



Manual de la industria 4.0 y su contexto en la industria automotriz, minera y de petróleo

José Leonardo Benavides Maldonado
José Francisco Ochoa Alfaro
Diego Vinicio Díaz Sinche
Cristian Ramiro Narváez Guillén

Manual de la industria 4.0 y su contexto en la industria automotriz, minera y de petróleo



Manual de la industria 4.0 y su contexto en la industria automotriz, mínera y de petróleo

**José Leonardo Benavides Maldonado
José Francisco Ochoa Alfaro
Diego Vinicio Díaz Sinche
Cristian Ramiro Narváez Guillén**

Manual de la industria 4.0 y su contexto
en la industria automotriz, minera y de petróleo

Autores

José Leonardo Benavides Maldonado
José Francisco Ochoa Alfaro
Diego Vinicio Díaz Sinche
Cristian Ramiro Narváez Guillén

Primera edición: Tinta&Pluma 2023

Diseño de portada: Alfredo González Bores

Tinta&Pluma 2023, Guayaquil, Ecuador, Urbanización Puerto Azul, Mz 20 Villa 12,
fitogonzal@gmail.com
<https://editorialtintaypluma.com/index.php/etp/index>

ISBN: 978-9942-619-09-9

DOI: <https://doi.org/10.53887/etp.vi>



Obra revisada previamente por la modalidad doble par ciego, en caso de requerir información sobre el proceso comunicarse con la editorial.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros), sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de autor, bajo las sanciones establecidas por la ley. El contenido de esta publicación puede ser reproducido citando la fuente.

El trabajo publicado expresa exclusivamente la opinión de los autores, de manera que no compromete el pensamiento ni la responsabilidad de la editorial



José Leonardo Benavides Maldonado

Es Ingeniero Electromecánico por la Universidad Nacional de Loja, Master en Automática y Sistemas Informáticos por la UCLV (11 de junio de 2001), Doctor en Ciencias por el ICIMAF (Instituto de Cibernética Matemáticas y Física). Docente Titular de la UNL.



José Francisco Ochoa Alfaro

Es Ingeniero Químico de la Escuela Politécnica Nacional Quito-Ecuador (11 de agosto de 1995), Magister en Administración para el Desarrollo Educativo por la Universidad Nacional de Loja (11 de junio de 2001), Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Piura-Perú (23 de enero del 2014) y Docente Titular de la Universidad Nacional de Loja.



Diego Vinicio Díaz Sinche

Nació en el cantón y provincia de Loja, se graduó como Ingeniero en Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana (2014) Cuenca – Ecuador. Adquirió el grado de máster universitario oficial en Ingeniería Mecánica (2018) en la Universidad Politécnica de Valencia – España. Adquirió un segundo máster universitario oficial en Ingeniería Matemática y Computación (2022) en la Universidad Internacional de la Rioja – España. Desde abril de 2019 es docente de la Universidad Nacional de Loja, desempeñándose en la carrera de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Automotriz. Ha dirigido proyectos de tesis de grado a nivel de ingeniería. Es miembro del consejo consultivo de la carrera de Ingeniería Automotriz. Integrante de proyectos de investigación, autor de artículos y capítulos de libros en el campo de la ingeniería automotriz, diseño mecánico y simulación dinámica, máquinas y motores térmicos. Formó parte del programa Formula Student Silverstone (2014) en representación de la Universidad Politécnica Salesiana con la repotenciación del motor de combustión interna y diseño del sistema de inducción de aire. diego.v.diaz@unl.edu.ec ; diego_diaz_sinche@outlook.es; <https://orcid.org/0000-0003-4910-7151>



Cristian Ramiro Narváez Guillén

Nació en el cantón y provincia de Loja, se graduó como Ingeniero en Sistemas en la Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador. Adquirió el grado de máster universitario en Tecnologías de la Información mención Seguridad en Redes y Comunicaciones en la Universidad Internacional SEK, Certificado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en Minería de Datos. Desde enero del 2019 es docente investigador de la Universidad Nacional de Loja, desempeñándose en la carrera de Ingeniería en Sistemas - Computación. Ha dirigido proyectos de tesis de grado a nivel de pregrado y postgrado. Formó parte del proyecto de Investigación denominado: “Ambiente inteligente para el macro laboratorio de formación conjunta en la Facultad de Energía de la Universidad Nacional de Loja: SmartLab”, monto de \$48000 financiado por la UNL. cristian.narvaez@unl.edu.ec https://www.researchgate.net/profile/Cristian_Narvaez6, <https://orcid.org/0000-0002-9096-1010>, <https://www.linkedin.com/in/cristian-narvaez-26b34136>.

PENSAMIENTOS.

Saber leer es saber andar. Saber escribir es saber ascender.

José Martí.

Hacer es la mejor manera de decir.

José Martí.

LISTADO DE ABREVIATURAS.

API: Application Programming Interface, que ofrece vínculos de estudio.

CAE. -Computer Aided Engineering.

CADCS: Computer Aided Design for Control System.

CRM: Customer Relationship Management.

Control Tiempo Real: Desde que ocurre en el proceso hasta que se actúa, está limitado a milisegundos a este valor.

DT: Digital Twin

Emulador: un emulador montado en una PC.

ESC: Sistema de control de estabilidad (ESC por sus siglas en inglés)

FMS. - Sistemas de Fabricación Flexibles.

HMI: Interfaz hombre máquina, táctil o teclado, son formas de controlar y monitorizar un proceso.

IA: Inteligencia Artificial.

IoT: Internet de las Cosas.

Irms: Intensidad eficaz.

Kp: Ganancia proporcional.

Ki: Ganancia integral.

Kt: Ganancia derivativa.

MATLAB®/Simulink: MATrix LABoratory.

Object Ada: Para hacer aplicaciones en tiempo real.

PID Analógico: Fueron hechos con electrónica analógica y aparecieron en los años 60.

PID Digital: Trabajan con datos muestreados y aparecieron en los años 70.

PLM: Product Life cycle Management.

PMV: Unidad de Medida Fasorial.

RTOS: (Sistema Operativo en tiempo Real).

SAG: Molino semiautógeno.

SCM: Supply Chain Management

TAC: Identificador de Radio Frecuencia para identificar las carrocerías

VCD: Voltaje de corriente directa.

Vrms: Voltaje eficaz.

Watchdog: Tiempo de ejecutarse.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

LISTADO DE ABREVIATURAS.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	3
1.1 Monitorización de la frecuencia de red.....	3
1.1.1 Sensores en redes.....	4
1.1.2 Redes Inteligentes.....	4
1.2 Sensores, Transductores y Transmisores.....	4
1.2.1 Sensor Tradicional.....	4
1.2.2 Precisión de un motor.....	4
1.2.3 Exactitud de un sensor.....	4
1.2.4 Sensor de vibración (ruido, vibraciones y temperatura).....	5
1.2.5 Señales.....	5
1.2.6 Sensores Inteligentes.....	6
1.2.7 Sensibilidad.....	6
1.2.8 Resolución.....	6
1.3 Actuadores y Preactuadores.....	7
1.3.1 Motores Brushless.....	7
1.3.2 Relés.....	7
1.3.3 Control de Procesos.....	7
1.4 Modelos Matemáticos.....	8
1.4.1 Función de Transferencia o Transmitancia.....	9
1.5 Lógica Neumática.....	10
1.6 Equipos para la Automatización Industrial.....	10
1.6.1 Autómatas Programables (PLC).....	11
1.6.2 PAC.....	11
1.6.3 Programación del PLC.....	11
1.6.4 Evolución y Conversión del PC y PLC.....	11
1.6.5 Codesys.....	12
1.7 Ingeniería Avanzada.....	13
1.7.1 Procesos Industriales Discretos.....	13
1.7.2 Procesos Industriales Continuos.....	14
1.7.3 DSC.....	14
1.7.4 Oficinas.....	15
1.8 Automatización Industrial, Informática Industrial e Informática de Procesos.....	15
1.8.1 Ventajas de la Automatización Industrial.....	17
1.9 SCADA.....	18
1.9.1 Funcionalidades de los SCADA.....	18
1.9.2 Conexión con OPC y DDE. Cliente/Servidor; Maestro/Esclavo.....	19
1.9.3 Conexión de LabVIEW con cualquier PLC utilizando OPC.....	19
1.9.4 DDE.....	20
1.10 Comunicaciones Industriales.....	21
1.10.1 Redes de Comunicaciones.....	23
1.10.2 Redes Industriales o Buses de Campo.....	24
1.10.3 Sistemas MES (Sistemas de Gestión de Planta).....	25

1.10.4 Sistemas de Control Numérico Distribuido (DNC).....	26
1.10.5 Automatización Industrial de la Productividad.....	27
1.10.6 Ingeniería de Sistemas Automatizados.....	27
1.10.7 Tecnología de Grapas.....	28
1.11 Conclusiones Parciales.....	29
CAPÍTULO II.....	30
INDUSTRIA 4.0.....	30
2.1 Aplicaciones de Laboratorios Virtuales y Remotos.....	30
2.1.1 Gemelos Digitales.....	31
2.1.2 Impresión 3D.....	32
2.1.3 Conectividad de la Red 5G.....	33
2.1.4 Realidad Aumentada.....	36
2.1.5 Diferencia entre Industria 4.0 y 5.0.....	37
2.1.6 Inteligencia Artificial-Vehículos Autónomos.....	39
2.1.6.1 Controladores Difusos.....	40
2.1.6.2 ChatGPT.....	43
2.2 Conclusiones Parciales.....	44
CAPÍTULO III.....	45
APLICACIONES EN LA INDUSTRIA: AUTOMOTRIZ, MÍNERA Y PETRÓLEO.....	45
3.1 Automotriz.....	45
3.1.1 Control de Estabilidad del Vehículo.....	45
3.1.2 Conceptos Fundamentales.....	48
3.1.2.1 Giro estacionario y transitorio.....	49
3.1.3 Modelo de 2GDL.....	50
3.1.3.1 Revisión de literatura.....	51
3.2 Trituración.....	57
3.3.1 Almacenamiento y transporte al puerto.....	61
3.2.2 Tipos de trituradoras primarias.....	58
3.3 Industria Petroquímica.....	60
3.3.1 Columnas de Destilación.....	61
3.4 El proceso de Extrusión.....	62
3.5 Conclusiones Parciales.....	64
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

INTRODUCCIÓN

Estructura del documento.

La memoria escrita de este documento consta de una introducción, tres capítulos, conclusiones y bibliografía.

En el Primer capítulo:

Se plasman los resultados de la revisión bibliográfica sobre instrumentación, destacándose algunos conceptos dentro de la misma. Se describe conceptos de Automatización Industrial y Comunicaciones Industriales.

En el Segundo Capítulo:

Se define la Industria 4.0 y 5.0, respectivamente. Considerando que está conformada la Industria 4.0 por; IoT, Gemelos Digitales, Manufactura Aditiva, Computación en la Nube, Simulación Computacional, Big Data, Realidad Aumentada, Vehículos Autónomos. Ciberseguridad.

Ya que la Inteligencia Artificial está presente en toda esta generación se destaca el uso Lógica Difusa y del Chat GPT, cuyo propósito es apoyar a las personas y a las empresas en la realización de sus tareas diarias, así como también en la investigación, el aprendizaje y el desarrollo. Mi capacidad para procesar grandes cantidades de datos de texto me permite responder preguntas complejas y ofrecer soluciones innovadoras a los desafíos del mundo actual.

En resumen, este capítulo es una herramienta útil para las personas, brindando información y asistencia a través de la inteligencia artificial y la tecnología avanzada que está presente en todo momento en la Industria 4.0 y 5.0, respectivamente.

En el tercer capítulo.

Se presentan algunas aplicaciones concretas en el campo automotriz con sus respectivas simulaciones en TruckSim para diferentes maniobras: de anzuelo para el estudio de la estabilidad y condición de vuelco de un vehículo, sinuosa con permanencia, vuelco al paso por curva en función de la aceleración lateral. Así mismo se usa el software de simulación Mechanical, para obtener de conducción asistida para sistemas de asistencia en carretera. En el campo minero se analiza el proceso de trituración de cobre

considerando que entre la trituración y molienda se consume el 81.1% y con respecto al industria de petróleo, se analiza columnas de destilación binaria, por platos que es muy usada en la elaboración de vinos y de mucha utilidad en la comprensión del refinamiento de petróleo.

A propósito, al final de cada capítulo se presentan conclusiones parciales. Finalmente se plantean conclusiones generales, recomendaciones y referencias bibliográfica, acerca de la literatura consultada y estudiada.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO CONCEPTUAL.

A continuación, se presentan los conceptos más relevantes en la instrumentación industrial y que encierra el grupo de instrumentos que sirven para: medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso de automatización. Forma parte de la automatización industrial. Incluye, por ejemplo: los sensores, los transmisores de campo, los transductores, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión, etc.

Así mismo se hace una reseña de conceptos que van ayudarle al lector a entender la Industria 4.0.

1.1 Monitorización de la frecuencia de Red.

Para convertir las redes en estables y fiables de esta manera se puede mejorar

- La recolección de datos y visibilidad
- Esquemas de protección automáticos
- Integración de generación y almacenamiento
- Administración demanda y respuesta
- Presencia de instrumentación con capacidad lógica, embebida limitada
- Conexión y desconexión en caliente.

¿Qué es un sincrofasor??

Los sincrofasores serán muy utilizados en el futuro en redes eléctricas, es un dispositivo que provee de sincrofasor y medidas de frecuencia para una o más formas de onda de tensión o corriente trifásica NASPI, Protocolo de comunicación, Medidas del sincrofasor.

Con los datos de la forma de onda se puede afirmar que la red esta equilibrada basándose en la generación y la carga DDC promedia los valores de todos los sincrofasores y los envía, ángulo de fase en alterna.

Los datos capturados por este medio son capturados y transportados en mayor cantidad de sincrofasores, es mucho mayor la información que se transmite.

1.1.1 Sensores en Redes.

Son sensores altamente integrados y comunicándose entre ellos para reacciona cuando ocurre un error en la red.

1.1.2 Redes Inteligentes.

Es interesante preguntarse al montar y seleccionar la instrumentación basada en esta tecnología. Lo que se va controlar o simular, ya que no es aplicable a todos los procesos. Las aplicaciones en redes inteligentes incluyen FPGA, con una serie de módulos, en gran parte porque existe una serie de sensores monitorizando la red.

1.2 Sensores, Transductores y Transmisores.

Lo interesante y primordial en el uso de un sensor es relacionar el fenómeno físico con la señal eléctrica que proporciona.

Están integrados y comunicándose entre ellos para cuando ocurre un error en la red, que tienen todas las cosas en común, el propio ojo es un sensor las imágenes las transforman en una señal eléctrica y la transfiere al cerebro recibe la señal y la transforma en estímulo.

1.2.1 Sensor Tradicional.

En realidad, un sensor debería ser considerado como un termómetro de temperatura o manómetro analógico, y un transductor o transmisor aquel que cambia su magnitud en otra, por ejemplo, el cambio de una señal de corriente a neumática I/P.

Sin embargo, un transmisor es aquel que transmite el proceso en una señal estándar de 4 a 20 mA.

1.2.2 Precisión de un sensor. - La precisión de un sensor hace referencia a la cercanía que varias medidas tengan entre sí. Depende del uso correcto del instrumento de medida por parte del observador.

1.2.3 Exactitud de un sensor. - Se refiere a qué tan cerca está la medición del valor real o verdadero. Depende del instrumento de medida.

Se puede decir que la precisión es el grado de repetición de un valor y que la exactitud es el grado de veracidad.

1.2.4 Sensor de vibración (ruidos, vibraciones y temperatura).

Dentro de este campo se pueden destacar los que hacen partes de Sistemas de control por radio frecuencia, de forma todo o nada (una aplicación es por ejemplo un chip que tienen las prendas en un almacén para evitar que sean robadas, son determinadas por un lector que van a un detector, es decir, son leídas por el lector.

1.2.5 Señales.

Los sensores pueden ser analógico, digitales o especiales, entre otros. Generalmente estas señales del sensor, dependiendo de su naturaleza van a entradas de tarjetas de adquisición de datos (DAQ), FPGA soporta 5g de impacto y temperaturas en el rango de -40°C a 70°C , PID, PLC u otro sistema de adquisición de datos utilizado por el operador.

