica de pag. 57 a pag. 81

## Proceso real



## Gemelo Digital



Línea de embotellado con su respectiva taponadora y etiquetadora y la celda robotizada para el paletizado

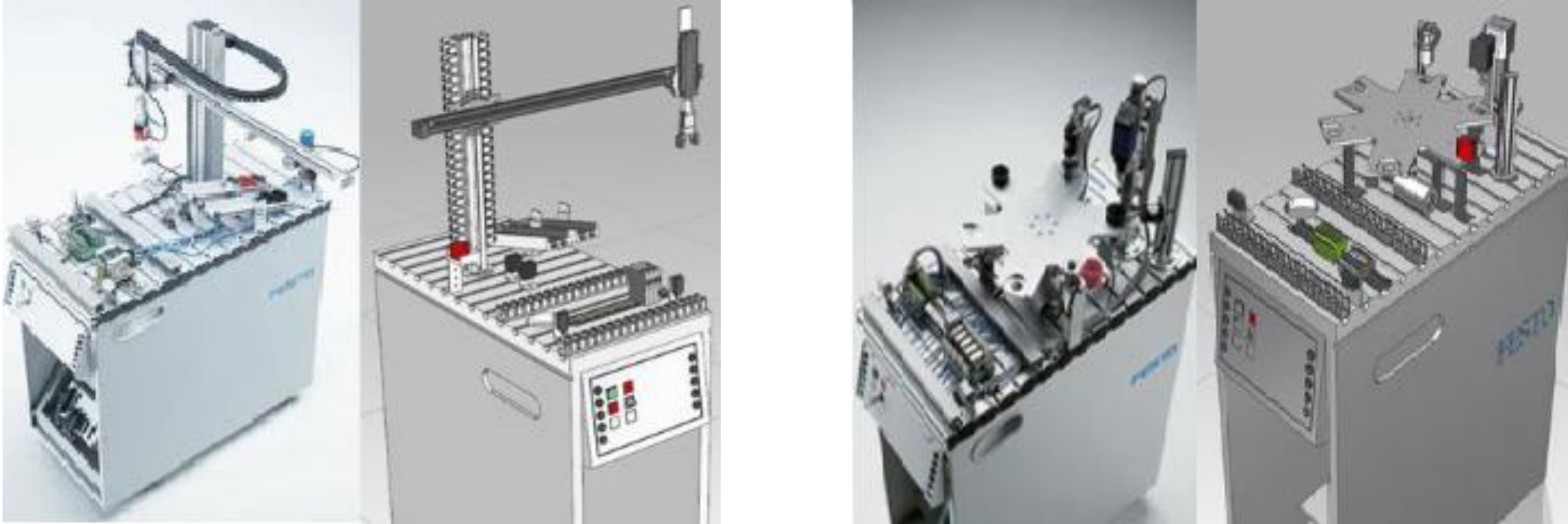
Fuente: adaptada de Joan Torné Pérez, (2022) Diseño e implementación de un gemelo digital en un proceso de fabricación automatizado. TFG, ETS Ing. Ind. UNIV.. POLITÉCNICA DE CARTAGENA.



# Simulación de un sistema de automatización robotizado

## Estaciones del sistema de producción modular MPS 500 y sus gemelos digitales

Revisar en referencia bibliográfica de pág. 16 a pág. 79



Fuente: Daniel Vinicio Naranjo Sanango, Luis Fernando Zhingri Torres, (2022) Desarrollo de un gemelo digital de las estaciones de manipulación y proceso del sistema de producción modular MPS 500 de Festo. TFG, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. Ecuador.

# 1er Workshop Centro Esencia

## Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

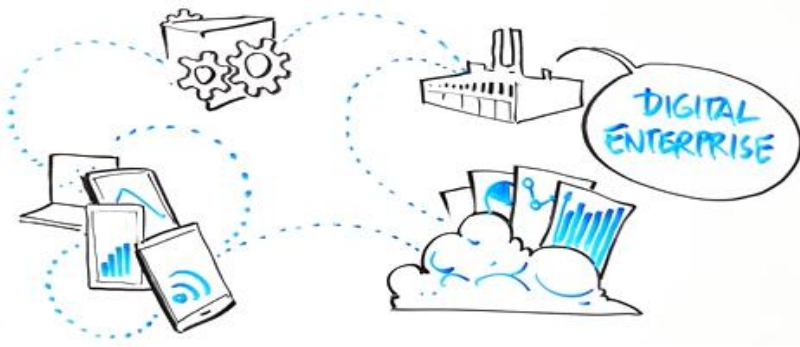
### CONTENIDO:

1. Introducción: ¿por qué y para qué usar DT de SMF en Industria 4.0?
2. Concepto de Gemelo Digital (DT) de SMF (Sistema de Manufactura Flexible)
3. Diseño y simulación de un sistema de automatización robotizado básico.
4. **Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos**

## 4. Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos



**?como generar un salto seguro?**



<https://mesa.org/topics-resources/smart-manufacturing/>



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos



## Beneficios del uso de Gemelos Digitales

1. Optimización de procesos
2. Toma de decisiones informada
3. Reducción de costes y riesgos
4. Innovación y desarrollo de productos

## Pasos de incorporación de los gemelos digitales en las actividades diarias para las pymes y autónomos

1. Identificar los objetivos
2. Evaluación de la viabilidad
3. Selección de tecnologías y proveedores
4. Creación del modelo digital
5. Integración de sensores y recopilación de datos
6. Integración con sistemas existentes
7. Capacitación y adopción
8. Monitorización y mejora continua

## Casos de uso para pymes y autónomos

1. Optimización de procesos de fabricación
2. Mantenimiento predictivo
3. Gestión de la cadena de suministro

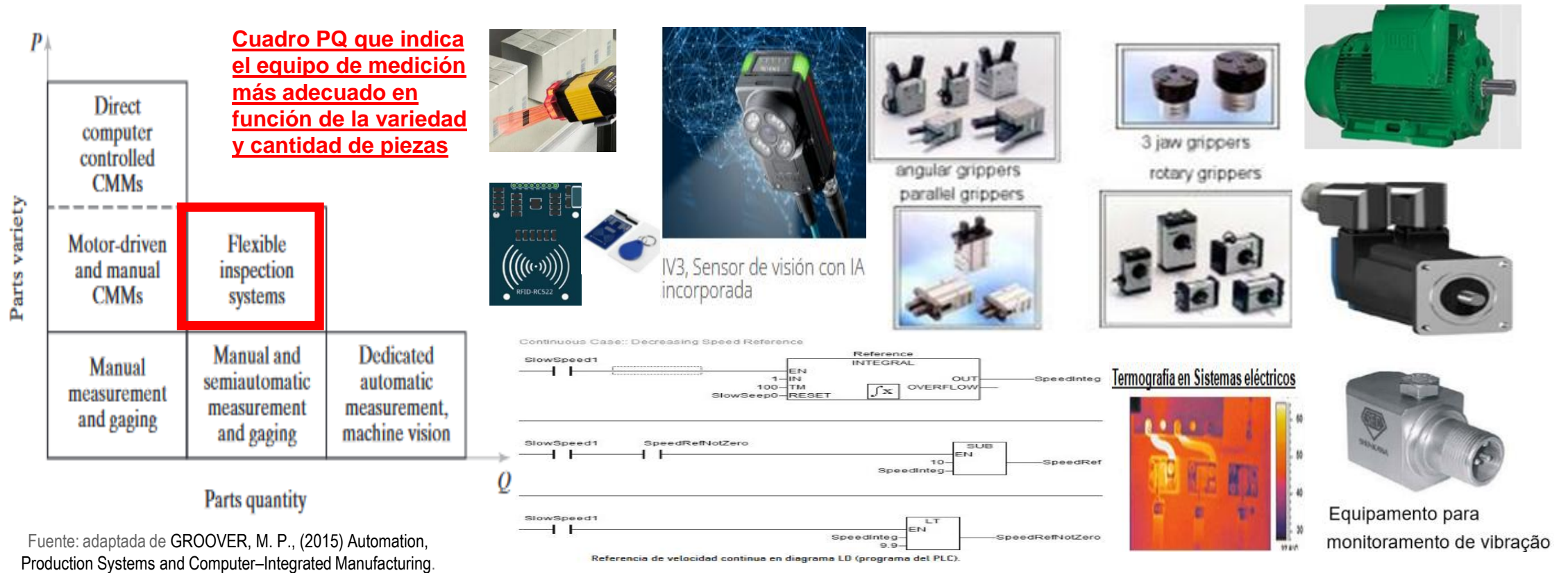
Fuente: Fondo Europeo de Desarrollo Regional. La Revolución de los Gemelos Digitales: Aplicaciones y beneficios para las pymes y autónomos Mayo 2023



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

**Estrategia** -> adicionar al patrón básico las técnicas de Smart-Factoy para:

1. **Nivel local:** incrementar mediciones, acciones y algoritmos de decisiones para elevar KPI.



