

CREACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL PARA LA PLANTA IPC-203, CON EL USO DEL SOFTWARE SIEMENS NX

CREATION OF THE DIGITAL TWIN FOR THE IPC-203 PLANT, WITH THE USE OF THE SIEMENS NX SOFTWARE

Carlos Fernando Rojas Sánchez^{1*}

¹ Investigador independiente, Ingeniería en Electrónica y Automatización. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4075-9949>. Correo: carlos1904rojas@gmail.com

Carla Paola Cuadrado Castillo²

² Investigador independiente, Ingeniería en Electrónica y Automatización. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2722-3496>. Correo: carlypao96@hotmail.es

Erik Danilo Pérez Cazorla³

³ Investigador independiente, Ingeniería en Electrónica y Automatización. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4936-5102>. Correo: erik.perez@epoch.edu.ec

Diego Ramiro Ñacato Estrella⁴

⁴ Ingeniero en Electrónica control y redes industriales. Magister en sistemas de Control y Automatización Industrial. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7233-9076> Correo: diego.nacato@epoch.edu.ec

* Autor para correspondencia: diego.nacato@epoch.edu.ec

Resumen

El artículo mostrado a continuación, muestra paso a paso como crear un gemelo digital utilizando el Software Siemens NX, en su aplicación de Diseño de Conceptos de Mecatrónica, todo esto a partir de la creación de un modelo de ensamblaje 3D, que ha sido realizado en el software SolidWorks. Además el artículo trata de identificar las posibilidades y limitaciones que el mismo software posee para la obtención de un gemelo digital y la utilidad que este supone para la utilización y pruebas de una planta real. Se realizó un estudio detallado de cada una de las partes que cuenta la planta para su posterior implementación además de su funcionamiento real.

Palabras clave: Gemelo Digital; Siemens NX; Modelado; Simulación.

Abstract

The article shown below shows step by step how to create a digital twin using Siemens NX Software, in its Mechatronics Concept Design application, all this starting from the creation of a 3D assembly model, which has been carried out in SolidWorks software. In addition, the article tries to identify the possibilities and limitations that the same software has to obtain a digital twin and the utility that this supposes for the use and tests of a real plant. A detailed study of each of the parts that the plant has for its subsequent implementation in addition to its actual operation was carried out.

Keywords: Digital Twin, Siemens NX, Modeling, Simulation.

Fecha de recibido: 30/11/2022

Fecha de aceptado: 31/01/2023

Fecha de publicado: 01/02/2023

Introducción

En el campo industrial, es importante mejorar e innovar el funcionamiento de procesos, estos pueden ser de manufactura o cualquier otro proceso que se encuentra dentro de una industria. Dar el paso a una automatización para las empresas es algo muy grande puesto que en un mercado globalizado y tan competitivo a nivel mundial es necesario para no quedarse atrás de la competencia, con esto se gana una mejor organización, haciendo que los resultados en cada uno de los ámbitos se vean incrementados (Ruedas, 2010). Pero todas estas mejoras, no se las puede realizar de la noche a la mañana, debido a que todo este proceso de mejora se basa en un estudio. Además, que las pruebas de funcionamiento que se tengan que realizar, harán que la producción se detenga por un tiempo indefinido, posiblemente sin llegar a un resultado en concreto (Muñoz Alcázar, 2019).

El gemelo digital dentro de la empresa se lo logra con software especializado donde se pueda simular el proceso real de la industria (Chiquito et al., 2020), como software especializado en creación de herramientas mecánicas contamos con SolidWorks, un software de diseño CAD 3D el mismo que sirve para modelar piezas y a la vez ensamblajes de estas dentro del mismo. En el proceso del desarrollo de las piezas nos ayudarían dentro de la empresa a reducir tiempo y recursos y así acelerar el proceso cuando se requiera mejorar el mismo a lo largo del tiempo y hacerlo escalable, puesto que con la ayuda de este software también adquirimos un plano de la pieza (Vidal, 2015).

Siemens es una empresa de automatización industrial y ofrece una gran variedad de productos que nos ayudan a la misma, dentro de estos productos tenemos tanto el PLC (Programmable Logic Controller) el cual es un ordenador o cerebro que activa mediante señales analógicas o digitales a actuadores dentro de una maquinaria o proceso de manera automática según las necesidades de esta, para crear un gemelo digital la tecnología

digital ofrece una gran variedad de softwares, pero siemens cuenta con su mismo software de programación además de herramientas digitales sin necesidad de tener el PLC físico, hablamos de PLCSim, el cual simula el trabajo de un PLC físico para crear un gemelo digital (Palacio, 2020).