Las entradas analógicas son capaces de aceptar señales de eléctricas de tensión o corriente entre (0...10V, -10...10V, 4 a 20 mA, 0 a 20 mA) y asociarles un numero de 8, 10, etc. Bits, que tiene que ver con la resolución del propio transductor o transmisor, y que nunca debería ser mayor al de la propia tarjeta o PLC.

La unión de la unidad más pequeña como es el bit, por ejemplo, de 8 bits forman un Byte u octeto. Así mismo de 2 Bytes una palabra (Word), 16 bits, DW (doble Word) 32 bits. Se usan para medir algunos tipos de variables, como son: temperaturas, presiones, caudales, tensiones, corrientes, pares, etc. de manera de indicar el valor leído.

El caso de un PLC S7-1200, tiene 16 bits de resolución y un valor es para dar la polaridad negativa o positiva, en tal virtud se tiene 32 648 bits. Ya que no es bipolar, sino solo unipolar en su lectura.

En la Figura 1, se aprecia los diversos dominios en los que se puede representar una señal analógica.



Fig.1.- Diversos dominios en los que se puede presentar una señal analógica.

En la Figura 2, se observa las diversas representaciones de una señal digital.



Fig. 2.- Representación en las que puede estar una señal digital.

1.2.6 Sensores Inteligentes.

Se los puede emplear con sensores que están instalados en una red sensor, lo cual genera medidas vs datos, los cuales pueden comunicarse. Para esto es necesario conocer que programas (software) o sistema operativo (firmware) están utilizando, lo que es de mucha utilidad para una actualización remota.

Otro ejemplo de estos sensores son los equipos de radio frecuencia para medir y automatizar. Todos ellos utilizan sensores para monitorizar, controlar y analizar la red.

Otro tema que se debe considerar es la seguridad, ya que, al estar distribuidos en una red, podría tener acceso, personal no autorizado, llegando a controlar la red, los sensores son los medios de acceso.

1.2.7 Sensibilidad.

Sensibilidad de la propiedad de medida valores máximo y mínimo que se tiene sensores no se deben tomar en cuenta por ejemplo temperatura y presión, esto es insensibilidad, es la influencia mínima en la propiedad medida que el sensor no se relaciona con la magnitud medida, que proporciona a la propiedad medida.

1.2.8 Resolución.

La resolución de una DAQ o PLC, es el número de bits que da el fabricante y que permite discretizar mejor una señal analógica al convertirla a digital. Por su parte la resolución del sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida.

1.3 Actuadores y Preactuadores.

De la salida del dispositivo empleado para el control, se transmite la señal de control que permite cerrar el lazo de control utilizado, pudiendo ser esta analógica, digital o especial (PWM, PTO).

Generalmente los preactuadores son las electroválvulas (3/2, 4/2, 5/2.etc.), las cuales son muy usadas en electroneumática y trabajan con un voltaje de 24 VCD. Para este caso el actuador es el cilindro de simple efecto con retorno con muelle, o de doble efecto, lineal o rotatorio, o motor electroneumático. (Creus, 2022).

Este principio es aplicable también para la parte de Oleo hidráulica, donde el flujo que circula por la manguera es aceite, el cual recircula a una centralilla hidráulica. Ya que en el caso electroneumático el aire se libera a la atmósfera.

1.3.1 Motores Brushless.

Son motores lineales, se desplazan a través de unos imanes. Se logran control de milésimas, se pasa del control decimal que se presenta en el control manual, se mejora enormemente la precisión.

1.3.2 Relés.

Es un elemento de protección, que no se estropea tanto como un instrumento mecánico, el cual se desgasta más que un instrumento electrónico, por lo tanto, este último tiene una vida más larga, si es en estado sólido su cambio es mucho más rápido en milisegundos.

Estos preactuadores pueden ser usados en Sistemas de dosificación y embalaje, Sistemas de transportadoras, Sistemas Industriales Discretos, entre otros.

1.3.3 Control de Procesos.

Aparecen al aplicar lazos de control abiertos o cerrados, los cuales deben ser definidos según Diagramas de tuberías e Instrumentación DTI's o por sus siglas en inglés P&ID, por lo que es importante definir los siguientes términos:

Variables de Entrada. - Variables que si se pueden controlar

Variables de Salida. - Es un valor medido por un sensor y que al ser simulado con un software que tiene que ver con el tipo de entrada que generalmente es un step o escalón, y que varía en el tiempo.

Perturbaciones. - Son entradas que no se pueden controlar o no es predecible y viene afectar a la salida del sistema minimizando las salidas del sistema.

Lazo Abierto. - En este lazo se puede regular, pero no auto regular

Lazo cerrado. – También conocida como retroalimentación.

Sistema Multivariables. - Este es un sistema que posee muchos sensores. Las que se ven reflejadas como entradas a un modelo de caja negra.

Un tipo de control multivariable se ocuparía muchos sensores, uno por cada variable a controlar. En el tablero la conexión de un PLC debe emplear sistemas electrónicos y eléctricos de potencia, en un principio con las máquinas se procuró evitar al ser humano el trabajo energético.

Pero, el control lo hace un operario, en los semiautomáticos se ve una parte del ciclo operado por el operario y otra por la máquina, en el automático son largos los períodos de tiempo que opera sola la máquina, ya que su vigilancia lo hacer cada cierto número de ciclos, tomando en cuenta el tipo de manipulación en tres etapas, carga, colocación y posición, descarga. (InstrumentaciónyControl, 2009).

Semiautomática. - Se reparte el trabajo entre el operario y la maquinaria

En la industria se puede apreciar la presencia de procesos continuos y discretos por ejemplo la zona de resección es Continua y la de descarga discreta.

1.4 Modelos Matemáticos.

Se puede mirar por una ventana y comparar ciertos aspectos del mundo físico con las representaciones matemáticas, pero nunca se podrá establecer un nexo exacto entre ellos, esta aceptación de un modelo descrito de la dinámica de un objeto real tiene que ser guiada más por la necesidad que por la veracidad, sin embargo, en ocasiones se puede utilizar el término el verdadero sistema definido en términos matemáticos.

1.4.1 Función de Transferencia o Transmitancia.

Existen muchos métodos para encontrar la función de transferencia de un proceso, entre los que se destacan:

- Analíticamente, usando las leyes que rigen a cada proceso, si es (mecánico, eléctrico, fluidos, térmico, híbrido, etc.).
- Adquiriendo datos de entrada/salida (identificación de sistemas) o modelos de caja negra.
- Empleando un dibujo CAD e importándolo al ambiente LabVIEW, MATLAB[®], respectivamente.
- Igualmente, con datos de entrada y salida del proceso, existe la metodología CADCS.

Los amplificadores operacionales son utilizados para el control porque fueron los primeros utilizados, pero con retroalimentación que se utilizaban en los 70, control basado en AO.

Cualquiera que fuese la forma de encontrar la función de transferencia, siempre se debe considerar que la planta está en el mundo analógico, por lo que la señal que sale del dispositivo empleado para controlar debe cumplir con estas etapas:

- Muestreo
- Codificación (nivel y error de cuantificación).
- Codificación (Código binario y de voltaje).
- Finalmente, reconstrucción de la señal.

En la Figura 3 se describe el comportamiento de un sensor, que no es más que una constante que relaciona la variable de entrada y salida, pero, como se puede observar en el esquema de simulación, la variable de entrada y de salida es la misma, por lo tanto, la función que describe el sensor es la unidad. Los cuales son casos ideales de trabajo, en la práctica, no sucede esto. Una explicación más detallada de este procedimiento se lo puede revisar en (Ogata, 1996).

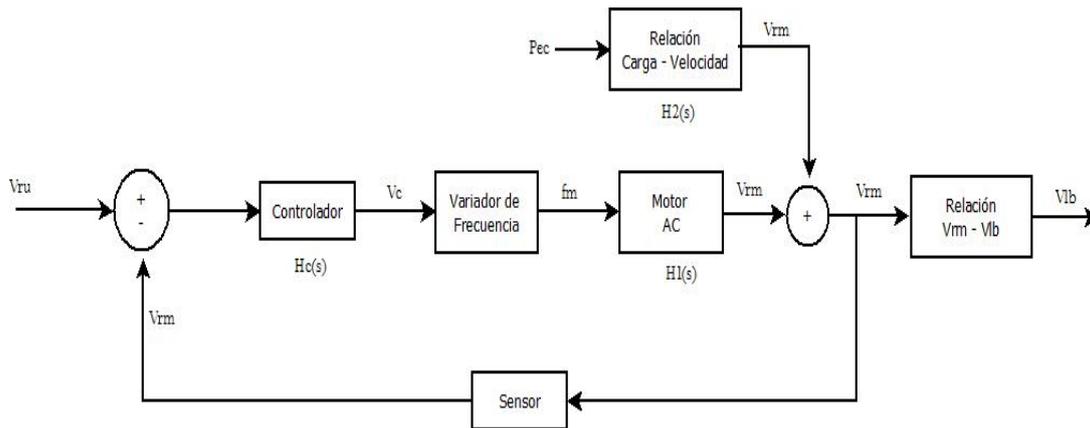


Fig. 3.- Esquema de simulación para la evaluación del controlador aplicado a una banda transportadora.

1.5 Lógica neumática.

Se basa en usar aire y varios tipos de elementos: válvulas, distribuidoras, detectores, pulsadores y pilotos neumáticos, válvulas biestables, cilindros neumáticos, válvulas de funciones lógicas, etc... Tiene la ventaja que no se ve afectada por las inferencias electromagnéticas, pero necesita mucho espacio y hace mucho ruido, es necesario un compresor, la distribución del aire comprimido es mucho más compleja que la de energía eléctrica a causa de los tubos y del diámetro de curvatura, necesita un mantenimiento importante.

La lógica neumática resulta interesante cuando se trata de automatismos sencillos que actúan sobre los accionamientos neumáticos. Sin embargo, se puede emplear en cosas más complejas haciendo uso de la electricidad, específicamente 24 VCD. En caso de que se requiera mayor potencia se puede utilizar la Oleohidráulica. Esto implicaría que las tuberías y electroválvulas sean diferentes a las que se usan con circuitos neumáticos y electroneumáticos. A simple vista son más robustas.

1.6 Equipos para la Automatización Industrial.

Dependiendo de sus características específicas para control, pueden ser:

- Sistema de control numérico CNC.
- Autómatas Programables PLC.
- Computadoras Industriales, se distingue de las computadoras convencionales, por el uso de un ofimático más robusto para la planta, es decir, es un PC adaptado para que trabaje en la industria.

- Controladores de Procesos Continuos DCS.
- Sistemas CAD – CAM.
- Robots Industriales.
- Sistemas de manipulación de elementos, transelevadores apoyos de la manipulación o elemento dentro de la empresa.

1.6.1 Autómatas Programables (PLC).

También conocido como Controladores Lógico Programables, por sus siglas en inglés (programmable logic controllers), son equipos que se programan a través de cinco lenguajes de programación. Tres gráficos; diagrama escalera, bloques y Grafcet y dos textos; lista de instrucciones y texto estructurado.

1.6.2 PAC.

Controlan el mundo discreto en donde se encuentran procesos mayormente, los **PAC**, son una mezcla de los PLC con los DSC.

1.6.3 Programación del PLC.

El uso generalizado del PLC en las máquinas y su conocimiento básico por la mayoría de las personas ha originado mayores desarrollos de proyectos integrando sensores y actuadores más sofisticados que los discretos. Es así, que actualmente es necesario utilizar otras herramientas que permita emplear al equipo con las ventajas para la que fue diseñado, especialmente en las aplicaciones más complejas. Una opción para estos casos es usar programas secuenciales y no bucles.

Los lenguajes de programación que se utilizan para control de procesos no son los mismos que para informática, Visual Basic no se parece en nada al lenguaje ladder pero es muy utilizado en la elaboración de los scripts en los SCADA.

1.6.4 Evolución y Conversión del PC y PLC.

El PC es hardware y se comunica a través de bus PCI de un ordenador esto sería la forma más rápida de comunicación a través de un bus del PC, este es el medio más rápido de comunicación.

La alimentación no depende del PC, se conecta por tema de robustez, aunque se apague la PC sigue trabajando y recibiendo las entradas/salidas del proceso, estos se comunican

a través de un bus de campo E/S y la comunicación en el PLC a través de un bus PCI-PC Industrial. Permite el control de calidad a diferencia de la intervención humana que puede fallar, son formas de regular un proceso, para control de eventos discretos.

La plataforma SIEMENS, es un ejemplo de la evolución de los lenguajes de programación, dentro de una misma empresa. Hace varios años se programaba los PLC de SIEMENS con el STEP 7, el cual resulto mucho más amigable de programar que el STEP 5, este salto es bastante grande y permite programar de una forma más sencilla.

En la actualidad TIA Portal (que es una automatización totalmente integrada, por los packs que lo integra y el tipo de software que se instaló, permite configurar distintos equipos en el software, por ejemplo, un S7-1200, una pantalla básica, un variador, un arrancador y más).

Esto es fundamental ya que cada vez se necesita controlar procesos, con mayor rapidez, es decir, con una mayor resolución y mucho más complejos por dinámica. SIEMENS presenta algunos modelos, como, por ejemplo:

El S7-200, tiene por ejemplo 100 entradas/salidas, están en el orden de la gama baja el LOGO! Es un nano autómatas es micro automatización.

El S7-300, tiene por ejemplo 1 000 entradas/salidas, con un CPU importante es de gama media, quiere decir que son utilizados en procesos de medio orden.

El S7-400, generalmente estos PLC gobiernan otros autómatas por debajo comunicándose con 7 u 8 de otra gama mayor, de tarjetas analógicas y digitales.

SIMATIC IT, Está formado por los siguientes subconjuntos:

- Componentes de producción.
- Gestor de materiales se define según la norma S95.
- Gestor de personal, para la gestión de personal involucrada en el proceso de fabricación.

1.6.5 Codesys.

Son soluciones de software para emular PLC basado en la norma IEC 1131, no fábrica autómatas programables, se puede realizar una rutina en código C en tiempo real y generar un soft de PLC.

Este software les podría dar a todos los clientes en tiempo real siguiendo el estándar IEC 1131.

1.7 Ingeniería Avanzada.

El avance de la tecnología trae consigo que el PLC este embebido en una tarjeta PCI, como es el caso de los dispositivos de la empresa SIEMENS que ya lo acepta, tal como se muestra en la Figura 4.

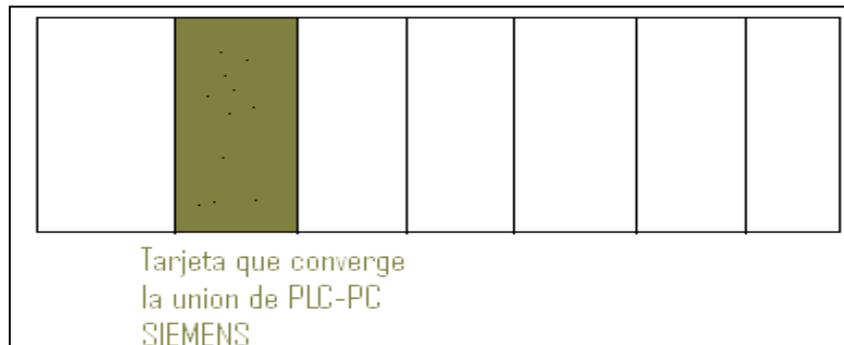


Fig.4.- Representación de un PLC a PC utilizando una tarjeta que es a la que converge.

La ingeniería avanzada emplea los Sistemas Operativo en tiempo real, ejemplo de esto son las aplicaciones: aeroespaciales, visión artificial, entre otras. Por esta razón se recomienda utilizar el propio PC para el control de procesos RTOS (Sistema Operativo en tiempo Real).

Logrando así controlar y desarrollar tareas determinadas en tiempo real. Además, para implementar tareas en tiempo real es conveniente hacerlas a través de gestión ya no es un PLC y PC.