Fuente: adaptada de GROOVER, M. P., (2015) Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing.

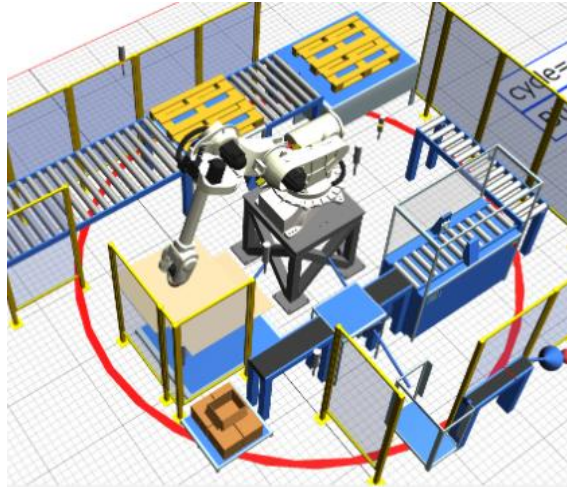


# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

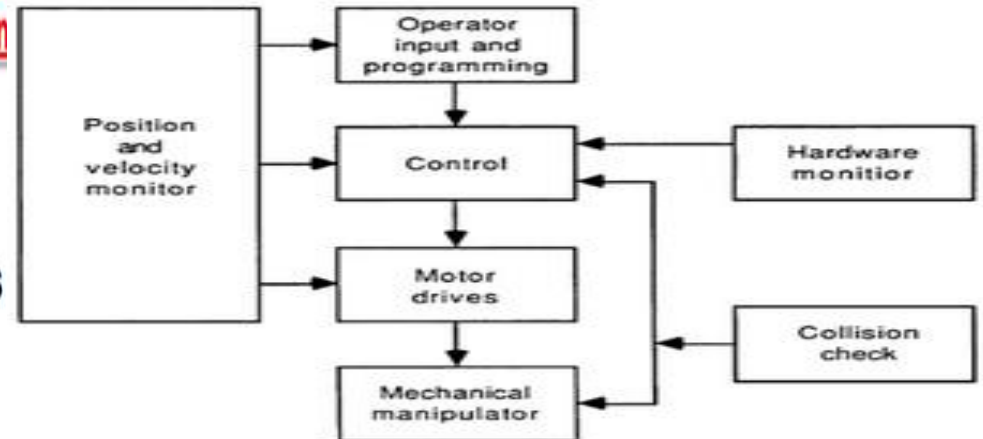
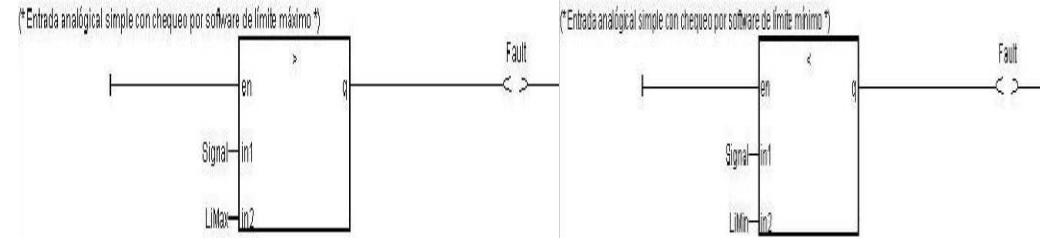
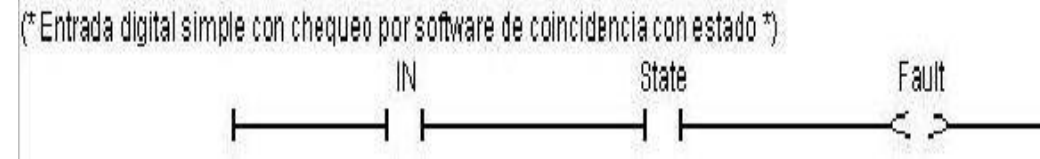
## 1. Operación y control secuencial

### Estrategias de mejora de productividad, calidad y rendimiento

1. Especialización de operaciones
2. Operaciones combinadas
3. Operaciones simultáneas
4. Integración de operaciones
5. Mayor flexibilidad
6. Mejoras en manejo y almacenamiento de materiales
7. Inspección en línea
8. Control y optimización de procesos
9. Control de operaciones de planta
10. Manufactura integrada por computadora (CIM)



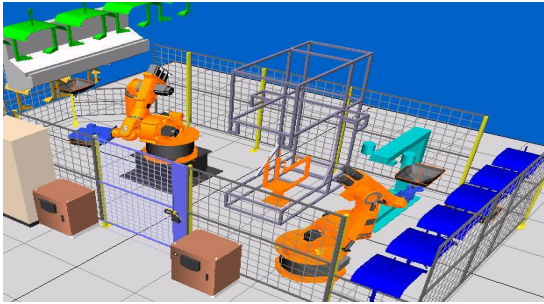
### Tolerancia a fallos reduce el Mantenimiento Correctivo



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

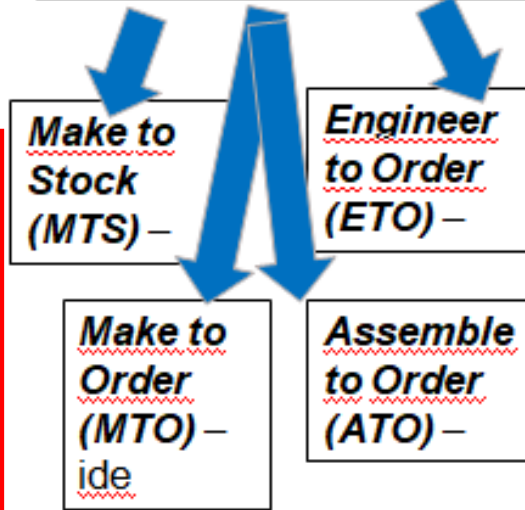
**Estrategia** -> adicionar al patrón básico las técnicas de Smart-Factory para:

2. **Nivel supervisión:** análisis de datos recibidos del proceso o de los usuarios (vía HMI) para tomar decisiones con algoritmos de evaluación integradores que garanticen elevar KPI.



## Eficiencia Productiva

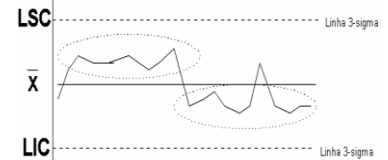
**Tipos de sistemas de Control de Producción**



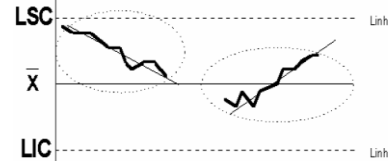
**FLEXIBILIDAD** →

## Control de calidad

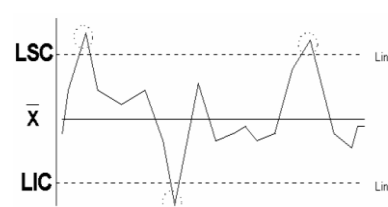
**Desplazamiento de Medias**



**Tendencias**



**Puntos fuera de limites**



**PANEL CONTROL MANUAL**

R. Libre R. Carga R. MpCar R. DescR. MpDesc

M. Ocio M. Oper

**PANEL CONTROL LOCAL**

ON AUT EMERGENCIA  
OFF MAN

Autoriza Secuencia Autoriza Operacion

Simula Consumo Robot

Timestamp Message

0 09.08.2024 19:12:04 Robot requiere Manteni...