Siemens NX, un software que integra muchos procesos de simulación de piezas, ya sean estas en formato CAD o de igual manera que se puedan crear a través de esta herramienta, cual es la ventaja de esta herramienta a un software CAD que permite integrar la automatización en la instrumentación, es decir, acoplar sensores, actuadores y restricciones para su futura implantación después de crear un gemelo digital (López Caro, 2022).

Materiales y métodos

A. Soluciones de Simulación

Existen muchos softwares que simulan todo el comportamiento de una planta en concreto, como lo es Factory IO, el cual es un software de virtualización, dedicado al aprendizaje de distintos sistemas de automatización e integración y conexión a una diversidad extensa de PLCs reconocidos en la industria. La limitación que este software posee es que cuenta con un número limitado de piezas, que en muchas plantas no van a ser de gran utilidad, debido a que no podemos replicar completamente el comportamiento real (López Caro, 2022).

Existen varias empresas que realizan el proceso de simulación de sus propios equipos, un ejemplo es lo que realiza Lucas Nulle, con su entorno virtual de sus modelos IMS, con esto se puede realizar simulaciones y cambios sin que existan problemas de posibles errores en su implementación física (Mar et al., 2020).

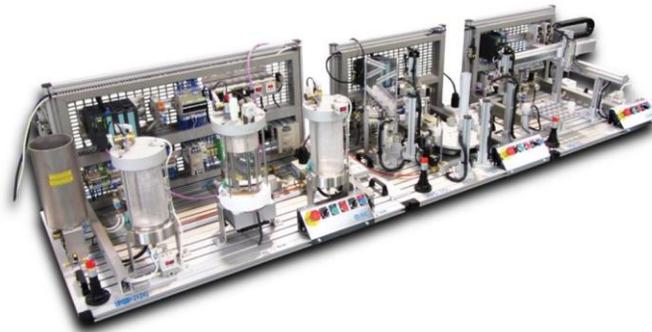


Figura 1. Simulación. Entorno Virtual IMS Lucas Nulle.

B. Uso de la Planta IPC-200.

La empresa SMC, ofrece el sistema IPC-200, el cual es un sistema totalmente modular y flexible, que compone tres módulos individuales (De Miguel Rikondo, 2022). Se emula una planta de producción y embotellamiento de líquidos, integra tecnologías utilizadas en la industria de proceso continuo, como es el uso de actuadores (neumáticos, motores eléctricos), sensores, controladores programables, entre otros. La primera estación emula la etapa de producción y mezclado de líquido (Cornelio et al., 2021). Está orientada a la regulación y control de variables analógicas como la temperatura, presión, nivel y caudal.

PRINCIPIOS MÓDULO DE PALETIZADO IPC-203.

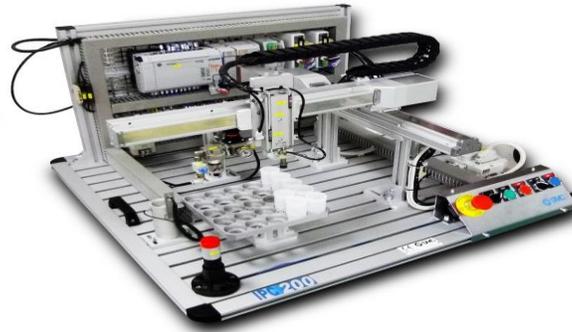


Figura 2. Planta IPC-200. Módulo IPC-203.

La planta de la cual se basa el trabajo de investigación se encuentra en los laboratorios de la Facultad de Electrónica y Automatización de la ESPOCH.

A. Descripción General

Esta estación modular es la encargada del paletizado de las botellas. En esta estación se reproduce un almacenamiento de 25 posiciones, el actuador encargado de realizar este almacenamiento automático, trabaja en tres ejes coordenados, donde dos ejes son de movimientos horizontales, accionado de manera eléctrica (LEFS25AA-300B), mientras que el tercer eje es de movimiento vertical, de accionamiento neumático (ZCDUK20-50D). Tiene una dimensión de 800x762x495 mm, con una unidad de tratamiento de aire mediante un filtro con regulador de presión y un manómetro indicador. Cuenta con un pulsador de emergencia, marcha, paro, reset, on-ff, automático- manual, además de una baliza indicadora de color rojo. Para poder conectar y desconectar el aire de la estación, cuenta con una válvula 3/2 de mando manual (VHK3-02S-02S) (Mar, 2019).