Lo que lleva al surgimiento de las computadoras empotradas o embebidas (todo en un modelo compacto, todo integrado, control con computadoras industriales un equipo embebido).

1.7.1 Procesos Industriales Discretos.

Son binarios o digitales, es decir, todo/nada, una aplicación puede ser el transporte y fabricación, como ejemplo se puede mencionar el ensamblado armado de partes de un vehículo, el transporte, lo que se pretende en el primer caso la pieza está terminada sí o no, en el segundo caso de transporte todo o nada.

1.7.2 Procesos Industriales Continuos.

Son datos que están fluyendo en forma continua través de los sistemas o procesos, son de ciclo continuo o se pueden definir de forma analógica que generalmente son procesos químicos y se suelen medir magnitudes tales como flujo, caudales (caudalímetros), temperatura, presiones, altura de niveles y control de electroválvulas, pero del tipo proporcional que controlan el nivel de apertura. Este tipo de válvulas y su apertura toman algunos valores proporcionales.

De motores (gestiona variables analógicas) su velocidad posición no todo o nada, una proporción de 0-100. Batching (conocidos como procesamientos por lotes) los puntos van pasando por una receta; el pintado de un vehículo es analógico-continuo. También están presentes en procesos Químicos, Petróleo de energía eléctrica

1.7.3 DSC.

Por sus siglas en inglés son (Distribuite Control Systems) Sistemas de Control Distribuido. Un sistema de control distribuido debe tener una nomenclatura definida para representar y referencias información. Idealmente, las referencias pueden ser hechas independientes de los dispositivos físicos que almacenan esta información. Una manera común de dividir la información de los sistemas de control es tomando en cuenta los números de identificación o simplemente “tags”.

Y los códigos de las áreas o unidades de la planta. Es un sistema digital para controlar procesos continuos, por ejemplo, químicos. Una importante característica de los sistemas DCS es su habilidad bajo ciertas condiciones realizar upgrades o actualizaciones en línea.

En el caso de fallar, estos sistemas tienen la capacidad de mantener las salidas en su último valor, usar un valor por defecto, o cambiar el estado a uno conocido. Los componentes (características) principales en la arquitectura de todo DCS son:

La configuración del sistema, Comunicaciones, Control, Alarmas y Eventos, Diagnostico, Redundancia, Datos Históricos, Seguridad e Integración.

Las tecnologías avanzadas ya están empezando a utilizarse en los procesos, un ejemplo de ello son los sistemas de control distribuido (DSC) se encuentra en muchos entornos

industriales como: plantas químicas, industria del petróleo y el gas, unidades de procesamiento de alimentos, centrales nucleares, temas de gestión del agua, industrias del automóvil, etc.

El uso de dispositivos inteligentes y buses de campo hace que el sistema de control distribuido ocupe un lugar destacado en los procesos industriales grandes y complejos en comparación con el antiguo sistema de control centralizadas.

1.7.4 Oficinas.

Ocupan Sistemas Informáticos, trabajando con la ofimática tradicional, los sistemas operativos ABB-W&Works son un sistema en tiempo derivado con Unix-real multitarea, que emplean lenguajes estructurados como por ejemplo C.

1.8 Automatización Industrial, Informática Industrial e Informática de Procesos.

Trabajan sobre plataformas de automatización, para la gente que desarrolla comunicaciones industriales, tomando en cuenta las aplicaciones específicas FM, CP, Reguladores PID, Encoders (absolutos e incrementales), Buses de Campo, Comunicaciones Industriales.

A continuación, en la Figura 5, se presenta la pirámide OSI o modelo CIM.



Fig.5.- Niveles de Pirámide OSI o modelo CIM de acuerdo a la estructura funcional.

Las estaciones se comunican entre sí gracias a que utilizan la misma banda de frecuencias, ya que internamente tienen instalados el mismo conjunto de protocolos. Aunque los protocolos que utiliza Wi-Fi están basados en las siete capas del modelo de referencia OSI (ver Tabla 1.1.), el estándar IEEE 802.11b sólo define las dos primeras

capas (física y enlace); el resto de las capas son idénticas a las empleadas en las redes locales cableadas e Internet y se conoce con el nombre de conjuntos de protocolos IP (Protocolo Internet).

La Organización Internacional de Normalización, ISO, propuso un modelo de referencia que permitiese estructurar las comunicaciones en siete capas. A este modelo lo llamó OSI (*Interconexión de Sistemas Abiertos*).

Las capas del modelo OSI son las siguientes:

1.-Capa Física.

Esta capa define los métodos por los que se difunde la señal. Para esto, la capa física de IEEE 802.11 se divide en dos subcapas: PLCP (*Procedimiento de Convergencia de la Capa Física*) y PMD (*Dependiente del Medio Físico*). PLCP se encarga de convertir los datos a un formato compatible con el medio físico, mientras que PMD es el que se encarga de la difusión de la señal.

2.-Capa de Enlace.

Esta capa define cómo se organizan los datos que se transmiten, cómo se forman los grupos de datos (paquetes, tramas, etc.) y cómo se asegura que los datos lleguen al destino sin errores.

3.-Capa de Red.

Esta capa define cómo organizar las cosas para que distintas comunicaciones puedan hacer uso de una infraestructura común, una red. Por ejemplo, aquí están definidos cómo se identifican los terminales (*numeración*) o cómo se enrutan los datos.

4.-Capa de Transporte.

Esta capa define las características de la entrega de los datos.

5.-Capa de Sesión.

Aquí se describe cómo se agrupan los datos relacionados con una misma función.

6.-Capa de Presentación.

Define cómo es representada la información transmitida.

7.-Capa de Aplicación.

Define cómo interactúan los datos con las aplicaciones específicas.

Los modelos como OSI pretenden definir todos y cada uno de los factores que intervienen en una comunicación de una red abierta; sin embargo, no todas las comunicaciones de datos son iguales; por ejemplo, existen comunicaciones en las que no hace falta definir una determinada capa (por ejemplo, en las comunicaciones directas entre dos ordenadores no es necesario que exista un nivel de red). En cualquier caso, de todos los procedimientos definidos por OSI, los que siempre están presentes en cualquier tipo de comunicación, son aquéllos que están incluidos dentro de la capa física y la de enlace.

Tabla 1.1. Relación de los protocolos de red local

MODELO OSI			PROTOCOLOS
7	Aplicación	IP	HTTP, FTP, SMTP
6	Presentación		DNS, LDAP
5	Sesión		
4	Transporte		UDP, TCP
3	Red		ICMP, RSVP
2	Enlace	IEEE 802	LLC, MAC
1	Físico		Físico

1.8.1 Ventajas de la Automatización Industrial.

La automatización usa sistemas o elementos computarizados para que un proceso industrial opere solo o con mínima intervención humana. Abarca a la instrumentación industrial, pues es considerada como una disciplina más amplia que un sistema de control. Algunos ejemplos comunes de su uso son: máquinas y herramientas de control numérico, fábricas de papel, laminadores de acero, robots industriales, etc. (Rodríguez, 2012).

- Mayor fiabilidad del proceso productivo y calidad del producto.
- Reducción de los costos de desarrollo y fabricación.
- Disminución de tiempos de desarrollo (time to market).
- Menor consumo de todo tipo de recursos en el proceso productivo.
- Mejora la calidad total de la empresa.

1.9 SCADA.

El sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancia mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores.

Existe una gran diversidad de profesionales involucrados en el desarrollo e implementación de sistemas SCADA, entre los que se encuentran: informáticos, telecomunicaciones, automático y tecnólogos. Por otra parte, en las diferentes fases de un proyecto el personal encargado posee diferentes requerimientos. El diseño de la estrategia de superación propuesto permite la superación de un amplio espectro de profesionales involucrados con el diseño, configuración y explotación de sistemas (Rodríguez, 2008).

1.9.1 Funcionalidades de los SCADA.

InTouch, es un SCADA de Wonderware que permite crear Sinópticos y bibliotecas de símbolos. Además, de conexión con OPC y DDE. Creación de pantallas. Gestión de alarmas y scripts. Tendencias de tiempo real e histórico. InTouch Wonderword ideal para el análisis de datos y sistemas de reportes, especialmente va la parte de MES, ya que los SCADA evolucionaron y se convirtieron en un sistema MES.

Por otro lado, el software WIN CC de la firma SIEMENS, ha mezclado al autómatas programable y puede ejecutar SCADA y PLC, controlando a través de una pantalla. El SCADA que se está ejecutando en una PC, se conecta a través de una red de comunicación con el PLC.

SCADA puede desarrollado en Visual Basic y el control en C (quesería el programa de monitorización) y esto verse en un TouchScreen (que es el equipo que se encarga de realizar la visualización en tiempo real).

Es un emulador montado en una PC que sirva para simular el funcionamiento de un autómatas. (CCOO Industria, 2017).

1.9.2 Conexión con OPC y DDE. Cliente/Servidor; Maestro/Esclavo.

OPC.

Es un estándar genérico para la comunicación de objetos, permite capturar datos de la planta que luego los entrega al PLC, CNC. El caso del SIMATIC ATI es muy particular al entregar su propio API como OPC.

Los OPC son drivers para todos los sistemas de control, permitiendo que todos los SCADA puedan acceder a información de forma genérica y abstracta. Debido a esto no se hacen OPC para todos los sistemas o marcas de control, potencializando el uso de los de cada empresa.

El SCADA se encarga de extraer información a través de un PLC por medio del OPC, que es el estándar para comunicación de control de procesos, el servidor sería OPC estos equipos absorben información del autómatas y la muestran en la pantalla para el usuario.

Hay un software en la PC es el OPC Server (Objeto para el Control) que lo desarrolla el fabricante del autómatas programable para recibir datos, el SCADA actúa sobre este software y lo hace como cliente.

Se puede dar alarmas de un proceso como tal, realizar la parametrización y regulación del equipo que se encargue de hacer la visualización en una PC o un TouchScreen (HMI o interfaz hombre máquina), es decir, pantallas donde se comunica vía serial con la PC.

Por ejemplo, en el ambiente industrial ha sido muy agresiva la batalla entre protocolos de redes de bus o campo, redes especializadas para comunicar sensores, actuadores, controladores y otros dispositivos industriales. Sin embargo, en los últimos años se han impulsado la unificación de los sistemas industriales de los principales fabricantes de software del mundo.

1.9.3 Conexión de LabVIEW con cualquier PLC utilizando OPC.

National Instruments dispone de software de supervisión y control de procesos industriales LabVIEW, el cual mediante OPC Servers desarrollado por National

Instruments permite el enlace y, por lo tanto, el intercambio de datos entre cualquier 'Cliente/Servidor', sin ningún tipo de restricción.

En LabVIEW se instala el OPC con el DSC modulo, caso contrario es necesario para su uso tener activado el toolkit DSC o Datalogging como se lo conoce generalmente, otros servidores se instalan con el DSC módulo incluido Modbus, Modbus Server y Custom I/O Server.

Un cliente OPC podrá conectarse por medio de una red a servidores OPC proporcionados por uno o varios fabricantes sin ningún tipo de restricción debido al software utilizado. En la Figura 6, se observa la arquitectura de un SCADA montado en un PC y el uso del OPC, con la arquitectura Cliente/Servidor.

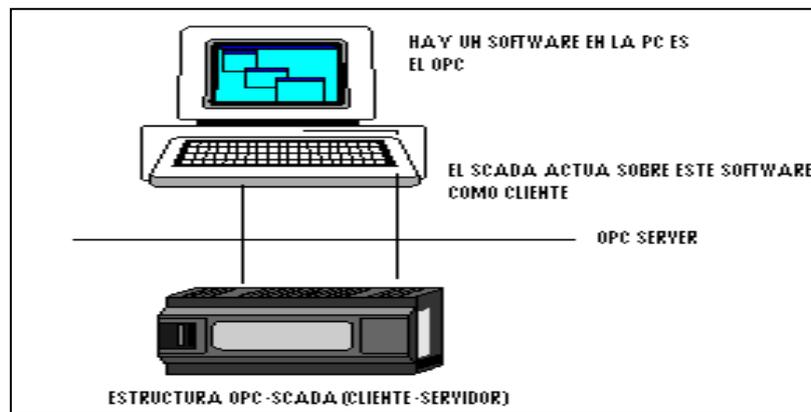


Fig. 6.- Estructura de un SCADA montado en una PC, y el uso de OPC para la comunicación con el nivel de campo (sensores y actuadores).

1.9.4 DDE.

Windows ofrece varias posibilidades para la comunicación entre diferentes softwares, los sistemas de supervisión explotan al máximo tales posibilidades de interconexión entre los que se pueden plantear, Enlace Dinámico de Bibliotecas (DLL), Intercambio de datos (DDE), Enlace con Objetos (OLE).

El intercambio de datos se da entre aplicaciones de Windows, esto hace que se pueda enviar de forma dinámica en ejecución entre aplicaciones, por ejemplo, entre RS-VIEW 32, LabVIEW, Microsoft, MATLAB[®]/Simulink, Excel, etc.

Para esto una aplicación debe ser servidora y la otra cliente, este último debe establecer la conexión (si no hay errores realizar el intercambio de datos necesarios y al final del intercambio debe cerrarse).

1.10 Comunicaciones Industriales.

Área de la tecnología que estudia la transmisión de información entre circuitos y sistema electrónicos utilizados para tareas de control y gestión de ciclo de vida de los productos industriales, tal como se presenta en la Figura 7.

En los años 80 las comunicaciones empezaron a realizarse mediante comunicaciones digitales punto a punto RS232 ósea PLC con la computadora lo mínimo al hablar de comunicaciones de punto a punto, y todos los elementos relacionados para posteriormente evolucionar para aplicaciones multipunto (permiten unir varios nodos al mismo tiempo, dar capacidad de comunicación en la misma línea (Dorantes., & Dante, 2005).

COMUNICACION	
SERIAL	PARALELO
USB	GPIB
RS-232	VXI
FIREWIRE	PXI

Fig.7.- Se presenta un proceso productivo, en estructura por capas

En Comunicaciones Industriales existen múltiples protocolos, buses, obsolescencia, funcionalidad fija, cientos de fabricantes.

Runtime.

Se trata del tiempo de desarrollo, esto es lo que se debe comprar, tiene que ver con las llaves analógicas o digitales del SCADA.

Puerto Paralelo.

A veces denominado puerto de impresora ya que su función principal consiste en la transmisión de datos, mediante un cable de impresora en paralelo (Centronics). La denominación de puerto paralelo proviene de que esta conexión realiza la transmisión de datos en paralelo (8 bytes simultáneamente).

Puerto en Serie.

A diferencia de la anterior en que la transmisión de datos se realiza bit a bit consecuentemente la transmisión sería más lenta, en principio este puerto estaba

pensado en la transmisión de datos mediante un modem, más tarde se idearon otros dispositivos como ratones, impresoras y periféricos,

Token Ring.

De la palabra en inglés (Token o testigo) es una red en anillo, que se ocupa en redes de área local o LAN con nodos, en el cableado en anillo cada nodo pasa constantemente un mensaje de control al siguiente de tal forma que cada nodo que tiene un token, de esta forma puede enviar un mensaje entre los equipos máster, denominado paquete de trama que viaja por la red, es como un micrófono que es el quien los pasa entre los máster que tienen la misma capacidad, el esclavo lo que hace es montar la información.

Trama.

Es una unidad de envío de datos y es un sinónimo de paquete de dato o paquete de red, aunque se aplica en los niveles OSI más bajos. Una trama son todos los bits transmitidos desde el inicio hasta que se detiene, tal como se aprecia en la Figura. 8, las características de una trama son:

- La velocidad de medida es en baudios
- El número de bits de datos
- El tipo de paridad.

CABACERA-->CAMPO DE CONTROL DE PROTOCOLOS
DATOS-->TRANSMITE A NIVEL SUPERIOR TÍPICAMENTE NIVEL DE RED
COLA-->SUELE ESTAR CHEQUEO DE

Fig. 8.- Se presenta un proceso productivo, en estructura por capas.

Routers (roteador).