1 19.08.2024 19:12:04 Robot cercano al limite de cons...

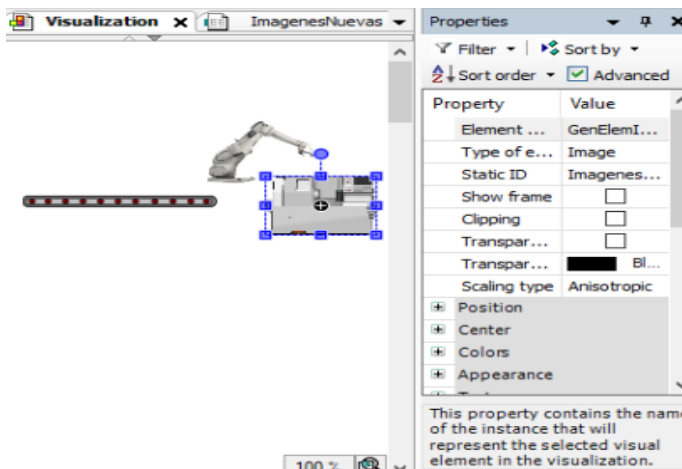
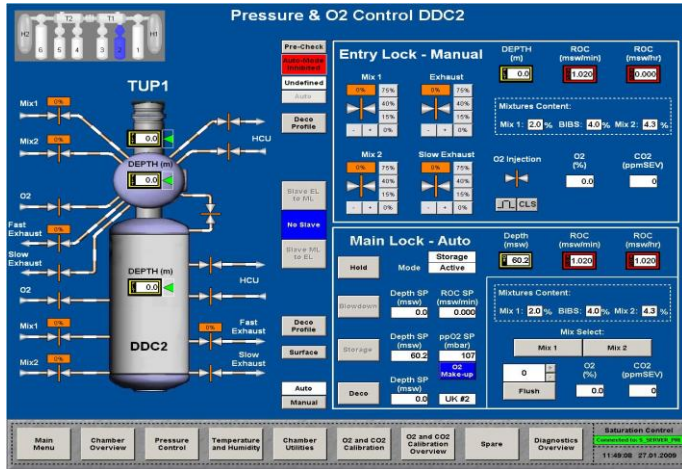


# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

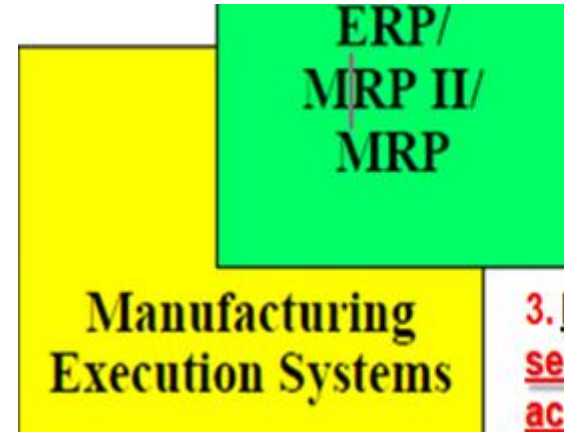
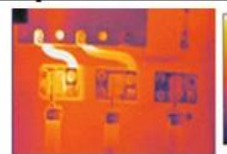
## 2. Supervisión y Mantenimiento (preventivo y predictivo)

### Pasos de ejecución de la integración del Mto:

1. Mantenimiento predictivo
2. Mantenimiento preventivo
3. Tolerancia a fallos
4. Mantenimiento correctivo
5. Supervisión, decisiones y calculo KPI relacionados

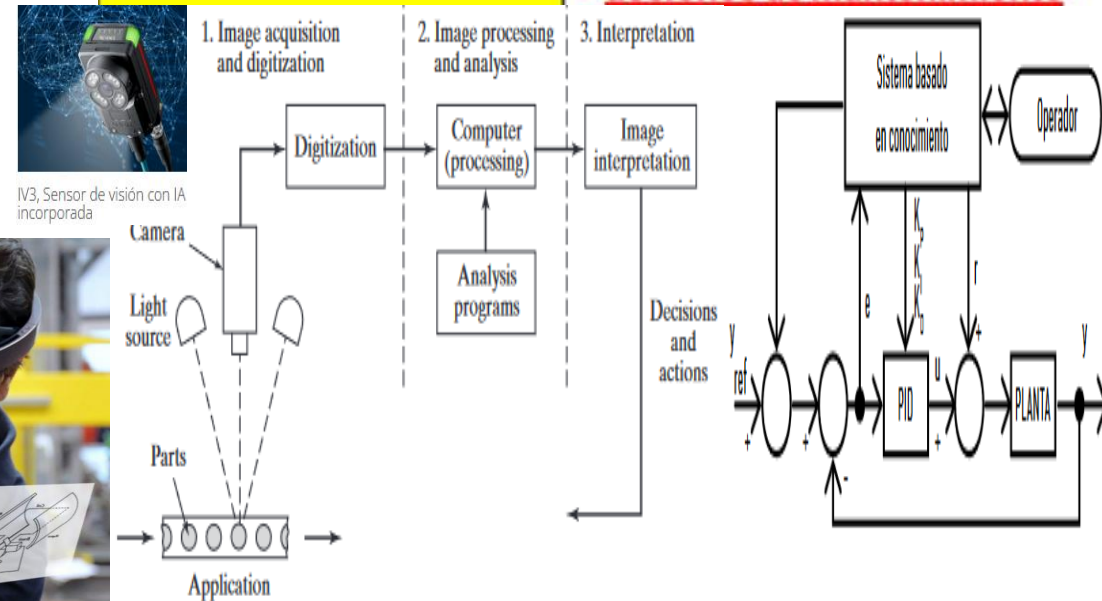


Equipamento para monitoramento de vibração  
Termografia en Sistemas eléctricos



2. Decisiones tácticas en la planificación de producción y la supervisión inteligente

3. Decisiones de Operación en secuencia productiva y acciones de mantenimiento



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

## 2. Planificación de la producción flexible

**Tipos de sistemas de Control de Producción**

**Make to Stock (MTS) –**

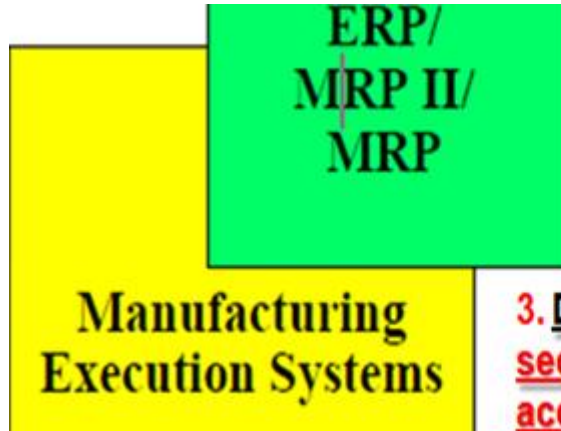
**Engineer to Order (ETO) –**

**Make to Order (MTO) –  
ide**

**Assemble to Order (ATO) –**

**FLEXIBILIDAD** →

<https://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/es/control-de-produccion/>