B. Módulo eje vertical

El eje vertical cuenta con un cilindro con vástago antiguratorio para la manipulación por vacío de doble efecto, el cual cuenta con reguladores de caudal, además de sensores de posición, inicial y final. Este es controlado mediante una electroválvula. Este eje se acerca a la posición de espera impulsado por un cilindro neumático en el cual se encuentra el bote lleno y sellado.

C. Módulo ejes lineales

Ambos ejes son eléctricos posicionadores, se cuenta con un "driver" posicionador por cada eje, además de dos detectores de origen. El control de la posición en la que se encuentran, se realiza por medio de dos ejes lineales con un motor paso a paso.

D. Posición de espera

Al llegar a su punto de espera, el sistema es avisado que se encuentra en esta posición por medio de 2 sensores de fibra óptica.

E. Panel Eléctrico de Control

Se cuenta con un interruptor de protección magnetotérmico 4A. Un PLC de control, en este caso es de marca Siemens modelo S7-1200. Módulo de entradas y salidas, 24 entradas y 21 salidas. Su Fuente de alimentación de 24 Vdc, y una unidad esclava para bus de comunicaciones.

F. Principio de Funcionamiento

Después de poner en marcha a nuestra planta, el eje neumático se acerca a la posición de espera, el cual está impulsado por medio de un cilindro neumático. Mediante dos sensores de fibra óptica (E32-TC200 y E32-DC200), se comprueba que en el recipiente se encuentre totalmente tapado y se procede a la sujeción por medio de una ventosa (ZPT10UN-B5). Luego de esto, los ejes eléctricos lineales, se encargan de transportar los envases hasta su respectiva posición de almacenaje, esto realizado mediante dos drivers que accionan los motores paso a paso de cada uno de los ejes. Una vez que se han llenado todas las posiciones del almacén, se enciende la baliza roja con una luz fija y el control de la estación no deja introducir más botes hasta que se vacíe el almacén de forma manual y se pulse el botón de RESET (Morenilla Parada, 2015).

III. Creación del Gemelo Digital

1) Creación y Ensamblaje de Piezas - SolidWorks: Por medio del software SolidWorks, podemos diseñar distintas piezas para poder replicar cada uno de los componentes de la planta. Algunos fabricantes de distintos actuadores y componentes, como lo son los actuadores lineales, cilindros, ventosas del fabricante SMC y los perfiles de aluminio del fabricante Rexroth, nos brindan los modelos 3D para poder utilizarlos libremente. Estos modelos cuentan con todas las características de juntas y composición de la pieza como tal. En este caso se realizará su ensamblaje de modo que todas las piezas queden ensambladas de la forma física en la que se encuentra la planta en cuestión. Existen piezas que no se encuentran en ningún catálogo disponible para su descarga, estas se deben desarrollar desde cero, como son los distintos sensores y bases. El modelo final es el presentado en la Figura 3.

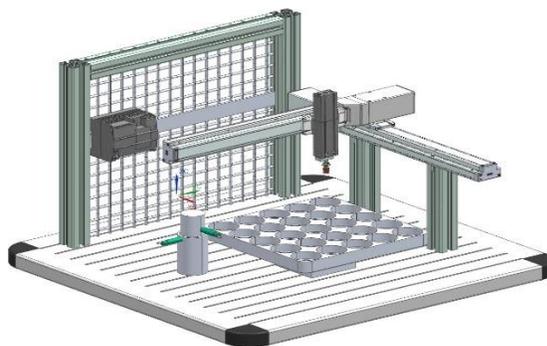


Figura 3. Modelo de Ensamblaje Final.