Equipos de encaminamiento para interconexión de red de computadoras, que opera en la capa tres de nivel de red, también realizan labores de encaminamiento los interruptores o switches, conmutadores, multicapa o de nivel 3, estos últimos también realizan labores de nivel de enlace. Los paquetes de red están por debajo de este nivel, en todo sistema de comunicaciones resulta interesante dividir la información a enviar en bloques

de un tamaño máximo conocido, esto simplifica el conteo de comunicación, las comprobaciones de errores, la gestión de los equipos de encaminamiento.

1.10.1 Redes de Comunicaciones.

Son como los nervios en el ser humano que permiten la comunicación de todos los niveles (Nivel de procesos o planta, de máquina, de célula y fábrica). Lo que se puede observar en la Figura 5.

Las redes de comunicación industrial se clasifican en *redes de datos* (empresa, fábrica y célula), *redes de control* (controladores, actuadores y sensores).

Protocolo Ethernet/ Profinet.

Presenta un buen balance entre velocidad, precio, y facilidad de instalación, posee una gran habilidad para soportar virtualmente todos los protocolos de redes populares. Ethernet es prácticamente de gama alta, utilizando un cable MPI, un bus de gama alta es Profibus, Ethernet.

Instrumentación Utilizada en Comunicaciones.

Acoplador DP, D4 para protocolo Profibus, son comunicaciones mejoradas tienen un tiempo real con otros mecanismos se los puede representar en color morado en plano, son comunicaciones que generalmente están en la parte superior y su velocidad de comunicación es en milisegundos.

Velocidad de Transmisión.

Se encarga de transmitir los bits de información, si es unidireccional (Simplex, Full-Duplex, Duplex), hay que tomar en cuenta las señales eléctricas, electromagnéticas, también de aspectos mecánicos.

Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace a una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión.

Directamente digital es el caso de las fibras ópticas dado que por ellas se transmiten pulsos de luz, cuando el medio no es digital hay que codificar a pulsos de tensión (PulseCodeModulation) por ejemplo 5 V para los unos y 0 V para los 0, es lo que se llama codificación unipolar RZ, existen algunos casos complejos de comunicaciones

inalámbricas el caso de los estándares Wi-Fi. Transmisión sin errores a través de un enlace físico debe crear y reconocer los límites de las tramas.

Equipos adicionales.

Hay equipos que pueden funcionar a nivel físico se trata de los repetidores, en esencia se trata de equipos que amplifican la señal pudiendo también regenerarla.

En las redes Ethernet con opción de cableado de par trenzado (la más común hoy por hoy) se emplean unos equipos llamados concentradores (repetidores en la red 10 Base-2) más conocidos por su nombre en inglés Hubs que convierte una topología física en estrella) en bus lógico y que actúan exclusivamente a nivel físico a diferencia de los conmutadores o switches que actúan a nivel de enlace.

Al enviar datos por un cable o por el aire el objetivo es como se van a transmitir, es decir, como se van a enviar datos binarios a través de un medio físico el que sea: cable, aire, fibra óptica. Capa de datos entre equipos que están próximos como enviar una trama desde equipo de origen hasta un equipo de destino.

Las siguientes capas redes y transporte permiten hacer redes ya más dispersas formada por routers, switch se pueden enviar a través de redes WAN como dirigir el tráfico para que llegue a su red local y las capas de sección, presentación y aplicación que ya son las capas más de usuario como se inicia una presentación en un determinado equipo, como se intercambian los datos funcionales en esa sesión, que fichero se cambian XML, formatos en los que se intercambian información.

1.10.2 Redes Industriales o Buses de Campo.

Entre los buses de campo más utilizados están: Profibus, sistemas HMI, Profibus PA que se utiliza para lugares con riesgo presentes en procesos continuos. Un protocolo es la forma como responde un equipo de acuerdo a una información que recibe, es decir, como se está configurado para reaccionar de acuerdo a un tipo de protocolo.

La interfaz vendría hacer el medio por donde se transmite la información. La interfaz Ethernet, para hacer una transferencia de información. La interfaz RS232, que ya no se usa mucho, que era para temas de computadoras e impresoras.

Integridad con mantenimiento.

Integridad de entrada, control de inventario, planificación de la necesidad de materiales, Diseño de producto y proceso, simulación, planificación de la fabricación, automatización de la producción, control de la calidad, ensamblado automático, control de ventas. Esto se aprecia en la Figura 9.

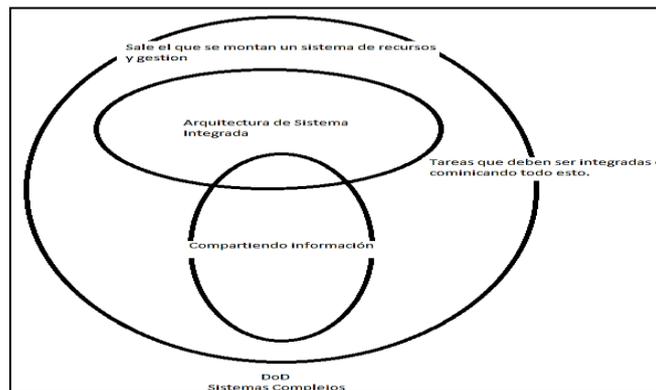


Fig. 9. - Deben estar encerradas todas las tareas anteriores en estas estructuras desde el nivel de procesos.

1.10.3 Sistemas MES (Sistemas de Gestión de planta).

Sistemas Informáticos desarrollado con el estándar típico de Microsoft, se relaciona con base de datos ORACLE, SQL Server de Microsoft, presente en el nivel de Gestión de la estructura de capas de control. Proporcionan herramientas para realizar las diferentes acciones de la producción, están asociadas en un grupo llamado MESA, es el pegamento o la unión entre la producción y la gestión, en este nivel Web se encuentra SIMATIC AIR FREMON.

Un sistema MES es más que un SCADA, no solo muestra datos si no que permite analizarlos, es una herramienta muy valiosa para procesar información los llamados minería de datos (dataminig), ya que reporta información al gestor de la planta, permite comunicación de gestión con la planta, absorbe información de los PLC y muchos más datos tomados de la planta.

Estos sistemas deben contemplar integración de software de diferentes aplicaciones, es decir, la calidad de producción se integra a los diferentes estándares. Integra la producción (diseño de ingeniería y fábrica), en gestión de empresas, es la fabricación integrada por computadora.

Flexibilidad.

Se llama cuando hay intercambios de información o programas entre máquinas para crear por ejemplo una pieza, automatización programable con robot asistiendo en la zona de producción.

Sistemas de Fabricación Flexible.

Conjunto de máquinas e instalaciones enlazadas entre sí mediante sistemas de transporte y control, que es capaz de producir una variedad de productos mediante una gama y esto solo cambiando el programa de la producción.

Cada punto en el ensamblaje de una línea de producción es una célula en la línea de fabricación por ejemplo la línea de producción de embotellamiento de algún producto, en donde la línea transporta a cada etapa desde el llenado, corchado, etiquetado etc.

Domótica e Inmótica y el hogar digital.

Generalmente la Domótica se aplica a viviendas pequeñas y la Inmótica se encarga de lugares de mayor envergadura como hoteles, edificios de trabajo u hospitales.

1.10.4 Sistemas de Control Numérico Distribuido (DNC).

Dentro de estos sistemas se encuentran los de Control del movimiento de Máquinas herramientas NC (Numeric Control). Es importante señalar que fue Jhon T. Parsons en 1952 que creó el primer prototipo que utilizaba un sensor para medir un servomotor y actuar sobre él, a este tipo de control se lo puede denominar analógico, en 1970 los CNC presentan un control con el uso de la computadora.

Son elementos electrónicos-programables, son una unidad autónoma automatizada sin la intervención del operario, es como la lavadora que al comienzo de su tarea de limpieza se le dedica un tiempo para darle instrucciones y el resto de tiempo por ejemplo media hora para que trabaje sola.

Cuando las computadoras se las coloca en red. Aparecen los: CAD/CAM/CAE (Asistido por computadora).

1.10.5 Automatización Industrial de la Productividad.

Las computadoras en la comunicación son indispensables. Además, que decrecen los costos, incrementa la variedad y la complejidad de los productos a desarrollar, aumenta la flexibilidad de la producción sin disparar los costos, permite que se conozca el proceso del producto desde el diseño, fabricación hasta cuando se lo pone al mercado.

El computador está metido en la producción en sistemas modernos para decrecer lotes y fabricación.

1.10.6 Ingeniería de Sistemas Automatizados.

CAD.

(Computer Aided Design), Diseña y simula un sistema generando un lenguaje en código G o generación en código G para hacer la pieza, por ejemplo, una fresadora refleja la pieza simulada, es un diseño asistido por computadora, pero en 3D, es ensamblado para los horarios de la producción

Sirven para validar con simuladores de HY-TEC de alta tecnología, con mucha más tolerancia se puede ajustar todos los niveles, el computador sirve para saber el ciclo completo de un producto, un diseño para ser fabricado tiene que tener una representación en planos o en gráficos y de la necesidad que el mercado precisa en ese momento. Los sistemas CAD te orientan a los CAM, dándoles principios de simulación, principios térmicos, fatiga, o la inercia (tracción). Los modelos CAD 3D, no solo son diseños en modelos mecánicos, sino que significa más cosas, diseño del producto, maquinaria, moldes, todo esto engloba la automatización integrada.

CAM.

(Computer Aided Manufacturing) es un software de diseño CAD, esta herramienta es un apoyo en la fabricación de una pieza, muy utilizada en el estudio de movimientos mecánicos, son en Código G, control numérico está fabricando el modelo para fabricar la pieza, combinación que hay entre la automatización, sistemas mecánicos, eléctricos, mecatrónica (mecánicos, eléctricos, neumáticos, multidisciplinares). (Instrumentación y Control, 2009).

CAD /CAM.

SolidWorks se diseña se puede hacer + CAMWORKS generación en código G para CAM con un software adicional para generar esa pieza.

CNC.

Se eleva la precisión va en el orden de las micras se puede obtener algunas ventajas, Repetitividad, Capacidad para generar diseños completos, Flexibilidad de producción, Producción más segura y Realización de prototipos. Así, Rapid Prototyping, trabaja por capas en un diseño de 3D, Existe CNC para corte por plasma, son cortes que se plantean en el CNC, al trabajar con estas máquinas se corre menos riesgo ya que se cierran las puertas de las máquinas y no hay contacto con el operador o experto del Torno-horizontal, Freza-Vertical pieza en bancada.

CIM.

La fabricación asistida por Computer Integrad Manufacturing (la fabricación y diseño totalmente integrada por computadoras), como su nombre lo dice integra mediante sistemas informáticos todas las áreas de la empresa, (es decir el uso de computadoras integradas por áreas).

1.10.7 Tecnología de Grapas.

Varias marcas agrupan los productos a los cuales se asigna en grupo de máquinas, células y que tienen la capacidad de identificar que pieza es para cada marca BMW, Mercedez Benz, como por ejemplo los chips de radio frecuencia se requiere conocimiento de organización industriales, cada vez se trabaja con más cantidad de material, diferentes modelos, ahorrar material o materia prima hay que buscar cual es el concepto que más le gusta al usuario final.

Los Sistemas de Gestión o de Planta. RP.

Estos sistemas tratan de la planificación de la producción que todas las máquinas estén controlando calidad, las inspecciones en este nivel se hacen por computadoras.

Existen algunos inconvenientes como son: Necesidad de personal calificado, se requiere que se tenga conocimientos de programación y manejo de ciertos paquetes informáticos por parte de los trabajadores de la planta (IntrumetaciónyControl, 2009).

Tiempo Real Industrial.

Antes se hacía con lógica cableada el control por lo que era necesario grandes cuadros o armarios de control de relés, en la actualidad por ejemplo la fabricación de automóviles es un proceso continuo y netamente secuencial, aquí aparece el termino plantas de control y gestión que son líneas de fabricación flexible las mismas que comprenden muchos sistemas electrónicos de control.

1.11 Conclusiones Parciales:

- 1) Cuando se trabaja con PLC S7-300, S7-400 las redes de campo son Profibus y Profinet (esta última para comunicación con estaciones de operador).
- 2) La fabricación de papel es continua y el transporte de madera es digital luego, presentándose un sistema híbrido, nada es absoluto existen variables digitales en procesos continuos y viceversa, pero se puede dar en proporción de un 80 % más que otra.
- 3) Sistemas CAD/CAM/CAE. Prácticamente hacen que el vehículo se diseñe en la computadora. El primero sirve para el diseño de la pieza por ejemplo SolidWorks. EL segundo indica la flecha del proceso productivo, es decir, representa todo el proceso. Finalmente, el tercero es la ingeniería y la simulación es explosivamente un análisis mecánico de la pieza, es un choque del modelo real al simulado.
- 4) La plataforma TIA Portal de SIEMENS atiende los niveles de la pirámide de control haciendo énfasis en el vértice superior de la pirámide o nivel de gerencia donde se localiza el MES, es decir, por debajo del nivel ERP.

CAPÍTULO II

INDUSTRIA 4.0.

Las prácticas en las universidades actualmente deben usar las tecnologías más modernas, por tal motivo el uso de plataformas inteligentes aplicadas a la IoT 4.0 y 5.0, y soportadas con la ayuda de cámaras de video, sensores y GPS son una herramienta valiosa pero no única al aplicar una metodología enseñanza-aprendizaje.

Hay plataformas que pueden cubrir estas necesidades, pero son pagadas y como sucede actualmente con el caso de LabLands, las universidades que hayan pagado este servicio tendrán prioridad a las que no hayan pagado o estén de forma gratuita.

Nivel de usuario; el tema de sistemas de gestión permitirá el soporte de varios estudiantes a la vez, pero por lo complicado del uso, por ejemplo, al aplicar un controlador PID (Proporcional, Integral, Derivativo), para el control de un proceso, se hace necesario que pase cierto tiempo. Sin embargo, esta situación puede ser resuelta por los estudiantes al sobre-escribir la práctica que está haciendo otros alumnos, siempre y cuando soporten varias copias a la vez y finalmente si entran simultáneamente o en una cola o similar.

Por tal motivo, el uso de websockets basados en HTML5, están siendo usados mucho en la actualidad para el desarrollo de prácticas en tiempo diferido, simulado y remoto (esta es la más compleja de las tres). (Benavides, J., Jara, D., Salinas, E., & Pesantez, 2022).

2.1 Aplicaciones de Laboratorios Virtuales y Remotos.

Actualmente los laboratorios en línea, online están compuestos de remotos y de virtuales, destacándose tres tipos generales de laboratorio en la educación en ingeniería; a saber, práctico, virtual y remoto; cada uno de ellos con sus propias ventajas e inconvenientes según lo menciona (Hernández, M., Vallejo, A., & Morales, 2019). El uso de estos laboratorios exige que el estudiante conozca cómo realizar las conexiones de la maqueta a través de una tarjeta de adquisición de datos, por ejemplo, para que en ésta se conecten todos los sensores (Santana, I., Ferre, M., Hernández, L., & Aracil, 2010).

Los desafíos de la Industria 4.0 abarcan la Simulación Computacional, la Computación en la nube, Internet de las Cosas, Realidad Aumentada, Comunicaciones 5G, Vehículos Autónomos, Manufactura Aditiva, Integración de Sistemas, Ciberseguridad

2.1.1 Gemelos Digitales.

Los gemelos digitales son plantas virtuales dotadas de una arquitectura y funcionalidades que les convierten en herramientas útiles para mejorar muchos aspectos de la operación de los procesos, desde el control a la optimización de los mismos. No obstante, para ser usados en tiempo real como herramientas eficaces de toma de decisiones, hay varios problemas abiertos que requieren investigación adicional, entre ellos los relativos a la actualización de los modelos en tiempo real y a la consideración explícita de las incertidumbres presentes en los modelos y los procesos.

Este artículo discute su arquitectura y papel en el contexto de Industria 4.0, y recoge y analiza una experiencia concreta referida a la red de hidrogeno de una refinería de petróleo que ilustra las posibilidades de utilización industrial de los gemelos digitales, así como los problemas abiertos que presenta su implantación en la industria de procesos. (Cesar de Prada., Santos Galán-Casadoc., Pitarchd, J., Sarabia, D., Galán, A., & Gutiérrez, 2022).