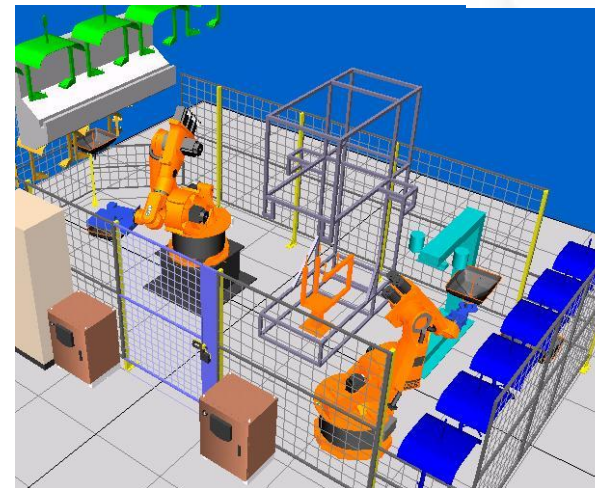


**2. Decisiones tácticas en la planificación de producción y la supervisión inteligente**

**3. Decisiones de Operación en secuencia productiva y acciones de mantenimiento**

Inventory Summary

Product ID	SKU	Product name	Options	In Stock	Allocated	
1002	A000001	Mens Indo Surf Board Shorts	Red, XS	116	12	
1003	A000003	Mens Indo Surf Board Shorts	Red, S	0	6	Out Of Stock
1004	A000003	Mens Indo Surf Board Shorts	Red, M	25	23	
1005	A000005	Mens Indo Surf Board Shorts	Red, L	1031	12	Overstock
1007	A000006	Mens Indo Surf Board Shorts	Blue, XS	18	12	



### Acciones Producción Flexible

1. Planificación Flexible
2. Selección Flexible
3. Ejecución Flexible
4. Supervisión (decisiones) y gerencia (KPI)

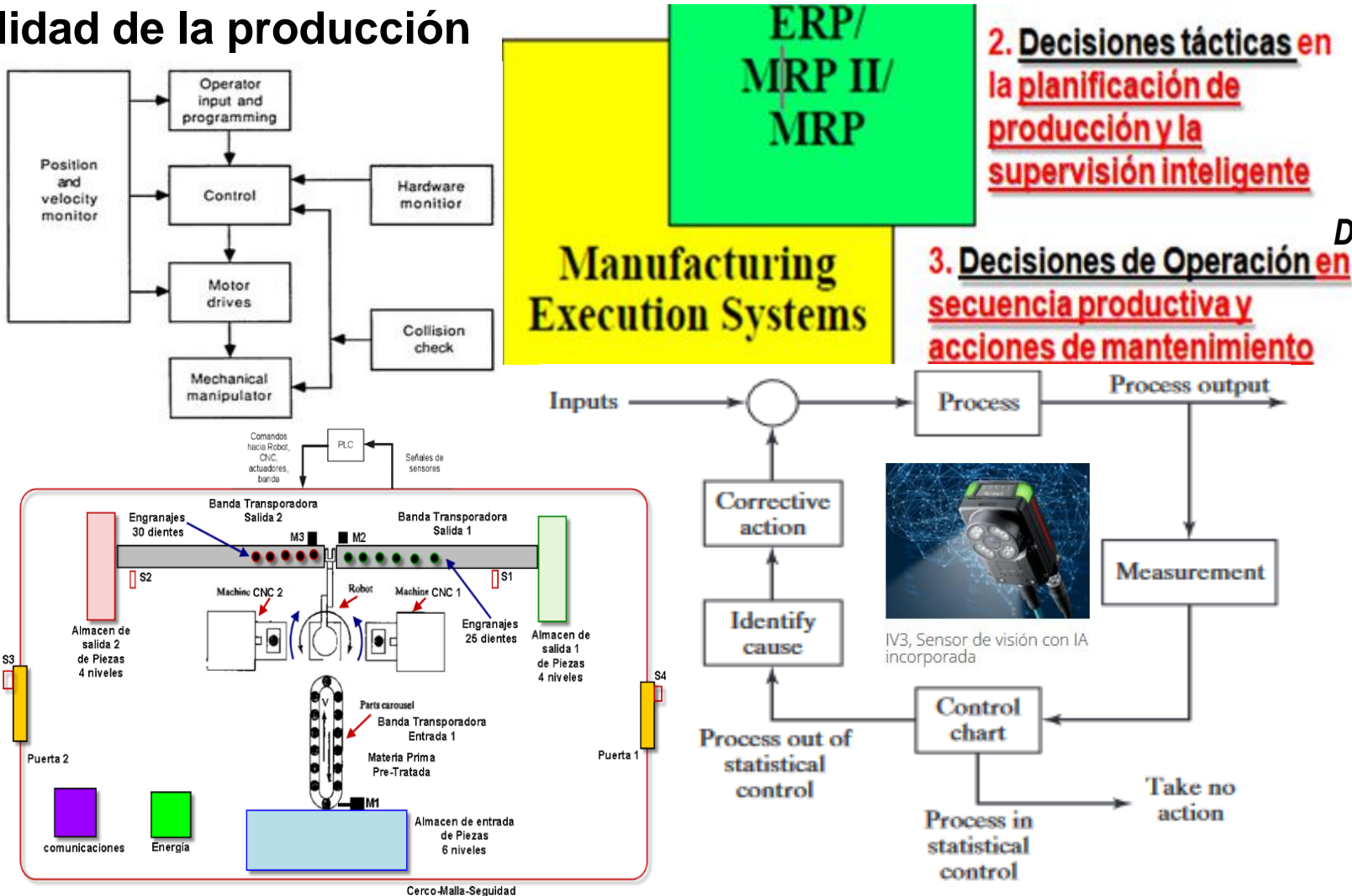


# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

## 2. Control de calidad de la producción

### Acciones de control de calidad

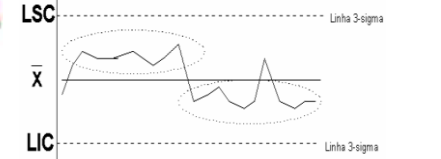
1. Mediciones de diagnóstico
2. Procesamiento de señales de diagnóstico
3. Supervisión y determinación de decisiones para elevar calidad
4. Cálculo de indicadores relacionados con calidad



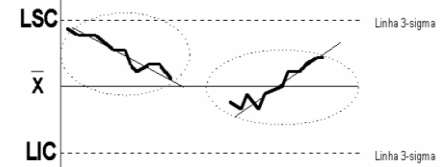
**2. Decisiones tácticas en la planificación de producción y la supervisión inteligente**

**3. Decisiones de Operación en secuencia productiva y acciones de mantenimiento**

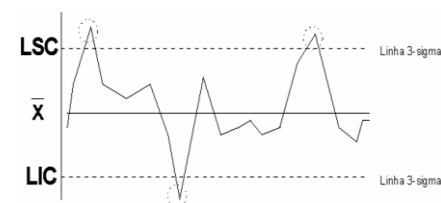
### Desplazamiento de Medias



### Tendencias



### Puntos fuera de limites



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

**Estrategia** -> adicionar al patrón básico las técnicas de Smart-Factory para:

3. **Nivel gerencia:** enlazar local y supervision con algún indicador KPI empresarial que se vea mejorado y por tanto adicionar algoritmos de tomas de decisiones para mejoras en este sentido.