2) Diseñar de Conceptos de Mecatrónica - Siemens NX: En este apartado, es donde podremos crear nuestro gemelo digital, ya que podemos darle condiciones físicas de funcionamiento, además de poder

vincular señales transmitidas desde un PLC, ya sea físico o simulado, para poder comunicar y programar nuestra planta. En este caso utilizaremos un PLC simulado mediante la aplicación de PLCSIM, que nos permitirá programar los distintos actuadores lineales para poder replicar su funcionamiento físico. El primer concepto que aplicaremos en nuestro ensamblaje, son los cuerpos rígidos, mediante este podemos dar características propias de masa, como es su peso, inercia y centro de masa. En este concepto se ubican los distintos elementos que actuarán de forma directa con nuestro proceso. Como lo son los actuadores lineales, cilindro, y la pieza o bote que es recolectado.

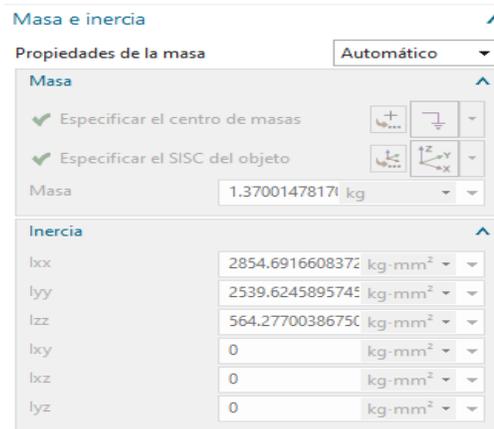


Figura 4. Determinación de Cuerpos Rígidos.

En el diseño de juntas y restricciones, tenemos una principal, que es la junta fija, la cual es toda la base que conforma el sistema y no se moverá, ni tendrá conflictos con la gravedad. Otra junta indispensable, es la de deslizamiento, por medio de esta junta, se pueden desplazar de forma libre ambos actuadores lineales y el cilindro neumático a las distintas posiciones que se le pueden configurar, en este caso son 6 posiciones para el actuador lineal en x, 5 posiciones para el actuador lineal en y, por último, una sola posición para el cilindro neumático.

En los sensores y actuadores, tenemos distintos tipos, los que se han usado son los controladores de posición, estos nos permiten poder configurar una velocidad y destino de cada uno de los actuadores o cuerpos rígidos que hemos planteado.

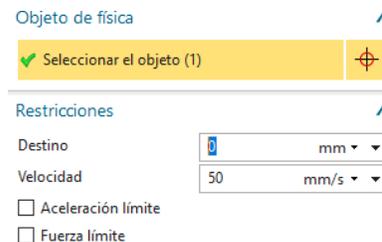


Figura 5. Determinación Física de Cuerpos Rígidos.

Mediante el adaptador de señales, podemos configurar la posición desde la señal recibida del PLC, hacia el actuador, realizando una conversión de datos real a doble, con esto podemos adaptar el ingreso de datos desde el PLCSIM.

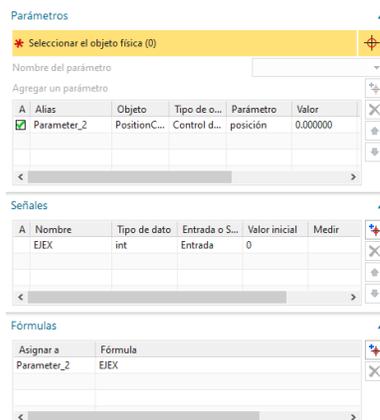


Figura 6. Adaptación de Señales de Ingreso desde PLCSIM.

Las señales son mapeadas por medio de la herramienta de conexión de PLC, donde tomará las distintas variables que hemos determinado en TIA PORTAL.



Figura 7. Mapeo de Señales desde TIA PORTAL.

3) Programación PLCSIM - TIA PORTAL: Para poder co- municar y programar nuestros actuadores y secuencia, uti- lizaremos un PLC simulado, en este caso por medio de PLCSIM Virtual Ethernet, donde deberemos asignar una IP.



Figura 8. Asignación IP PLCSIM.

En este caso deberemos programar los actuadores y su movimiento simulando el real, esto lo realizamos por medio de bloques de programación utilizando el lenguaje ladder.



Figura 9. Programación Salida Actuador Lineal X.

Mediante la programación en los tres ejes coordenados, podemos realizar la manipulación del objeto por medio de una junta, donde se ha configurado la ventosa por medio de una junta y un sensor de colisión debido a que no existe el actuador como tal en el software, configurando de forma que se pueda prender y apagar esta junta según se requiera.

La automatización del proceso la realizamos por medio de programación secuencial, con el uso del Grafcet.