La idea del Digital Twin (gemelo digital, o planta virtual) no es nueva y el núcleo de la misma, construido en torno a las ideas de modelado y simulación de un proceso determinado, tiene largo recorrido. De hecho, aunque la primera definición formal del término apareció en 2010 en la NASA (Shafto, 2010., & Grieves, 2019).

De hecho, los entornos de visualización/virtualización han experimentado mejoras considerables. Los avances tecnológicos en términos de Inteligencia Artificial y Realidad Virtual permiten desarrollar entornos de visualización más eficientes para la supervisión y gestión de la información en tiempo real, recibida en forma de datos o generada por el DT.

Herramientas como los modernos paneles (dashboards en terminología inglesa) posibilitan recopilar datos desde distintas fuentes, agregarlos y mostrarlos simultáneamente, presentándolos de manera que lo importante destaque a primera vista, haciéndolos más accesibles y fáciles de interpretar. Por otra parte, la aplicación de realidad virtual y aumentada en el ámbito de DT, ofrece la posibilidad de crear un

ambiente inmersivo para formación, entrenamiento, reparación de averías, etc., al poder superponer información elaborada a la representación virtual de la planta (Fracaro et al, 2022).

En (Maxim et al., 2019) se señala que dentro de los retos del control automático en la Industria 4.0 se encuentra la propuesta de nuevos algoritmos de implementación sencilla, aplicables a un rango amplio de procesos y cuyos parámetros puedan ser ajustados automáticamente ante un cambio en las condiciones de operación.

El ADRC (combina nuevos algoritmos de control que combinan esta formulación con técnicas avanzadas, como el control predictivo generalizado), al ser una tecnología enfocada hacia el control de procesos con dinámica no modelada e incertidumbres de diferente naturaleza, puede contribuir en la formulación de soluciones para reducir la dependencia de modelos precisos o para complementar el control de sistemas complejos mediante su combinación con técnicas de control adaptativo y robusto.

Según (Martínez, B., Sanchis, J., García-Nieto, S., & Martínez, 2021). La similitud de la estructura PID con el LADRC o su análisis como un sistema de dos grados de libertad ofrece como ventaja que el conocimiento del ingeniero de control puede facilitar el proceso empírico de ajuste de ganancias en la transición de controladores. Por ello, los enfoques de sintonización hasta ahora mencionados no profundizan en la discusión sobre la ganancia crítica y asumen que se conoce su valor aproximado. Algunas de las propuestas que incluyen a este parámetro dentro del conjunto de ganancias de diseño recurren a su estimación en línea.

2.1.2 Impresión 3D.

Propone (Bauer, I., & Cuello, 2022), que la impresión 3D puede llegar a ser un proceso lento que demora entre algunos minutos hasta varias horas dependiendo del tamaño y la complejidad de la pieza que se va a generar. Por esta razón, las impresoras 3D se suelen dejar sin atención directa humana por largos períodos de tiempo. Desafortunadamente no todas las impresoras incorporan sistemas de detección de errores como es el caso por ejemplo de la pérdida de material u obstrucciones en el extrusor. Además, hay algunos problemas que son muy difíciles o imposibles de detectar con sensores sencillos como pueden ser filamento no adherido o movimientos en el modelo.

Piezas falladas resultan en una pérdida innecesaria de material, pero principalmente produce una gran pérdida de tiempo. El propósito de gran parte de investigaciones es mostrar cómo se pueden utilizar partes económicas de hardware en conjunción con convolutional neural networks para generar herramientas de software que puedan identificar y responder a diferentes problemas apropiadamente, proveyendo automatización con un alto grado de confianza en cualquier sistema de impresión 3D-FDM (Es un tipo de impresión 3D por extrusión de material).

Así mismo, (Peyton, R., Presti, D., Martínez, J., Videla, F., & Torchia, 2020) presenta tres experiencias desarrolladas con tecnología de impresión 3D para la docencia en Óptica. Estas actividades se planificaron, diseñaron e implementaron para profundizar en el conocimiento sobre la polarización de la luz, los fenómenos de reflexión y refracción y la percepción del color. También se detalla la metodología de planificación, en particular, el diseño y descripción de la actividad.

Las guías experimentales, los modelos 3D y los manuales de montaje, estos autores los comparten en un espacio web gratuito y de libre acceso. En resumen, demuestra que la impresión 3D puede ser utilizada como un recurso tecnológico, inclusivo y pedagógico para la enseñanza. Esta metodología puede extenderse y adaptarse a otras disciplinas, así como aplicarse localmente en instituciones educativas.

2.1.3 Conectividad de la Red 5G.

La Tecnología 5G es la revolución de las comunicaciones: Multimedia, transporte de datos, proyectar una película, en 5G se van a usar ciudades inteligentes, con las infraestructuras de las ciudades. Esto implica ubicar de mejor manera el sensor y configuración, eventos de interferencia, para que siempre se comuniquen correctamente. Lo que requiere la integración de las tecnologías, con electromagnetismo.

Cuando se implementó la tecnología 4G, todo el mundo llegó a tener un teléfono celular en su bolsillo, es decir, todos estaban conectados de forma simultánea buscando videos, información y también capturando datos de la ciudad donde se habita, datos del entorno que los rodea, toda esa información en tiempo real, genera que todas las personas carguen información de forma simultánea.

Si fuera una autopista se podría decir que esta congestionada, tratando de extraer información, en cambio el 5G es la ampliación de la autopista que va permitir mover una mayor cantidad de datos y abre paso a cualquier aplicación que se desee desarrollar. A través de esa comunicación instantánea se van a poder comunicar vehículos etc.

Esta autopista 5G va permitir tener el nicho o la base para crear nuevas aplicaciones de las empresas para copar el espacio entre nuevas empresas, por lo que las comunicaciones van hacer más veloces. Transferir en tiempo real la información actual de los equipos, para poder acceder a esos datos.

En consecuencia, la tecnología 5G es el resultado de una evolución tal como se muestra en la Figura. 10, donde solamente se empleaba voz, hasta llegar actualmente a ciudades inteligentes etc.

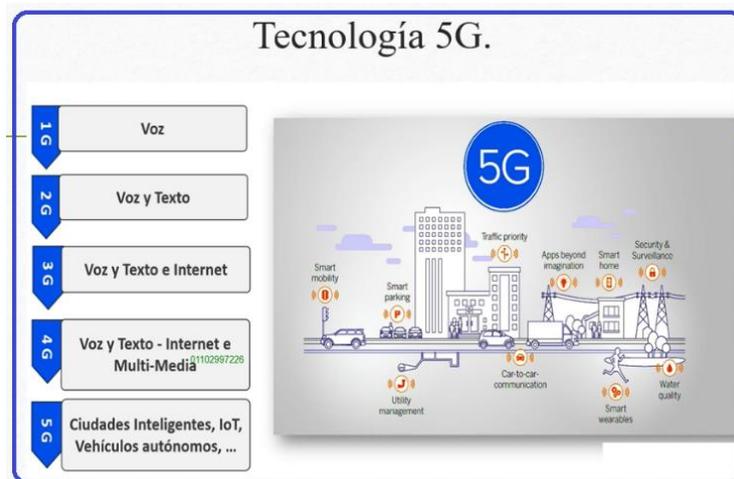


Fig. 10. – La representación de 5G indica que actualmente esta tecnología es el resultado de toda la evolución anterior, empezando desde la 1G.

Entre los desafíos de la tecnología 5G está el celular está formado por distintas antenas muy pequeñas ubicadas en diferentes posiciones que, dependiendo de las ubicaciones de la misma, las personas van a poder interactuar con ella y de esta forma se podría detectar una buena o mala recepción de señal.

Las herramientas de simulación informática deben permitir superar estos desafíos de ubicación de estas antenas. La mano del usuario va afectar la calidad de la comunicación como interferencia, también se podría hacer un análisis de todo el conjunto no solo una antena de manera simultánea de tal manera que no solo se analice como un componente aislado, sino como un sistema.

Otro desafío es la comunicación a través del Internet inalámbrico en la casa ya que hay que desplazarse y se debe garantizar que ese wifi tiene la mejor señal en las distintas ubicaciones. Encontrar la mejor ubicación de los routers y de la distribución de los espacios.

También se busca la conectividad en las calles, para esto debe haber una buena comunicación entre las diferentes antenas ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad, ya que los carros que tienen este sistema deben tener información de ellos mismos, de otras personas y otros vehículos en la calle, pero siempre evitando los accidentes. Por todas estas razones esta red 5G va tener que soportar toda esa cantidad de información, por eso se dice que estos son uno de los grandes desafíos.

Antes de colocar un cluster en una torre de comunicación ubicada en una ciudad, se debe conocer la mejor conectividad de todas las antenas. Se dice que la red 5G es un horno de alta potencia que va afectar a todos, en la actualidad se está inmerso en ese mundo de ondas, toda la comunicación WiFi de la casa GPS del vehículo, Bluetooth, todas usan ondas electromagnéticas para realizar la comunicación.

Lo importante de esto es que se encuentren dentro de las zonas de las ondas no ionizantes que son las que producen daño a la salud. Tal como se indica en la Figura 11. (ESSS, 2022).



Fig. 11. – Ondas no ionizantes y ionizantes.

2.1.4 Realidad Aumentada.

(Marra, S., Petros, D., Lambre, J., Veiga, R., & Aveleyra, 2020), presenta el desarrollo de una aplicación informática orientada a una experiencia didáctica de aprendizaje sobre un osciloscopio con Realidad Aumentada (RA). El cual es parte de un proyecto interdepartamental dentro de un programa institucional para promover el uso de la tecnología en las aulas. Se desplegó en los cursos de Introducción a la Ingeniería Electrónica donde se pretende ayudar al estudiante a aprender el uso básico del osciloscopio, de una manera amena y guiada. Esta aplicación demostró ser un recurso muy útil para enseñar a utilizar un osciloscopio de forma intuitiva, virtual e interactiva. Ayudó a los estudiantes en el proceso de aprendizaje sobre cómo medir con un instrumento que de otra manera fue muy difícil de hacer durante la situación de pandemia.

Sin embargo, para (Romero, P., Romero, E., Cruz, M., Pantigozo, A., Cabrera, M., & Ibarra-Cabrera, 2021). La incorporación de herramientas digitales multimedia en el aprendizaje, supone en muchos casos el cambio de actitud y motivación del alumno hacia los contenidos. Así, como la RA se está incorporando a los procesos de enseñanza-aprendizaje, generando una disrupción en la forma de entender los contenidos a estudiar, generando una mayor motivación por parte de los estudiantes para desarrollar su proceso de aprendizaje.

En este sentido, este se describe el desarrollo de una aplicación móvil con RA, guiada en base a los fundamentos del diseño centrado en el usuario para poder integrarse a entornos virtuales de aprendizaje. La estrategia consistió en mostrar las herramientas de construcción y empaquetamiento de contenido de la aplicación con RA. Como resultado se demostró la viabilidad para el uso en el aprendizaje de los contenidos de los componentes internos de una computadora, enfocados en procesos de motivación, comprensión, aprendizaje y pensamiento para la construcción de nuevos conocimientos con tecnología RA, se pudo concluir a través de los resultados logrados que los docentes (especialistas) del área mostraran predisposición por el uso de la aplicación en sus clases.

Por otro lado, para (Salamanca Diaz, 2015) el uso de la RA ha crecido rápidamente como herramienta educativa gracias a la alta penetración de los dispositivos móviles desde 2007 y al desarrollo de herramientas para la creación de contenidos, lo que ha

facilitado mucho la tarea. Hasta el momento ha habido muchos proyectos de investigación donde se compara la RA con otros medios y que han demostrado sus beneficios en los procesos de aprendizaje. Con base en los principios de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (CTML), por lo que se desarrollaron dos aplicaciones diferentes para comparar un contenido que aplica esos principios y uno que no los usa.

De manera de probar si su aplicación facilita el proceso de aprendizaje. El tema elegido fue el dron cuadricóptero: qué es, sus componentes y cómo pilotarlo con mando a distancia. Se realizó un experimento con 18 participantes en el Planetario de Bogotá y en la Universidad Jorge Tadeo Lozano para evaluar cuánto aprendieron sobre drones.

El resultado más significativo se encontró en la sección “cómo volar un dron”: al 77% de los participantes les tomó menos de 60 segundos completar la prueba en la aplicación donde se aplicó el principio de segmentación. En la aplicación en la que no se utilizó ese principio, solo el 33 % de los participantes pudo terminarla en el mismo período de tiempo. Esto ocurre porque las personas pueden practicar cada movimiento por separado antes de hacer la prueba en la que tienen que usar todos los movimientos juntos.

2.1.5 Diferencia entre Industria 4.0 y 5.0.

La cuarta transformación o Industria 4.0 se refiere a la digitalización de los procesos, la adquisición de datos e intercambio para poder tomar decisiones en tiempo real a través de Internet of Things (IoT) o Industrial Internet of Things (IIoT). Ahora ha surgido un nuevo concepto que es la Industria 5.0, y muchos se preguntan cuáles son las diferencias entre éstos.

La Industria 5.0 pone énfasis en la colaboración entre máquinas y humanos, y serán muchas más las tecnologías que entran en escena que mejorarán la capacidad de inmersión, de hipersonalización y de interconexión.

Así, tecnologías emergentes como el 5G (próximamente 6G), metaversos, drones o blockchain, unidas a otras como Inteligencia Artificial, IIoT e impresión 3D, convertirán la experiencia del usuario en algo único, a la vez que tratarán de hacerlo de manera sostenible y responsable.

En la Industria 4.0 predominaban los robots industriales, en la Industria 5.0 el ser humano es el protagonista y la máquina colabora como un personaje secundario.

Muchas personas tenían el miedo de que sus puestos de trabajo fueran obsoletos por la introducción de más equipos que pudieran reemplazar todas sus funciones, pero precisamente es lo que la Industria 5.0 defiende, pues lejos de quitar al trabajador lo pone en el centro de producción y posibilita que tanto el cobot como el humano laboren de manera conjunta. Desde el punto de vista importante la Industria 5.0 fomenta la robótica colaborativa e impulsa a las compañías a que dejen de darle el poder absoluto a las máquinas.

En la Industria 4.0 existe un temor latente porque se requieran de menos personas, pero la realidad es que se necesita de alguien para: distribuir, desarrollar, configurar, mantener y soportar; es decir, se reconvierten las actividades a realizar y esto es un desafío social, tal como se aprecia en la Figura 12.



Fig. 12. – Se presenta un Iceberg, con las oportunidades sobre el nivel del mar y las que no se observan, bajo el nivel del mar.

Con estas nuevas tecnologías se obtiene un ahorro de costo de movilización de personal, las personas pueden hacer desde la ciudad el mantenimiento, aprender a programar, empresas de soporte y manutención

Un ejemplo de esto es la plataforma BIM (Building Information Modeling) que es una metodología que permite crear simulaciones digitales de diseño, manejando coordinadamente todos los perfiles incorporados en cada proyecto.

2.1.6 Inteligencia Artificial-Vehículos Autónomos.

(Hidalgo, C., Marcano, M., Fernández, G., & Pérez, 2020), manifiesta que en los últimos años los Sistemas Inteligentes de Transporte, ITS (del inglés, Intelligent Transportation System) se han convertido en una realidad dentro de la sociedad, aportando soluciones y beneficios a la conducción. Con el fin de contribuir a su desarrollo, describe un marco cooperativo híbrido capaz de validar maniobras entre múltiples vehículos (virtuales y reales), con el fin de disminuir los costos, tiempos y riesgos asociados al ajuste de los controladores. Para su validación se presentan 3 casos de estudios. El primero consiste en utilizar dos vehículos virtuales para realizar un Control de Crucero Adaptativo, ACC del inglés (Adaptive Cruise Control) con seguidor de trayectoria.

El segundo, emplea un coche real como seguidor y un coche virtual como líder para la maniobra de Stop & Go. Finalmente, se utilizan dos vehículos reales para el ACC. Los algoritmos de seguimiento empleados para las maniobras cooperativas están basados en controladores de lógica borrosa. Los resultados demuestran la versatilidad del marco propuesto, al poder ejecutar las maniobras correctamente en cada uno de los entornos.