## Integración Ciclo de Vida

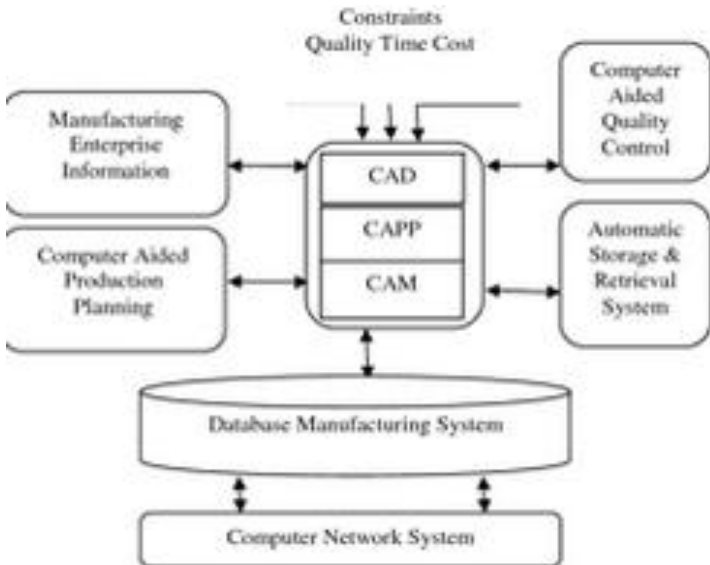


Figure5. The basic component of CIM for Frankhodor auto industry

Fuente: GROOVER, M. P., (2015) Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing.

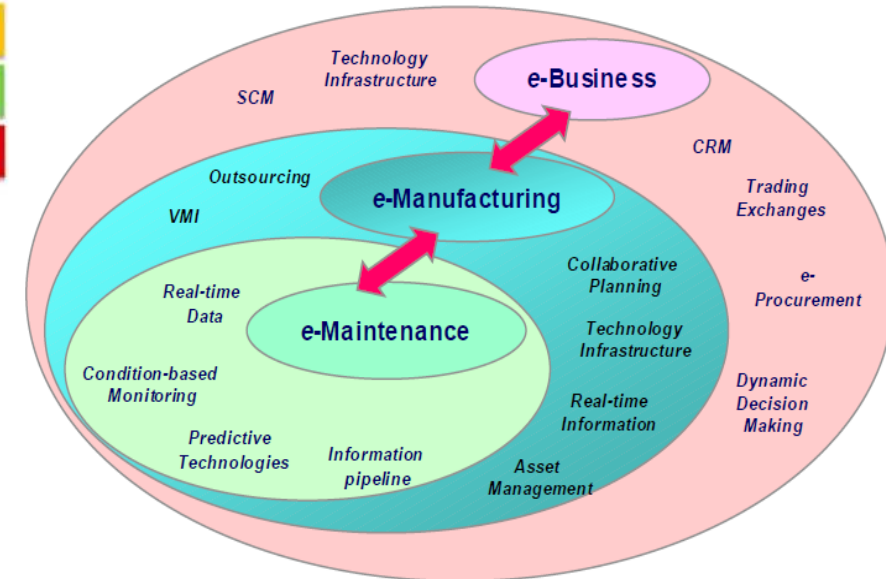
## Gestión de KPIs



$$OEE = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{RENDIMIENTO} \times \text{CALIDAD}$$

$$OEE = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E}$$

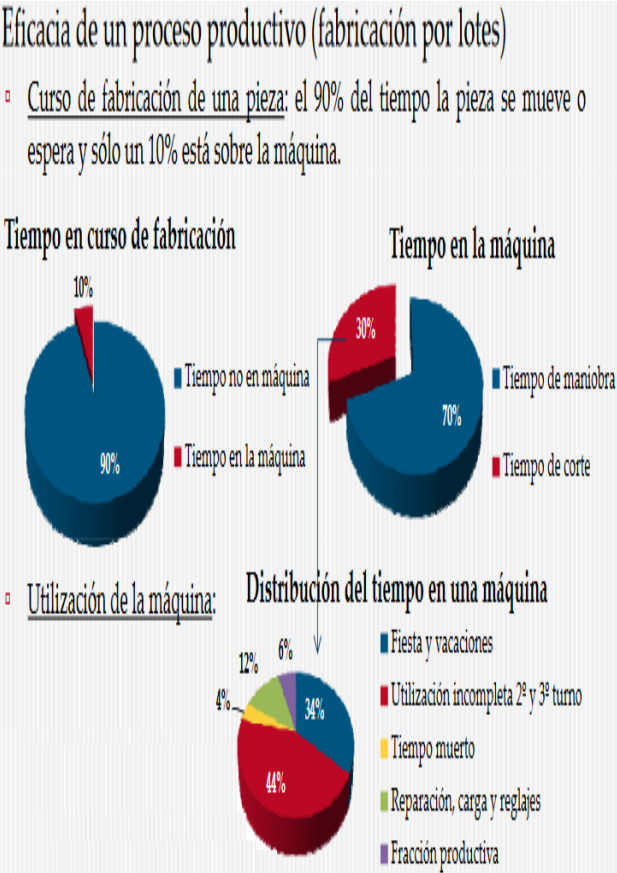
## Gestión e-manufacturing



Fuente: Jay Lee. E-manufacturing—fundamental, tools, and transformation. Robotics and Computer Integrated Manufacturing 19 (2003) 501-507

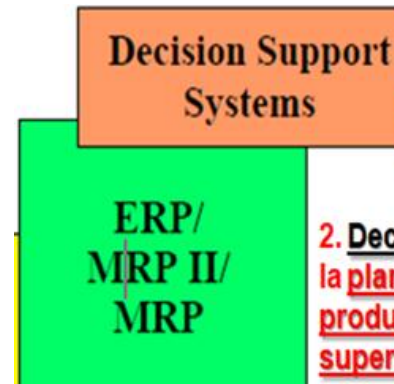
# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

## 3. Gestión técnico-financiera empresarial



$$OEE = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{RENDIMIENTO} \times \text{CALIDAD}$$

$$OEE = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E}$$

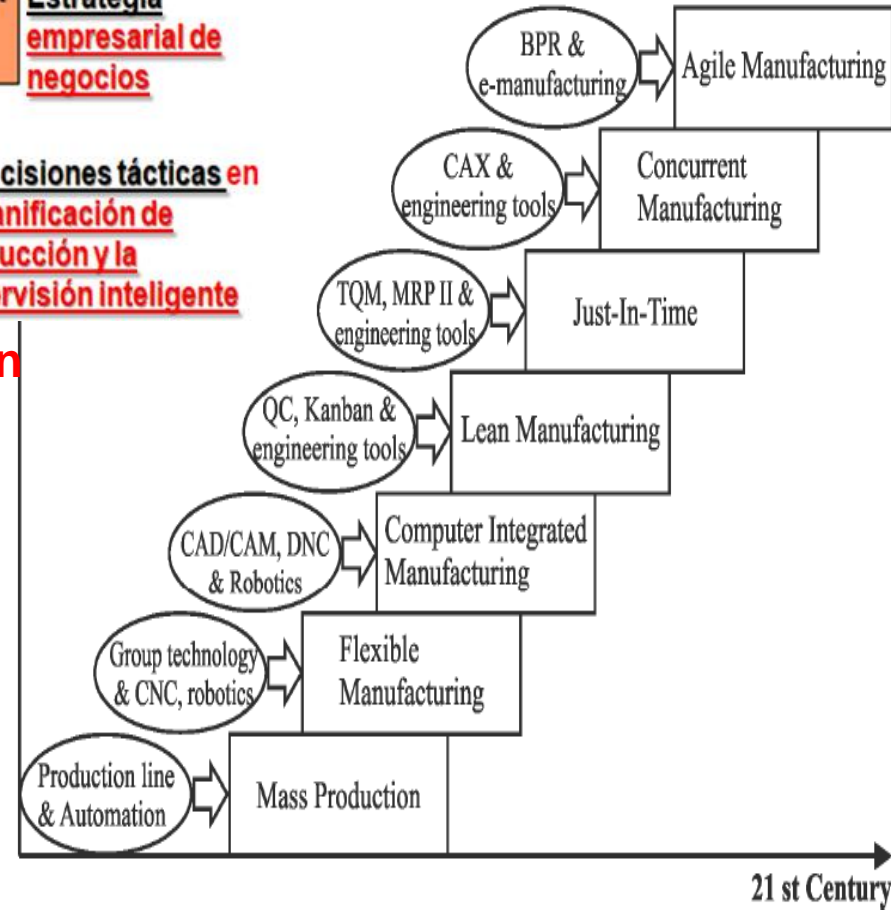


1. Decisiones en la Estrategia empresarial de negocios

2. Decisiones tácticas en la planificación de producción y la supervisión inteligente

### Acciones de Gestión empresarial

1. Mediciones y conteos especiales
2. Supervisión y determinación de decisiones para elevar KPI
3. Cálculos KPI
4. Decisiones de incremento KPI