Figura 10. Secuencia de Acción.

Resultados y discusión

A. Diseño Final

El diseño que se ha obtenido se muestra en la figura, donde se compara con su modelo real. Cuenta con los distintos actuadores, sensores y el controlador PLC, además de su estructura, con las dimensiones que han sido proporcionadas en la guía de usuario.

Par la demostración de accionamiento, se ha realizado un proceso de recolección de una pieza, con su respectivo paletizado en la primera posición de almacenamiento.



Figura 11. Modelo Real contra Gemelo Digital.

B. Puesta en Funcionamiento

1) *Secuencia Paso 1:* Como primer paso se procede al posicionamiento para la recolección de la pieza por medio del efector del eje X y Y.

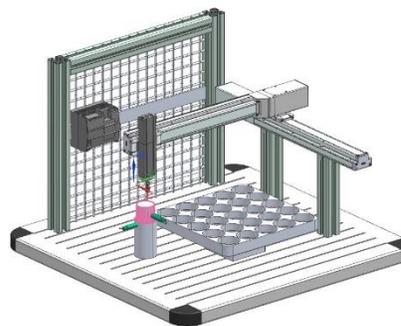


Figura 12. Secuencia Paso 1.

2) *Secuencia Paso 2:* En este paso procede a recoger la pieza, bajando el efector del eje Z.

3) *Secuencia Paso 3:* Posteriormente se activa la ventosa para poder sujetar la pieza.

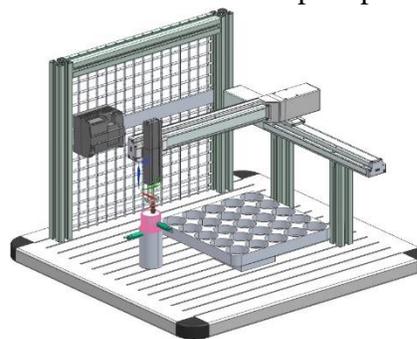


Figura 13. Secuencia Paso 2 y Paso 3.

4) *Secuencia Paso 4:* Ahora, el efector del eje Z vuelve a su posición inicial.

5) *Secuencia Paso 5:* Entonces, se procede al posicionamiento en el puesto 1 de paletizado, por medio del efector del eje X y Y.

6) *Secuencia Paso 6:* Ahora repite la acción que se realizó para la recolección, bajando el vástago del cilindro.

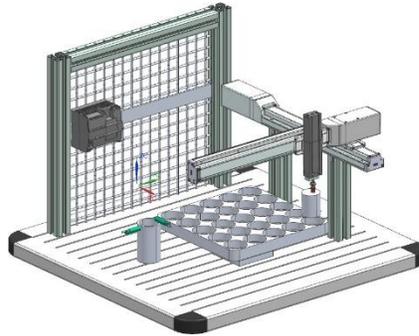


Figura 14. Secuencia Paso 4.

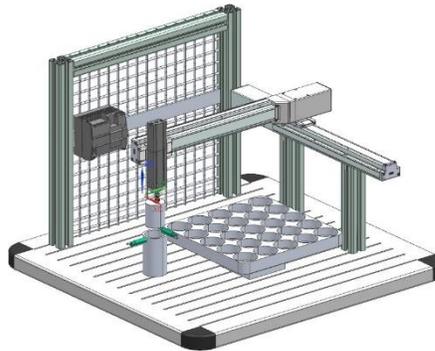


Figura 15. Secuencia Paso 5.

7) *Secuencia Paso 7:* Como penúltimo paso se desactiva la ventosa para que la pieza quede en el lugar que se le ha asignado.

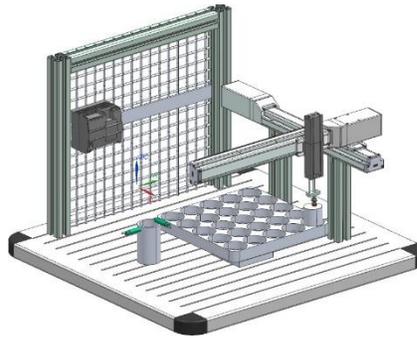


Figura 16. Secuencia Paso 6 y Paso 7.

8) *Secuencia Paso 8:* Finalmente el efector del eje Z vuelve a su posición inicial, esperando que una pieza se coloque nuevamente en el punto de recolección, para dejarla en la siguiente posición y así hasta ocupar todos los espacios.