Este tipo de sistemas de transporte usan algunas plataformas como son: 1) la herramienta de simulación Dy-nacar (Lattarulo et al., 2017b) y 2) vehículo Renault Twizy automatizado. Ambos utilizan la arquitectura de control generalizada para la conducción automatizada presentada en (González et al., 2016). Al finalizar se detallan los entornos de pruebas basados en el marco cooperativo.

En ambas maniobras se empleó el mismo controlador basado en lógica difusa, para el cual se hizo uso del Toolbox de MATLAB[®]/Simulink, para controladores borrosos. Las entradas de control corresponden al error de distancia y velocidad entre ambos vehículos para mantener la posición del coche a una distancia d^* de referencia previamente establecida, basada en parámetros de seguridad.

La arquitectura de control utilizada en cada una de las plataformas consta de 6 bloques: Adquisición, Percepción, Comunicación, Decisión, Control y Actuadores. Dicha arquitectura ha sido empleada en distintos trabajos previos, de los cuales se pueden resaltar: la validación de un control lateral (Striranján et al., 2017) y de distintos

controladores longitudinales (Marcano et al., 2018), así como también el desarrollo de una maniobra cooperativa de adelantamiento (Lattarulo et al., 2017a).

2.1.6.1 Controladores Difusos.

El artículo presentado en (Lee, 1990) se divide en dos partes. El análisis de los parámetros estructurales del FLC se aborda en la Parte I con un breve resumen de algunos de los conceptos relevantes en la teoría de conjuntos difusos. Se describe la idea principal del FLC y las estrategias de difusificación. Se discute además la construcción de la base de datos de un FLC y se explica la base de reglas y las técnicas de modificación de las mismas.

Además, se encontró una revisión del FLC; se describe una metodología general para construir un FLC y evaluar su funcionamiento; se señalan los problemas que requieren más investigación. Se incluye una discusión de las estrategias de difusificación y Des difusificación, la obtención de la base de datos, las reglas de control difuso, la definición de implicación difusa y un análisis de los mecanismos de razonamiento difuso.

El segundo artículo (Lee, 1990) se dedica a los aspectos básicos de la lógica de toma de decisiones del FLC, las definiciones de una implicación difusa, los operadores de composición, las interpretaciones de las sentencias, se establecen las operaciones teóricas para los conectivos "y" y "también", se investigan los mecanismos de inferencia difusa, y se discuten las estrategias de Des difusificación. Se presentan brevemente algunas de las aplicaciones representativas del FLC, desde el laboratorio hasta el control de procesos industriales. Finalmente, se plantean los problemas sin resolver y se discuten otros desafíos en este campo.

En (Shome, A., & Ashok, 2012). se encuentra un ejemplo de aplicación de los controladores lógicos difusos dinámicos. Se analiza un proceso de control continuo no lineal, con incertidumbres y perturbaciones de carga, tal como la caldera en la generación de energía eléctrica. Se destaca que el controlador convencional PID es el controlador de mayor uso en tales procesos, pero que presentan desempeños deficientes cuando ocurren fluctuaciones y surgen emergencias. Así, se desarrolla un control inteligente usando lógica difusa para tratar con la no linealidad del sistema y

proporcionar un control preciso de la temperatura del vapor y nivel de agua de la caldera.

En (Elayan, 2014), se desarrolla un controlador de lógica difusa (FLC) heurístico capaz de impulsar el nivel de líquido en el depósito hasta un punto de referencia dado. Se explica el procedimiento de cómo diseñar un (FLC), utilizando la interfaz gráfica de usuario de MATLAB®. Finalmente se compararon los resultados de simulación obtenidos con un controlador clásico PID siendo muy satisfactorios.

Por otro lado, en (Anitha, S., Lakshmipriya, R., Noble, D., & Mahalakshmi, 2015) se propone un controlador de nivel de agua simple basado en la lógica difusa con base en el sistema de inferencia de Mamdani. El nivel se controla en el domo de una caldera de una planta generadora de energía eléctrica. Se señala que el esquema del PID funciona satisfactoriamente en ausencia de cualquier perturbación al proceso. Cuando hay perturbaciones significativas del proceso, el esquema de control PID de 3 elementos no funciona bien debido a que no conoce los valores de las ganancias del PID para encarar el nuevo estado del proceso.

Se propone un FLC de enfoque libre que observa la salida del esquema de control PID existente y los datos recopilados se utilizan para obtener conocimiento sobre el proceso. Este artículo muestra que el FLC ofrece un mejor desempeño en el rechazo de la perturbación del proceso en comparación con el esquema de control PID de 3 elementos. Tang y otros en (Tang, X., Du, H., Sun, S., Ning, D., Xing, Z., & Li, 2016) informan sobre su investigación en los sistemas de suspensión semi-activa de carro, en específico en el desarrollo de algoritmos de control avanzado.

Se investiga el diseño de un controlador de estado basado en el observador Takagi-Sugeno para una suspensión semi-activa de un cuarto de vehículo con un amortiguador magnetoreológico y proporciona la prueba de la efectividad del controlador propuesto. Kaewwiset y otros en (Kaewwiset, T., & Yodkhad, 2017), presentan el sistema de control automático de temperatura y humedad mediante el uso del algoritmo de la lógica difusa para controlar la temperatura y la humedad apropiadas en un vivero de hongos. La señal de control para el pulverizador de niebla y para el calentador se obtiene a partir de la inferencia difusa programada en el controlador difuso diseñado.

Informan que el sistema de control automático tiene buen control cuando se compara con el control manual. Por su parte (Khalesi, Z., & Dehghani, 2017) investiga el control del nivel de glucosa en sangre y la tasa de administración automática de insulina en pacientes diabéticos del Tipo I, basado en el sistema regulador de glucosa-insulina considerando los retardos en el tiempo. El modelo no lineal con múltiple retardo de tiempo se linealiza alrededor de una condición nominal. El desempeño del controlador propuesto y la efectividad de considerar el retardo se verifican en simulaciones usando el modelo original del metabolismo de la glucosa-insulina.

Así mismo (Das, K., & Das, 2013) describe el diseño de un controlador de la temperatura ambiente y de la humedad en una habitación usando lógica difusa. Por esta razón se propone un control con dos controladores de lógica difusa controlando la temperatura y la humedad cada uno. La entrada del primer controlador es la temperatura medida y el error entre esta temperatura medida y la referencia controlando la velocidad de los ventiladores. Cuando la temperatura actual en la sala alcanza el punto de consigna, sirve como entrada para el segundo controlador de lógica difusa que controla la humedad. La humedad actual en porcentaje detectada por el sensor de humedad en la habitación sirve como segunda entrada al controlador.

(Pitalúa-Díaz., Herrera, Ne., Velázquez, L., Álvarez, C., & Munguía, 2013). Sugiere una estrategia para reducir las peligrosas concentraciones de benceno en el interior de pequeños talleres mediante el uso de un controlador de lógica difusa. La sala cerrada se separa en dos zonas definidas usando el modelo de campo cercano/campo lejano.

A partir del conocimiento del modelo se diseñó un controlador difuso de Mamdani para mantener la concentración de benceno dentro de niveles seguros para los trabajadores. Se determina el ciclo de trabajo por un modulador de ancho de pulsos (PWM), lo cual controla la velocidad de los motores de corriente continua de los ventiladores de extracción, manteniendo así la concentración de benceno en el aire dentro de la norma establecida por la EPA (0.03 mg/m³). Los resultados de la simulación muestran que el control difuso propuesto puede asegurar la calidad del aire interior en este tipo de ambientes de trabajo.

(Mahapatro, S., Subudhi, B., & Ghosh, 2014), proponen un controlador proporcional integral difuso adaptativo (AFPI) para el control de nivel de líquido en tiempo real de un sistema de control de nivel de líquido en tanques acoplados. Los parámetros del

controlador difuso adaptativo son explícitamente adaptados por la base de la regla difusa elegida. La ganancia del algoritmo propuesto se adapta implícitamente empleando la variación de las salidas de FLC.

El desempeño del algoritmo del controlador propuesto se ha comparado con el del controlador PI convencional. La simulación y los resultados experimentales afirman que el desempeño de la propuesta del controlador difuso adaptativo PI (AFPI) ofrece mejor acción de control que el controlador PI convencional.

2.1.6.2 ChatGPT.

Son sistemas montados sobre Deep Learning, se creía al inicio de implementar de no tener la capacidad lectora, de razonar lógicamente, debido principalmente porque fallaba en sus intentos.

Sin embargo, actualmente se ha superado esta etapa, es decir, la mayoría de errores que aparecieron en el pasado ya han quedado superados por los sistemas actuales.

Estos fallos son superados en cada interacción, esta tecnología es más destacada que sus antecesores, es porque han avanzado enormemente en controlar al propio sistema, consiguiendo que el asistente sea un asistente de inteligencia artificial va indicar, lo que se llama alinamiento o en inglés (alignment) de inteligencia artificial, calibrando a estos sistemas para que hagan y se comporten como se esperaría que lo realicen.

ChatGPT es un sistema de chat basado en el modelo de lenguaje por Inteligencia Artificial GPT-3, desarrollado por la empresa OpenAI. Es un modelo con más de 175 millones de parámetros, y entrenado con grandes cantidades de texto para realizar tareas relacionadas con el lenguaje, desde la traducción hasta la generación de texto.

Reinforcement Learning from Human Feedback.

Una técnica donde se ha combinado aprendizaje con refuerzo con datos supervisados humanos, entrenadores humanos han dedicado tiempo para evaluar y calificar a esta plataforma y evaluar en cada caso. Con un módulo capaz de generar texto tal como lo haría un humano y otro para evaluar la calidad de estos resultados bajo los criterios que tendría un humano (Santana, 2022).

Al instalar esta aplicación para PC con sistema operativo Windows, la cual se descarga libremente de Internet, y al enviar a ejecutar la misma y preguntarle la definición para **ChatGPT**. (esta herramienta generó esta respuesta).

Soy ChatGPT, un modelo de lenguaje de inteligencia artificial desarrollado por OpenAI. Estoy diseñado para interactuar con las personas y proporcionar respuestas a una amplia variedad de preguntas y consultas, utilizando el procesamiento del lenguaje natural y técnicas de aprendizaje automático.

Mi entrenamiento se basa en grandes cantidades de datos de texto, que me permiten generar respuestas que a menudo son coherentes y relevantes para la pregunta o el tema en cuestión. A medida que las personas me hacen preguntas y proporcionan retroalimentación, mi capacidad para comprender y responder a las preguntas mejora con el tiempo.

Puedo responder preguntas sobre una amplia variedad de temas, desde ciencia y tecnología hasta cultura y entretenimiento. Siempre estoy disponible y listo para conversar y proporcionar información útil y precisa a cualquier persona que lo necesite.

2.2 Conclusiones Parciales.

- 1) Los controladores difusos diseñados proporcionan una posible vía de solución a problemas que aún permanecen abiertos a la investigación, como son el control de plantas con dinámicas complejas que involucran dinámicas de segundo orden, retardo de transporte o de fase no mínima y saturación en el control, lo que impone una dinámica no lineal dada por un elemento que no es n-diferenciable como lo es la limitación dada por (4.5) o similar.
- 2) La manufactura aditiva está transformando la producción y el IoT está cambiando la forma de como los productos se producen y se entregan a los consumidores.
- 3) Industria 5.0, será más humana, sostenible y resiliente, ejemplo es la herramienta chat GPT.

CAPÍTULO III

APLICACIONES EN LA INDUSTRIA: AUTOMOTRIZ, MÍNERA Y PETRÓLEO.

3.1 Automotriz.

3.1.1 Control de Estabilidad del Vehículo.

El sistema de control electrónico de estabilidad (ESC por sus siglas en inglés) actúa sobre el control dinámico del vehículo, ayudando a la seguridad en marcha y evitando la pérdida de dirección del vehículo a causa de un sobreviraje o subviraje. Actualmente se ha incorporado un sistema ESC en los vehículos para mejorar la seguridad activa y la disminución de siniestros fatales de tránsito, ante el gran crecimiento acelerado del parque automotor a nivel mundial.

La estabilidad del vehículo involucra sistemas electrónicos, entre los más usuales para el control tenemos el sistema de frenos antibloqueo (ABS por sus siglas en inglés) que permite variar la fuerza en el frenado para evitar la pérdida de adherencia y sistema de control de tracción (TCS por sus siglas en inglés) que reducen la potencia en las ruedas que deslizan con relación a la aceleración del vehículo. Incorporar estos sistemas en el vehículo requiere de pruebas experimentales exhaustivas, con lo que el desarrollo de aplicaciones de simulación en tornos virtuales ayuda a esta problemática y a comprender su funcionamiento en situaciones reales de conducción (Tumasov et al., 2019; Wang & Xue, 2004).

La simulación ha tomado gran fuerza en las últimas décadas que se insertan actualmente en sistemas avanzados de asistencia a la conducción y vehículos autónomos a partir de señales de ingreso. Se permite incluir objetos que pueden representar la interacción con otros vehículos, objetos fijos, peatones e incluso señalética horizontal y vertical de tránsito, llevando a reconstruir entornos más reales con la conducción diaria.

En la Figura 13, se tiene un entorno de simulación de un vehículo que considera una situación de colisión en la que un vehículo avanza hacia otro vehículo a una velocidad de 108 km/h, esta situación se corresponde con una prueba llevada a cabo por un Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos (Euro-NCAP por sus siglas en inglés), donde se han considerado los siguientes eventos para el vehículo que circula

por delante: estacionado, velocidad constante y desaceleración, y que impacta la estructura frontal del vehículo con la estructura trasera del otro.

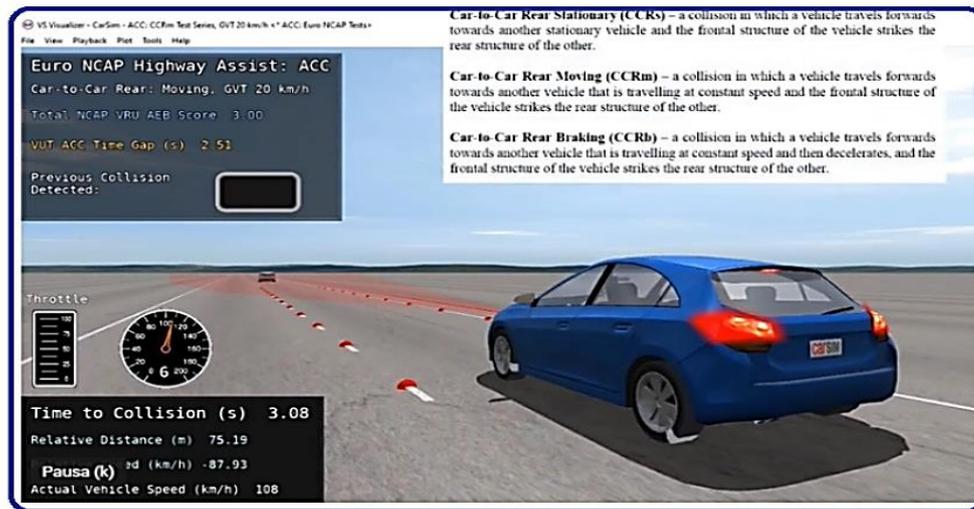


Fig. 13.- Software de Simulación en pruebas de conducción asistida para sistemas de asistencia en carretera, (Mechanical Simulation, 2022).

El empleo de un software de simulación, especialmente en el sector automotriz, ayuda a reducir una gran cantidad de pruebas de conducción, análisis dinámico del vehículo, desarrollo de controladores activos, evaluación del rendimiento de un automóvil y nuevos sistemas de seguridad activa. En la actualidad los programas de simulación permiten incorporar nuevas herramientas para realizar trabajos juntamente con otros paquetes informáticos, ayudando al desarrollo de modelos dinámicos integrados y de un elevado número de gravedad.

Una de las ventajas del empleo de estos programas informáticos es la solución de las ecuaciones de los modelos matemáticos. Fabricantes de equipos originales (OEM por sus siglas en inglés), Universidades y laboratorios de investigación, por la alta fiabilidad de los resultados y la estrecha concordancia con las predicciones y los ensayos experimentales; incluso se pueden desarrollar escenarios complejos, así como una secuencia de eventos que pueden surgir durante la conducción.