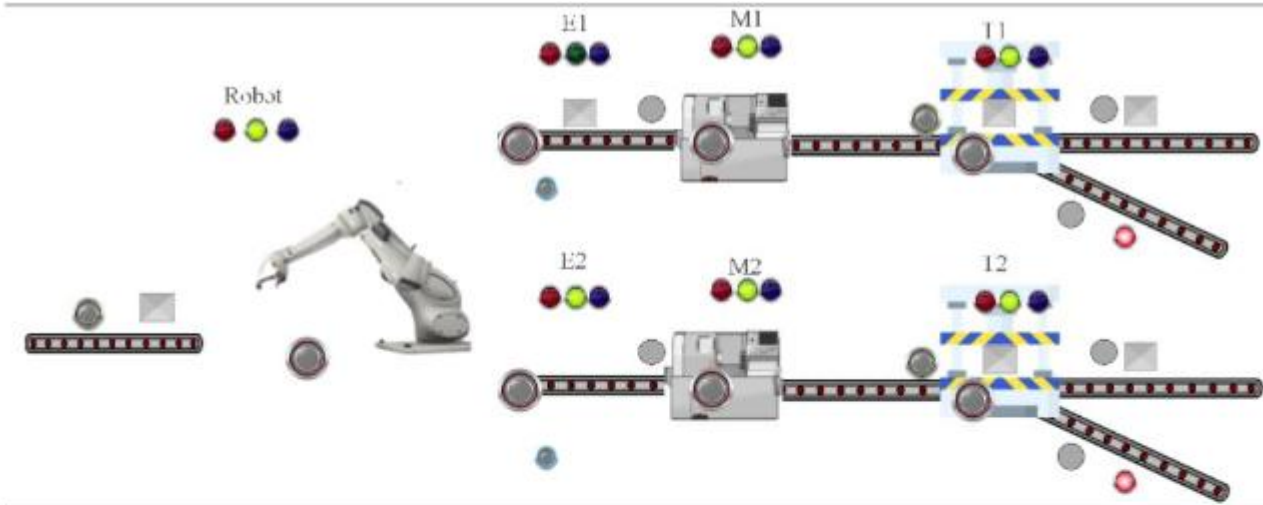




# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

CoDeSys

Factory I/O

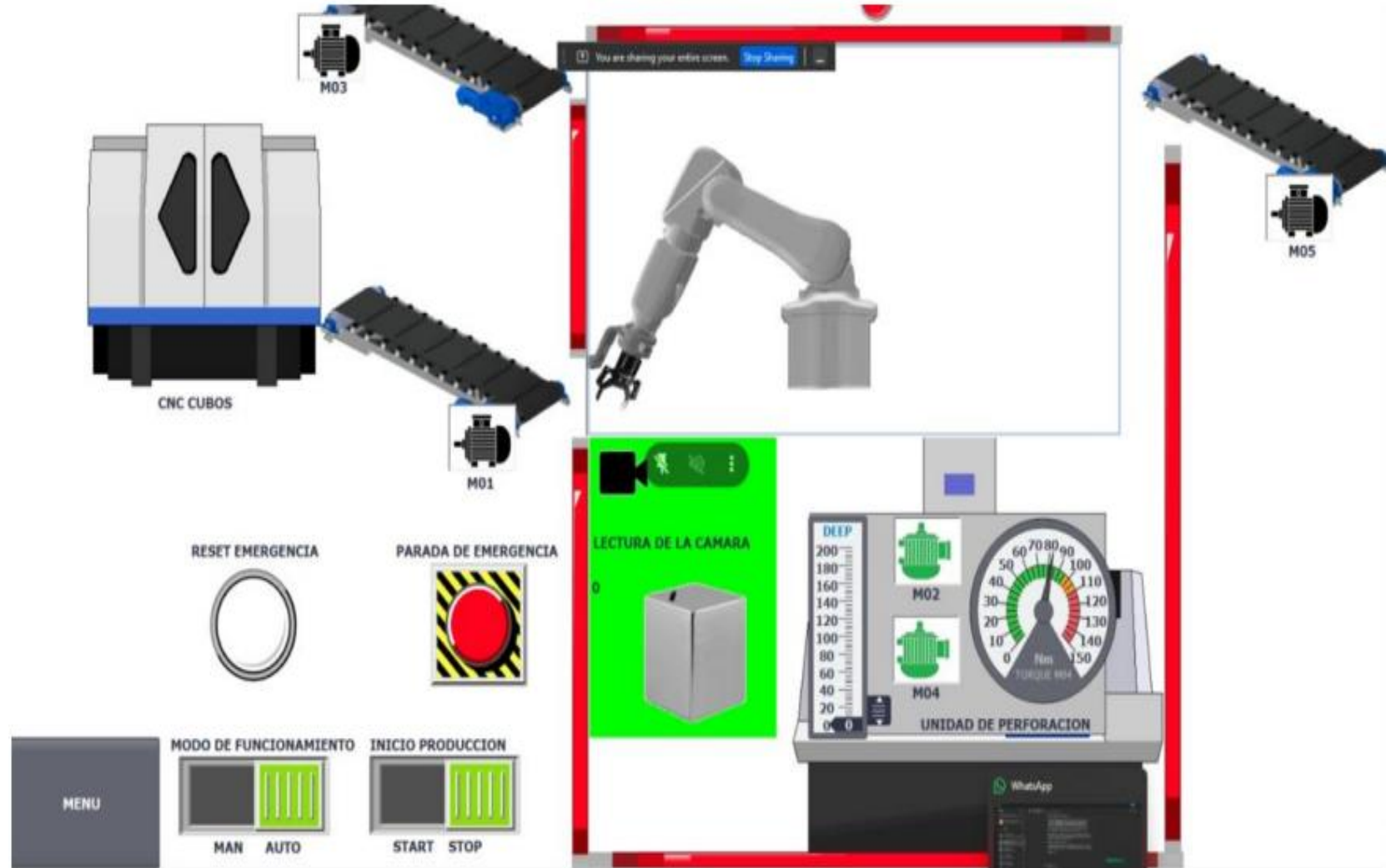
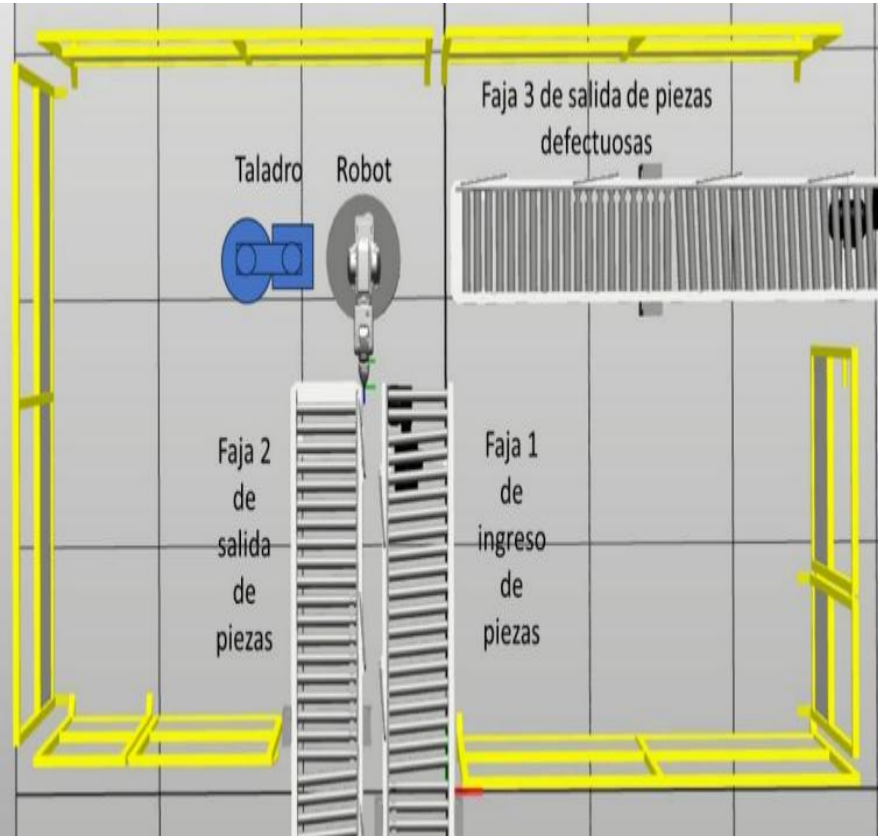