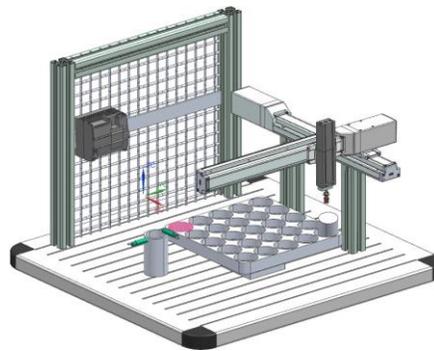


Figura 17. Secuencia Paso 8.

Conclusiones

Existen muchas limitaciones al momento de querer replicar un proceso físico. Para el gemelo digital que se ha diseñado, los principales inconvenientes provienen del software NX, debido a que las entradas, como son los botones, no se pueden añadir por la física que el dispositivo requiere, además de los sensores magnéticos que el cilindro neumático real posee para medir su posición. Esto se debe a que el software solo admite sensores de colisión.

En cuestión de actuadores, solo podemos simular una dinámica de acción directa, esto quiere decir que no podemos mostrar indicadores, ventosas entre otros. En el caso de la ventosa como se habló en secciones anteriores, fué necesario realizar una junta que simule la acción de esta.

Si bien estas limitantes hacen que el gemelo digital no sea totalmente igual, tiene un funcionamiento óptimo para lo cual fue empleado, llegando a comprobar que el software es apto en cuestión para la creación de gemelos digitales.

Un gemelo digital, tiene puntos objetivos para el área en el cual ha sido aplicado. Como futuros ingenieros en electrónica y automatización, el punto principal es la automatización de la planta por medio de entradas y salidas en el controlador, llegando a que el gemelo digital cumpla la misma función que su análogo físico, en un tiempo similar.

Referencias

- Cornelio, O., Gulín González, J., & Santana Ching, I. (2021). Sistema de Laboratorios Remoto para las prácticas de control de la carrera de Ingeniería en Automática. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2), 77-95.
- Chiquito, M. V., Plua, J. C. G., Chong, M. B., & Chong, C. B. (2020). Gemelos digitales y su evolución en la industria. *RECIMUNDO*, 4(4), 300-308. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/953/1572>
- De Miguel Rikondo, A. (2022). Software plataforma baten diseinu, zabaltze eta balidazioa, zerbitzu industrialen sorkuntza eta zabaltzea errazteko. https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/58089/GrAL_Alex_de_Miguel.pdf?sequence=2
- López Caro, A. M. (2022). *Modelado, simulación y control de un proceso de ensamblado de rodamientos* [Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/187409/Lopez%20-%20Modelado%20simulacion%20y%20control%20de%20un%20proceso%20de%20ensamblado%20de%20rodamientos.pdf?sequence=1>
- Mar, O. (2019). Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto. https://repositorio.uci.cu/jspui/bitstream/123456789/9378/1/Plantilla_Tesis_Doctoral_OmarMar_28_09_19_Carta_Times_v5.pdf
- Mar, O., Gulín, J., Ivan Santana Ching, & Fonseca, B. B. (2020). Remote Laboratory System for Automatic Engineering. *International Journal of Wireless and Ad Hoc Communication*, 1(2), 55-63.
- Morenilla Parada, R. (2015). *Automatización de un sistema de clasificación y almacenaje* [Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48419/MORENILLA%20-%20Automatizaci%F3n%20de%20un%20sistema%20de%20clasificaci%F3n%20y%20almacenaje.pdf?sequence=2>
- Muñoz Alcázar, J. (2019). *Aplicación del concepto de Gemelo Digital a un SCADA Industrial* [Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/126015>
- Palacio, A. T. (2020). El modelado, la simulación de procesos y los gemelos digitales: soporte para la toma de decisiones. *Revista Virtual Pro Modelado y simulación de procesos*(227). <https://www.virtualpro.co/editoriales/20201201-ed.pdf>

Ruedas, C. (2010). Automatización Industrial: Áreas de aplicación en la Ingeniería. *Boletín electrónico*, 10. https://www.academia.edu/download/52296501/Automatizacion_Industrial.WWW.FREELIBROS.COM.pdf

Vidal, C. R. (2015). *Diseño mecánico con SolidWorks 2015*. Grupo Editorial RA-MA.