En el proceso de diseño y pruebas complejas de vehículos en el campo de la ingeniería se maneja con el uso de simulaciones por computadora antes de la concepción y construcción final de un producto. Podemos destacar el mercado de camiones de uso comercial en países como Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda, que los han

denominados trenes de carretera por las combinaciones del camión y los remolques. Esta categoría de vehículos se puede evaluar empleando simulaciones.

En la Figura 14 se dispone del modelado de un problema real en vehículos de gran tamaño, donde la ubicación del centro de masa, la transferencia de carga lateral y las vías estrechas para su circulación, inducen problemas de estabilidad, que con la aplicación de softwares se puede simular el umbral de vuelco, relacionado con la aceleración lateral que puede soportar un camión antes del accidente.

El tipo de camión que se simula es de tres ejes que incorporan un enganche de arrastre; a medida que una rueda se eleva al paso por curva la potencia del tren motriz se deriva a la rueda giratoria. Para ello se dispone en el entorno virtual de una superficie inclinada, que simula un comportamiento cuasiestático, hasta llegar al límite de vuelco, donde se evidencia el ángulo máximo de balanceo alcanzado por el vehículo es de 20 grados relacionado con 0.39 g de aceleración lateral.

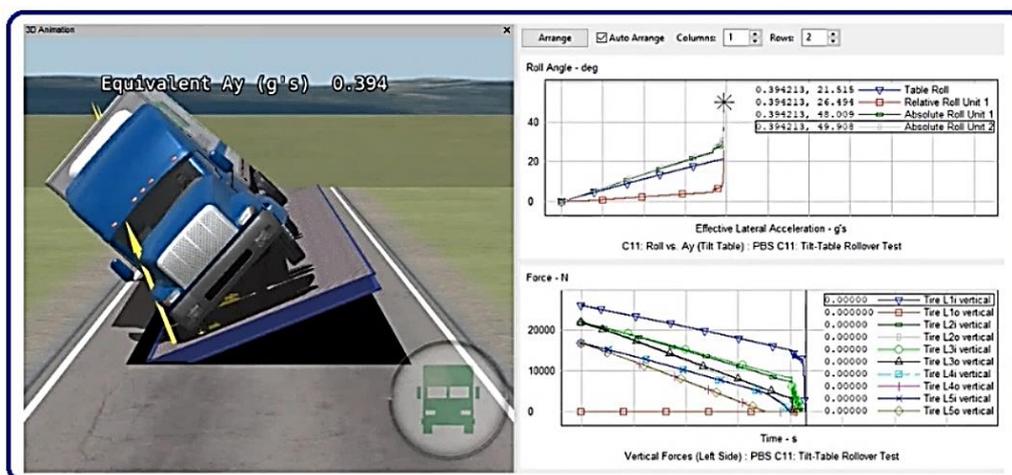


Fig. 14.-Tren de carretera simulado en TruckSim para maniobra de vuelco al paso por curva en función de la aceleración lateral, (Mechanical Simulation, 2022).

El desarrollo de algoritmos implementados en un sistema de control predictivo que conlleve a mantener el vehículo sobre la trayectoria definida por el conductor ante maniobras de esquiwa, precisa de una programación, que en muchos de los casos puede ser exhaustiva y compleja.

Abordar un problema de igual naturaleza desde un entorno de simulación, permite al usuario tener un mayor enfoque en un análisis de resultados, basados en incluir perturbaciones que afecten a la circulación del vehículo como: fenómenos de

interacción entre el neumático y la calzada, pérdida de adherencia, respuesta del automóvil y la función que desempeña cada uno de los sistemas. Los cuales aportan a refinar las soluciones numéricas y a reducir el nivel de accidentes, así como la reducción del nivel de lesiones que pueden sufrir los ocupantes.

El estudio y evaluación del sistema ESC se justifica por el aporte al control del vehículo en situaciones complejas de conducción, como son las maniobras de esquiwa, el paso por curva a velocidad alta y la distancia entre vehículos. La aplicación actual del sistema ESC en la mayor parte de vehículos puede aportar una mayor seguridad y una disminución de hasta un 31% de lesiones asociadas con siniestros de tránsito, debido al control de otros factores que confunden al conductor en el entorno del accidente (Lyckegaard et al., 2015; Papelis et al., 2010).

Si sumamos a todo esto las regulaciones establecidas por los gobiernos en todo el mundo exigen el uso a los vehículos la implementación de sistemas ESC, así como exigencias de cumplimiento de los estándares internacionales para el rendimiento de vehículos que no disponen de un sistema ESC incorporado. Las normas FMVSS 126 y ECE 13H se relacionan con regulaciones de los Estados Unidos y de la Unión Europea, respectivamente, para evaluar el comportamiento estable de un vehículo. La prueba de trayectoria en forma de una función seno con una etapa constante es muy común establecida en la norma para la evaluación de la estabilidad y con ello confirmar que el vehículo tiene un correcto funcionamiento del sistema ESC. Este método se puede extender a vehículos de turismo y camiones ligeros.

3.1.2 Conceptos Fundamentales.

El comportamiento en curva del automóvil en régimen estacionado presenta tres fases de circulación al paso por curva entre las que podemos mencionar:

- Giro de entrada, donde la velocidad de guiñada (ω) y la velocidad lateral (v) aumentan desde cero hasta alcanzar valores estacionarios durante el paso por curva, cabe indicar que ambas velocidades son una variación en el tiempo.
- Giro estacionario, se asume que las velocidades de guiñada y lateral, así también los ángulos de deriva del neumático son constantes. El automóvil describe una circunferencia de radio constante.

- Giro de salida, se puede observar una variación en el tiempo de las velocidades de guiñada y lateral, llegando a retornar a cero en el tramo recto.

3.1.2.1 Giro estacionario y transitorio.

Durante las fases de circulación del vehículo existe una fase permanente o de barrido que puede ser mayor a la transitoria en el caso de giros bruscos. En la Figura 15, se describe el desplazamiento de un vehículo a lo largo de una trayectoria curva, donde se puede definir una primera etapa que corresponde al giro de entrada, en esta situación el vehículo experimenta una reducción de la velocidad y se desplaza a una zona estacionaria.

Finalmente, pasa por una zona de salida, que corresponde a la última etapa de giro en el volante de dirección. Tanto el giro de entrada como el de salida se asocian con etapas transitorias al paso por curva, en el cual la velocidad depende del tiempo y empieza a existir a la entrada una desaceleración y a la salida una aceleración de la unidad, las dos condiciones son controladas por el freno de las ruedas y el acelerador del motor.

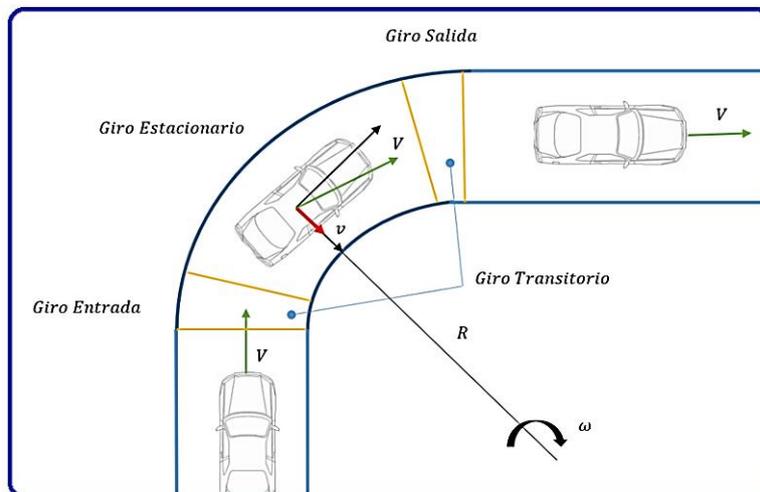


Fig. 15. -Circulación de un vehículo por régimen estacionario y etapas transitorias.

Entre los factores que influyen en el comportamiento direccional del vehículo, podemos identificar los propios del vehículo como: suspensión, dirección, neumáticos, propiedades inerciales; y propios del entorno como: peralte, superficie de rodadura, efectos aerodinámicos. Así mismo, las variables de control sobre el comportamiento direccional del vehículo ante eventualidades distintas a las de circulación tenemos los ángulos girados por las ruedas directrices, propias del conductor, y ángulos de deriva de los neumáticos ocasionadas por las fuerzas laterales.

La simulación del comportamiento direccional del vehículo debe contener las acciones de control y la dinámica del vehículo. Entre las acciones de control que se plantean en la investigación es el sistema de control de estabilidad electrónica. La predicción del comportamiento direccional de un vehículo se puede basar en un modelo simple de dos grados de libertad (DOF por sus siglas en inglés) que permite una resolución manual, así como requisitos mínimos de datos de partida.

Por otro lado, también tenemos un modelo complejo de n GDL, que constituye un sistema multicuerpo asociado a los subsistemas del vehículo, resolución de las ecuaciones de movimiento y requisitos elevados de los datos de partida.

3.1.3 Modelo de 2GDL.

El modelo simplificado del vehículo tipo bicicleta permite simular el comportamiento en un espacio bidimensional el movimiento asociado con la guiñada del vehículo y el trazado de curvas. Para ello se emplea los ejes coordenados establecidos por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE por sus siglas en inglés). Esto habilita evaluar un modelo de tres grados de libertad de un sólido rígido, el cual permite incluir una restricción relacionada con el ángulo girado por la dirección.

En la Figura 16, se tiene el modelo de bicicleta en el cual se ha definido al eje x como el eje longitudinal o de avance del vehículo y el eje y como el eje lateral que se asocia con la fuerza centrípeta. Se puede verificar que la ubicación del centro de masa G se ha definido con relación a las longitudes a y b . También se incluyó el ángulo de dirección del vehículo como δ , y los ángulos de deriva delanteros y traseros, definidos como β_F y β_R ; la medida del radio de curvatura se realiza con la variable R . Finalmente, el modelo contempla las velocidades delanteras, traseras y de guiñada como: V_F, V_R y ω , respectivamente.

Aplicar el modelo de la Figura 16, involucra que no hay transferencia lateral de carga, no se permite la transferencia longitudinal de la carga, el chasis del vehículo no experimenta ni balanceo, ni cabeceo. Las ruedas directrices giran lo mismo y no se verifica la condición de Ackerman, es decir, la batalla que corresponde a la suma de las distancias de a y b son mucho menos que el radio de curvatura que describe el vehículo.

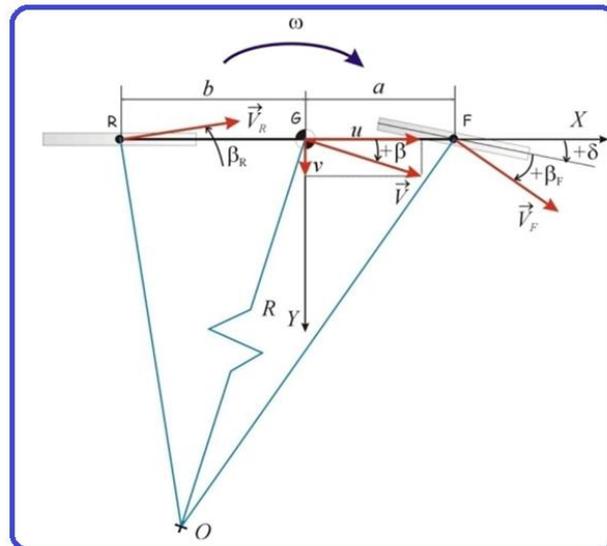


Fig. 16. -Modelo simplificado de 2 GDL que tiene movimientos de traslación y de giro.

3.1.3.1 Revisión de literatura.

El sistema ESC tiene su primera aparición en el año 1995, este sistema actúa sobre el control dinámico del vehículo en situaciones distintas a las normales de circulación. La presencia de subviraje o sobreviraje puede ser evitada por el sistema ESC, que actúa sobre el frenado de manera selectiva en las ruedas. En situaciones al paso por curva a elevada velocidad o durante maniobras de esquivas, se genera un movimiento de guiñada y este puede superar el límite de adherencia entre los neumáticos con la calzada, alterando el comportamiento normal del vehículo.

En vehículos eléctricos que incorporan una tracción independiente para cada rueda, los estudios del sistema ESC se enfocan en un control por medio de algoritmos que ayudan a la distribución del par en cada eje con relación a la carga dinámica en los neumáticos. Para el sistema de control emplean softwares como MATLAB[®]/Simulink y CarSim, respectivamente, para el modelado de la dinámica del vehículo. Investigaciones como la de (Zhai, 2016) evalúan el comportamiento de un vehículo de propulsión eléctrica en maniobras de simple y doble cambio de carril, así como trayectorias sinusoides (Zhai et al., 2016).

En el estudio de (Hou & Yang, 2019), el sistema ESC involucra el coeficiente de adherencia entre el neumático y la calzada, el cual se estimó con el método de filtro de Kalman extendido, ideal para un problema no lineal, y se diseñó un controlador difuso para el control de estabilidad del vehículo; demuestran que una combinación del sistema

de dirección a las 4 ruedas (4WS por sus siglas en inglés) con el ESC, aportan en la mejora de la estabilidad de la dirección (Hou & Yang, 2019). Se ha visto que en el sistema ESC, se prioriza en todo momento el control del par de guiñada para una trayectoria definida, especialmente a velocidades elevadas, donde la distribución del par motriz a la rueda se ha logrado con un control basado en lógica difusa (Hua et al., 2017).

El empleo de softwares de simulación, como CarSim, se ha utilizado en el estudio de las propiedades dinámicas de un vehículo en concreto; las precisiones de la simulación dependen del realismo del modelo o los datos experimentales empleados. En la investigación de (Kinjawadekar et al, 2009) emplean una metodología para la medida de datos del vehículo y determinación de parámetros para un automóvil en CarSim, validando el modelo con pruebas experimentales a partir de la maniobra senoidal con permanencia, así como una fuerte discusión de un sistema ESC funcional y su efecto en el manejo.

Trabajos como (Tamaddoni et al, 2012), desarrollan estrategias de control robusto evaluadas en maniobras de cambios de carril, calculando el ángulo óptimo de la dirección y el par de guiñada, como parte de la estabilidad del vehículo. Los resultados de la simulación indican que el algoritmo reduce de manera considerable la velocidad lateral, de guiñada y balanceo, favoreciendo a la conducción cuando las acciones del conductor sobre el volante son limitadas. Algoritmos de control predictivo que considera perturbaciones a la entrada del controlador, permite considerar efectos de la interacción del neumático con la superficie, así como la respuesta que ofrece un sistema de suspensión. Estos algoritmos se evalúan con relación a la eficacia en el control de variables de interés (Brown et al., 2012).

En investigaciones de (Yim et al, 2016), establecen un control al par de guiñada formulando como un problema de optimización, que coordina el porcentaje de frenado con el sistema ESC. Para el caso en que la fuerza lateral sobre el neumático de la dirección supera el límite del fabricante, se añaden restricciones al problema inicial de optimización. La simulación demuestra una alta eficiencia en la coordinación del sistema ESC y la dirección delantera activa (AFS).

En un estudio similar, se define el par de guiñada para la estabilidad del vehículo con un controlador PID, el rendimiento del sistema de control se evalúa con simulaciones,

comparando por una parte el rendimiento del sistema con situaciones distintas a las normales de circulación, como son: sólo con control AFS, sólo con control ESP y sin control, dando resultados eficaces en la dinámica de la conducción (Chu et al., 2012; Xu et al., 2021). Considerando un comportamiento no lineal se estima que el controlador puede resultar complejo de modelar, para lo cual se pueden implementar aproximaciones, basadas en técnicas de control difuso para evaluar el control sobre el par de guiñada que ayuden a disminuir efectos de sobre viraje o subviraje en la conducción (Jin et al., 2010; Xia & Wang, 2012).