Video Simulacion proceso.wmv



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

## TIAPortal



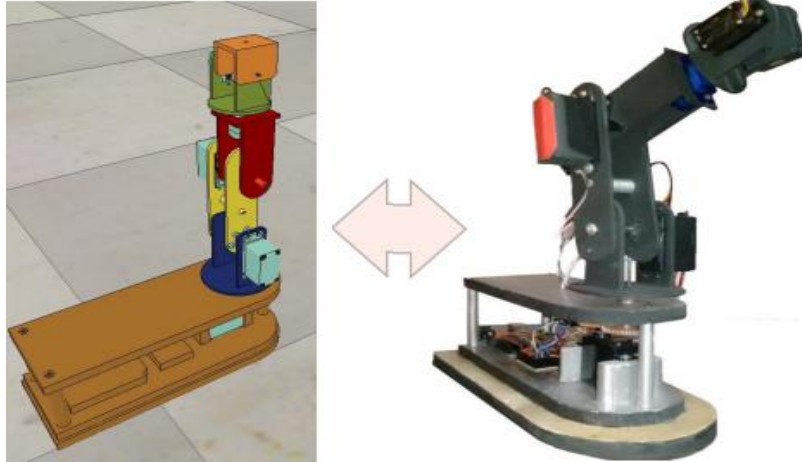
<https://www.youtube.com/watch?v=D-VvMhcCkoM>

Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

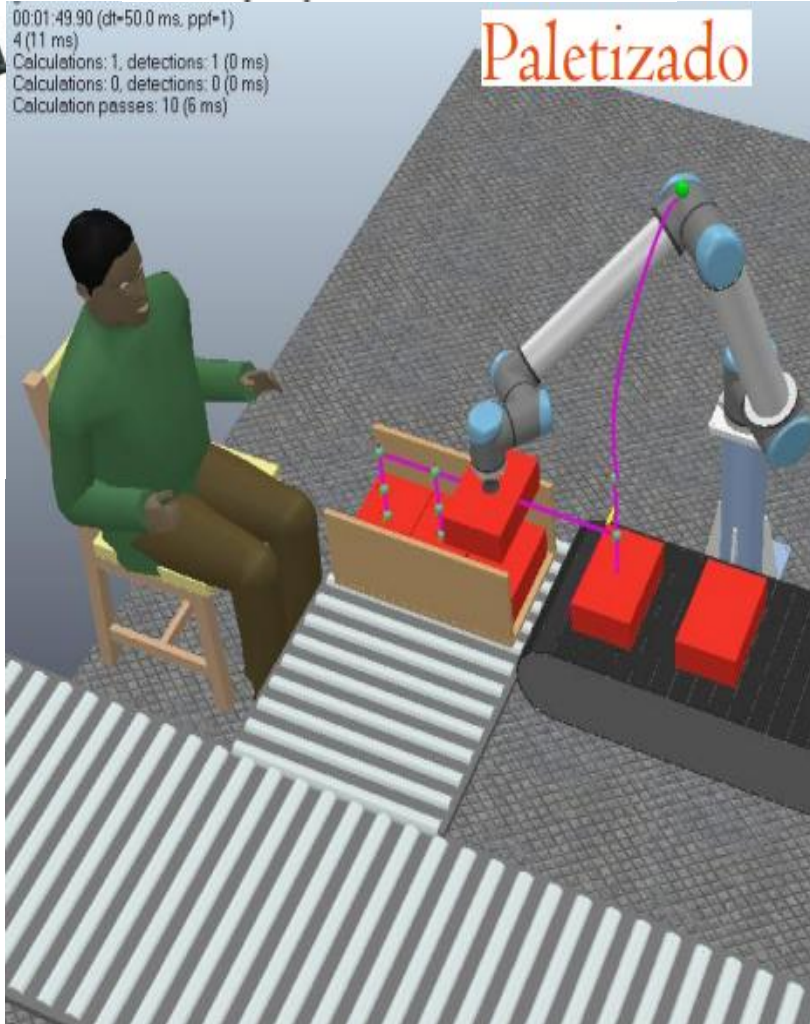
13/01/2025

# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

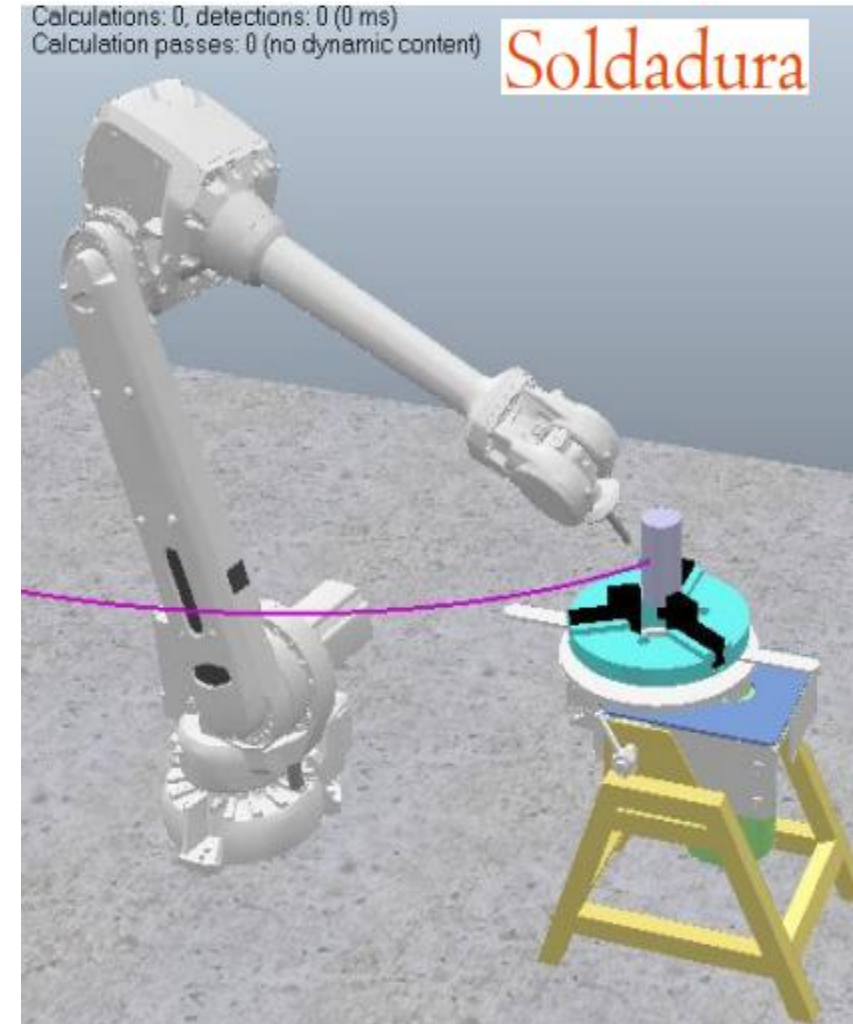
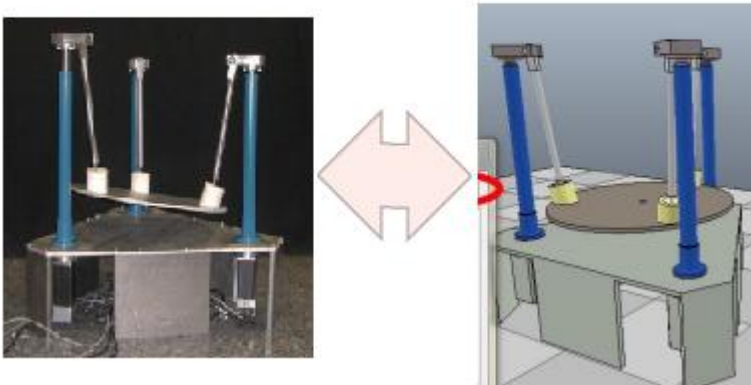
## Robot educativo 5 GdL Armax 1.0



### CoppeliaSim



## Robot Paralelo 3 GdL PRS



# Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos

## CONCLUSIONES

1. ¿Por qué y para qué usar DT de SMF en Industria 4.0?  
(Optimizar Desempeño, Flexibilidad innovación, reducir riesgos)
2. Gemelo Digital (DT) de SMF (Sistema de Manufactura Flexible)  
(Optimizar automatizado on-line)
3. Diseño y simulación de un sistema de automatización robotizado básico.  
(Simulación y entrenamiento off-line)
4. Desarrollo de gemelo digital en SMF de PYMES y Autónomos  
(Crear base del DT desde la automática tradicional hacia Smart-Factory)

## RESULTADOS

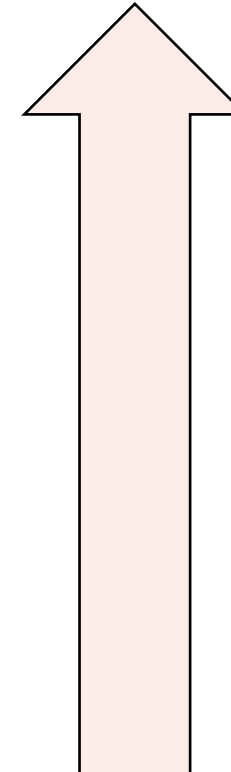
1. KPI

2. I4.0

3. Smart-Factory.

4. Automática integrada

## ESTRATEGIA



## HERRAMIENTAS

1. Tecnomatix Plant Simulation

2. FlexSim  
CoDeSys-  
CoppeliaSim

3. CoDeSys MatLab y  
CoDeSys-  
CoppeliaSim

4. CoDeSys -MatLab y  
CoDeSys-  
CoppeliaSim



# Bibliografía

1. Fei Tao, Meng Zhang, A.Y.C. Nee. (2019) **Digital Twin Driven Smart Manufacturing**. Academic Press - Elsevier
2. GROOVER, M. P., (2015) **Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing**, Editora Pearson College Div., 4a Ed., ISBN: 97801323932181
3. Garrell A.& Guilera L. (2022) **La Industria 4.0 en la sociedad digital**. Colección: Gestiona. Pág.: 226. ISBN: 9788417313852.
- Roig, C. (2022) Industria 4.0: la cuarta (re) evolución industrial Departamento de Operaciones, Innovación y Data Sciences en ESADE Business School. [https://www.ivlogistica.com/es/wp-content/uploads/2017/06/64-71\\_carlos\\_roig\\_industria\\_4c.pdf](https://www.ivlogistica.com/es/wp-content/uploads/2017/06/64-71_carlos_roig_industria_4c.pdf)
4. Daniel Vinicio Naranjo Sanango, Luis Fernando Zhingri Torres, (2022) **Desarrollo de un gemelo digital de las estaciones de manipulación y proceso del sistema de producción modular MPS 500 de Festo**. TFG, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. Ecuador
5. Winter, J. (2022) **The Birth of Industry 4.0 and Smart Manufacturing**. Intech (Official publication of International Society of Automation ISA). August 2022, Vol. 69, Issue 4. USA. [www.isa.org/intech](http://www.isa.org/intech)
6. Romano, B. (2022) **Walking the Path of Digital Transformation**. Intech (Official publication of International Society of Automation ISA). August 2022, Vol. 69, Issue 4. USA. [www.isa.org/intech](http://www.isa.org/intech)
7. Jurgens, J., Swan Gin, B. (2022). **The Global Smart Industry Readiness Index Initiative: Manufacturing Transformation Insights** Report 2022. WHITE PAPER FEBRUARY 2022
8. Antoni Garrell, Llorenç Guilera (2021) **La industria 4.0 en la sociedad digital**. Z-Library
9. Joan Torné Pérez, (2022) **Diseño e implementación de un gemelo digital en un proceso de fabricación automatizado**. TFG, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
10. **Festo Didactic** . <https://www.interempresas.net/Tecnologia-aulas/Articulos/168136-Festo-Didactic-soluciones-para-la-formacion-tecnica.html>
11. Benítez I.; et all. (2022) **Diseño de Sistemas de Automatización Integrada**. EDITORIAL: UCSG, Guayaquil, Ecuador. pp. 1 - 525. Disponible en Internet en: <<https://editorial.ucsg.edu.ec/editorial/ciencias-tecnicas/227-41-diseno-de-sistemas-de-automatizacion-integrada.html#/#/29-soporte-papel>>. ISBN 978-9942-825-62-9
12. Jürg Meierhofer , Lukas Schweiger , Jinzhi Lu , Simon Züst , Shaun West , Oliver Stoll and Dimitris Kiritsis . **Digital Twin-Enabled Decision Support Services in Industrial Ecosystems**. Appl. Sci. 2021, 11, 11418. <https://doi.org/10.3390/app112311418> <https://www.mdpi.com/journal/applsci>
13. Industria 4.0 - **La empresa integrada digitalmente**. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ijuan/ind40simple/requerimientos.html>
14. Werner Kritzinger et al. (2018) IFAC PapersOnLine 51-11 1016–1022
15. Melesse TY, Di Pasquale V, Riemma S. **Digital Twin models in industrial operations: State-of-the-art and future research directions**. IET Collab. Intell. Manuf. 2021;3:37–47. <https://doi.org/10.1049/cim2.12010>
16. Carolina Saavedra Sueldo, Sebastián A. Villar, Mariano De Paula, Silvia B. Urrutia, Gerardo G. Acosta.(2021) **Integración de ROS y Tecnomatix para el desarrollo de gemelos digitales en sistemas de manufactura flexible**. INTELYMEC, Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro CIFICEN –UNICEN – CICpBA – CONICET, Argentina.
17. JORGE HERNANGÓMEZ GONZÁLEZ. (2023). **CREACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE GEMELOS DIGITALES DE PLANTA EMPLEANDO UNA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS COMERCIAL**. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, UPM, Madrid, España
18. Fondo Europeo de Desarrollo Regional. **La Revolución de los Gemelos Digitales: Aplicaciones y beneficios para las pymes y autónomos Mayo 2023**



## 1er Workshop Centro Esencia

# Gemelos Digitales de celdas de manufactura flexible para elevar indicadores de desempeño industrial

# SUGERENCIAS Y PREGUNTAS

### OBJETIVOS:

- Dominar el concepto de Gemelo Digital (DT) de SMF y aplicarlo para elevar indicadores de desempeño en Smart Factory.
- Proponer metodologías y herramientas que permitan desarrollo de DT para mejorar y optimizar el desempeño de la automatización de celdas de manufactura flexible avanzada e inteligente que sienten bases de Smart Factory.

# Sugerencia

Ver el video de SIEMENS de **Siemens FREYR Industrial Metaverse showcase**  
<https://www.youtube.com/watch?v=LQyKc6SI5u8>



# Gracias



viu

**Universidad**  
Internacional  
de Valencia