Como se ha presentado hasta ahora, la seguridad activa es un componente esencial en el vehículo, aunque se ha logrado grandes avances en este campo de estudio, aún existen espacios que se pueden mejorar, tal es el caso del deslizamiento que pueden sufrir los neumáticos y el coeficiente de adherencia neumático-calzada; estos elementos tienen gran importancia en la estabilidad del vehículo.

Estudios como el de (Arat et al, 2012), dedican su investigación al ángulo de deslizamiento dinámico, basado en la toma de datos de un sensor y un sistema de observación, con ello se plantea un control adaptativo del vehículo, donde los parámetros se basan en la rigidez del neumático. La validación del modelo y sistema de control se lo realiza en una maniobra de esquivas de doble cambio de carril, con distintos coeficientes de adherencia, dando resultados óptimos de adaptación a la superficie de circulación.

Para simplificar el coste computacional se han desarrollado controladores semiactivos sólo para una cuarta parte del vehículo en comparación con vehículos completos, como se describe en la investigación de (Anaya-Martínez et al, 2020), que discuten las relaciones entre las prestaciones del control vertical y efectos de la suspensión como elemento de estabilidad del vehículo.

Se dispone en la literatura aplicaciones enfocadas recientemente a sistemas de control integrados del chasis en conjunto con el sistema ESC, con la finalidad de ayudar a la conducción y estabilidad en amplias condiciones de circulación sin interferencias de los subsistemas del vehículo, tal es el caso de la investigación de (Jaafari y Shirazi, 2018). Se aplica un modelo implementado en MATLAB[®]/Simulink para el sistema de control y el software CarSim para los parámetros dinámicos del vehículo. Ante eventualidades de emergencia durante la conducción, el sistema ESC se emplea como controlador,

determinando regiones estables del automóvil, basando su estudio en técnicas de optimización por enjambre de partículas.

Los controles implementados en función de la velocidad de guiñada del vehículo tienen un estudio amplio. (Her et al, 2013), plantea un control a partir de un modelo simplificado del neumático, para un análisis de la correspondencia entre la distribución de par de giro y la dinámica del vehículo. Para ello emplea algoritmos supervisados en bucle cerrado implementados en MATLAB®/Simulink-CarSim, que involucran al conductor, vehículo y controlador.

(Lundahl et al, 2014), establece un control óptimo aplicado a un modelo de cuatro ruedas, considerando las reacciones producidas en el contacto neumático-calzada, concluyendo que la ganancia en términos de seguridad es buena en correspondencia a los enfoques tradicionales del par de guiñada.

El control aplicado a la presión de los cilindros de las ruedas para que actúe en el sistema ESC, ha sido tema de investigación, con el fin de determinar la presión de frenado en cada rueda que permita la activación o desactivación de determinadas válvulas durante su funcionamiento en el caso de vehículos de gran dimensión (Seo et al., 2018).

Políticas gubernamentales, como el caso de la Comisión Nacional de Transporte (NTC por sus siglas en inglés) de países como Australia, desarrollan estándares de seguridad basados en el rendimiento de un vehículo pesado, que incluye: capacidad de arranque, pendiente máxima, guiado en trayectoria y capacidades de aceleración, entre otros. Los Software de simulación tienen un papel fundamental en los análisis numéricos para representar vehículos de grandes dimensiones y el estudio de la estabilidad y rendimiento en carretera (Duprey et al., 2012).

Problemas latentes con la estabilidad de los vehículos, especialmente los pesados, es la situación de vuelco, que se relaciona con una elevada ubicación del centro de masa, elevadas cargas y vías estrechas. Estudios asumen estos problemas con modelos matemáticos de tres y dos grados de libertad (DOF por sus siglas en inglés), como es el estudio presentado por (Zhao y Taheri, 2012), que predicen la transferencia de carga lateral y estiman la condición de vuelco, elaborando un algoritmo de control basado en la guiñada del vehículo y la dirección de las ruedas directrices.

En la Figura 17, se aprecia la trayectoria descrita por un vehículo en la maniobra de anzuelo, donde el usuario después de un corto recorrido con el vehículo genera una maniobra de volante y contravolante a tal punto de fijar en una posición la dirección. Estas maniobras se pueden estudiar en el software TruckSim para evaluar el control de estabilidad en condiciones de vuelco; los resultados demuestran que el sistema de control mejora en gran medida la estabilidad del vehículo.

En el trabajo desarrollado por (Ying et al, 2016), se modela un sistema ESC utilizando los softwares MATLAB®/Simulink y CarSim, respectivamente, para la estimación de parámetros dinámicos con relación a un determinado vehículo, donde se evalúa la funcionalidad del sistema empleando maniobras de senoide con permanencia.

En vehículos que se comercializan en Estados Unidos a partir del 2011 en adelante se deben equipar con sistemas ESC y cumplir el método de pruebas estipuladas en reglamento denominado Normas Federales de Seguridad de Vehículos Motorizados (FMVSS 126 por sus siglas en inglés) en otros países fuera de norte américa tenemos la Comisión Económica para Europa (ECE13-H por sus siglas en inglés), que indica los requisitos de rendimiento de los sistemas de control de estabilidad. El objetivo de estas adaptaciones es la disminución del número de fallecidos y lesiones ocasionadas por colisiones, en situaciones que el conductor puede perder el control sobre la dirección.

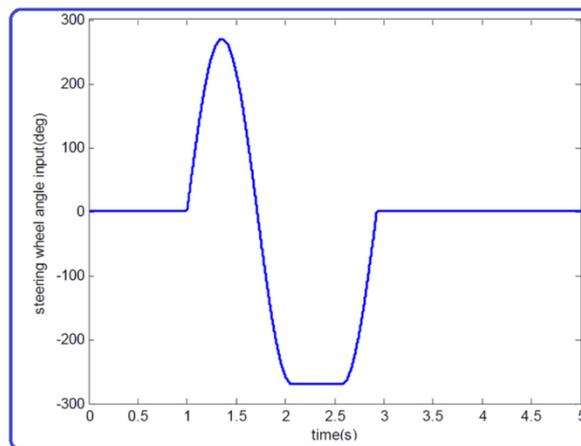


Fig. 17.- Maniobra de anzuelo para el estudio de la estabilidad y condición de vuelco de un vehículo, (Ren et al., 2014).

En la Figura 18, se muestra una prueba para evaluar al sistema ESC que se define en las regulaciones FMVSS 126 y ECE13H, que corresponde a una maniobra de cambio de dirección donde el vehículo a una velocidad ligeramente da 80 km/h en condiciones de

deslizamiento se aplica un control en la dirección, que describe una trayectoria sinusoidal con un tramo prolongado al final de la prueba.

Los vehículos comercializados en la Unión Europea, permite que las maniobras de cambio de carril se las pueda desarrollar en simuladores para un grupo determinado de vehículos, situación que no contempla las reglamentaciones en los Estados Unidos. Los resultados del ensayo experimental se basan en tres momentos específicos relativos al inicio del movimiento de la dirección por parte del usuario.

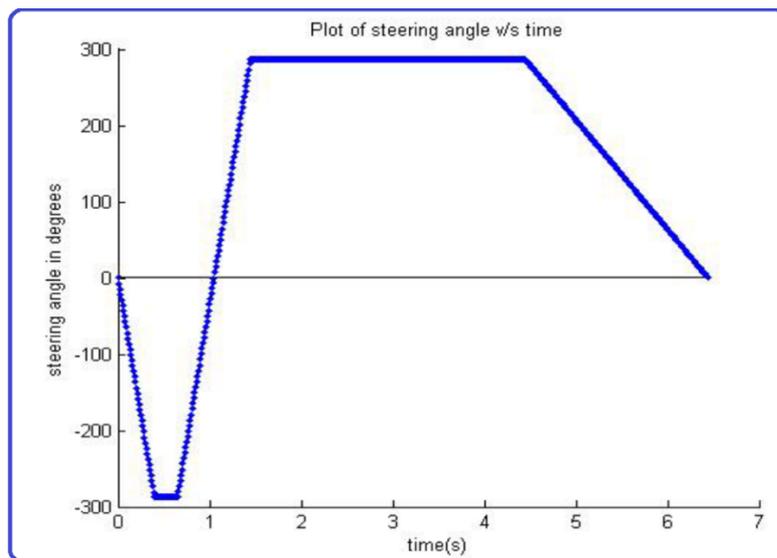


Fig. 18.- Maniobra sinuosa con permanencia (Sine with dwell), (Bhattacharyya, 2005)

La incorporación de un sistema ESC en vehículos de dos ruedas es aún más compleja y es un problema no bien resuelto por los investigadores, ya que el par de guiñada depende de la interacción entre el vehículo y las acciones que toma el conductor, como es el caso de la inclinación. Estudios actualmente se han enfocado a situaciones reales de circulación de los vehículos de dos ruedas, considerando situaciones de frenado en curvas a elevadas velocidades, para ello se han establecido diferentes parámetros de radio de curvatura (de Filippi et al., 2011).

Desde un contexto entendible, se puede modelar el sistema ESC a partir del control de la dirección asistida electrónicamente, con la formulación de ecuaciones diferenciales y el modelado de la simulación en softwares como MATLAB®/Simulink. Todo ello, con el fin de cuantificar la mejora de la dirección y la estabilidad del vehículo (Ma & Zhan, 2015; Yim et al., 2016).

3.2 Trituración

Para lograr triturar cierto material se parte de una cantidad promedio, que esta alrededor de 30 000 toneladas diarias en una trituradora del tipo que se elija. Las mismas son depositadas sobre ésta y las rocas son fracturadas hasta los 80 milímetros de diámetro. Por su parte (Wills, B., & Napier, 2008), considera que la conminución o reducción de tamaño de la piedra, se da de aproximadamente de 1.5 metros a 300 micrones.

Seguidamente, y continuando en la línea de producción aparecen las bandas trasportadoras que conducen el material hasta el molino semiautógeno SAG, que es un molino giratorio tipo tambor, que entrega un material a su salida reducido a un máximo de 27 milímetros. En la etapa que sigue, la trituración continúa y las partículas no superan los 0.15 milímetros, el equivalente a una arena fina. Después, se pasa a las celdas de flotación que es un proceso físico, que usa agua, aire y colectores no contaminantes (ECSA, 2010).

3.2.1 Almacenamiento y transporte al puerto.

El concentrado de cobre contiene un 30 % de cobre puro, un 9 % de humedad y se almacena en depósitos cubiertos. El transporte al puerto se realiza con la ayuda de camiones y una capacidad normal de transportación diaria de 600 toneladas de concentrado. El proceso de carga de los buques es seguro, operando a través de bandas trasportadoras y brazos cargadores.

El material sobrante de la voladura, molienda y flotación va a las escombreras y piscinas de relevantes. Área técnicamente preparada para una rápida revegetación y rehabilitación al final del proceso. (ECSA, 2010).

Como se mencionó anteriormente después de la extracción de los minerales de la tierra, éstos deben ser preparados para el mejor uso o mejor procesamiento. El primer paso es la reducción gradual del material duro hasta convertirlo en polvo fino, con la ayuda de un circuito de trituración que exige mucha energía para su correcto funcionamiento. La estimación porcentual de energía consumida en las etapas de tratamiento y beneficio para obtención de Cu (ECSA, 2012), son como se muestran en la Figura 19.

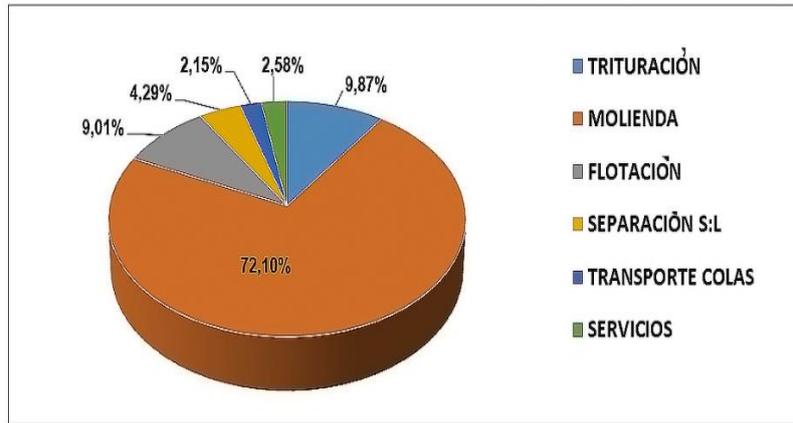


Fig.19.- Informe del Proyecto Estratégico Minero “Mirador”. Fuente:(ECSA, 2012).

Por las razones antes expuestas el objetivo del sistema de automatización que se utiliza en la minería, tiene por contexto el de aumentar la eficiencia y la productividad, así como ayudar a apoyar a la operación con información.

3.2.2 Tipos de trituradoras primarias.

Algunos de los componentes de una trituradora de cono típico y todo su equipamiento asociado, es decir, de alimentación, cintas transportadoras y pantallas, se pueden encontrar en algunos de los concentradores chilenos y se representa a continuación en la Figura 20, donde se ve el esquema de una trituradora con los diferentes factores que afectan al proceso de reducción de tamaño, de un material de flujo a través de la tolva de trituración (Whiten, 1972), (Hatch, C., & Mular, 1982).

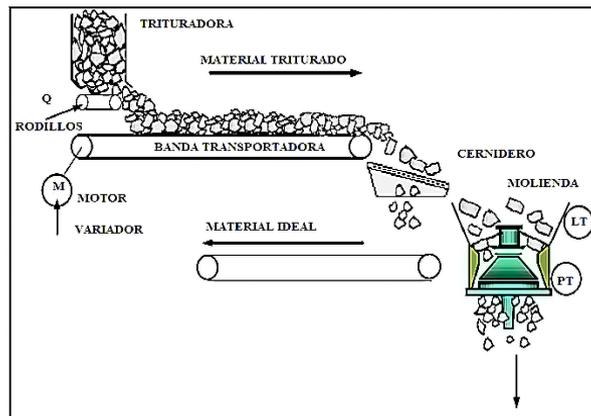


Fig.20.- Un triturador cono y sus componentes asociados, Fuente:(Hatch, C., & Mular, 1982).

En las trituradoras primarias se aplican fuerzas de rotura por medio de compresión o impacto, las del tipo de mandíbula giratorias son las trituradoras primarias por

comprensión más comunes. En éstas la fuerza se aplica lentamente (en comparación con las máquinas de impacto), resultando en la abrasión y la escisión de la fractura.

En las trituradoras de impacto se aplica una fuerza de impacto de alta velocidad, sobre las partículas de roca utilizando martillos o barras de golpe. La velocidad de entrada de la energía es mucho mayor y esto causa que las partículas se rompan. Las trituradoras de impacto pueden alcanzar relaciones de reducción más altas que las de mandíbulas giratorias, pero éstas están limitadas por los altos índices de desgaste por abrasión y por lo tanto se limitan a las rocas más suaves (Li, Z., Ren, H., & Gan, 2015), (Staples, P., Lane, G., Braun, R., Foggiatto, B., & Bueno, 2015).

Las trituradoras de mandíbulas han existido por casi 175 años, estas se distinguen por la presencia de dos placas, una de las cuales es fija y otra que se abre y luego se cierra entre las dos superficies. Hay tres tipos de trituradoras de mandíbulas: Blake, Dodge, y Universal, se clasifican de acuerdo a la ubicación del punto de pivote de la mandíbula oscilante. El tipo más común de la trituradora de mandíbulas hoy es el de Blake, patentada por Eli Whitney Blake en 1858 (Weiss, 1985).

Para la selección de la trituradora tipo mandíbula debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos (Li, Z., Ren, H., & Gan, 2015), (Weiss, 1985):

El carácter petrográfico de la roca

El índice de la abrasión del agregado

- La resistencia mecánica de la roca
- El índice de trabajo, o quebrantamiento de la roca
- La fragilidad de la roca
- La descamación de la roca
- El tamaño de alimentación
- El tamaño del producto deseado (o relación de reducción)
- El rendimiento a triturar (toneladas por hora)
- Los costos de operación a largo plazo.

Las trituradoras de mandíbulas son máquinas grandes, y resistentes, capaces de aplastar grandes cantidades de materiales duros y abrasivos. Se emplean típicamente como

tritadoras primarias dentro de las plantas de procesamiento de agregados. Estas trituradoras son comúnmente más deseadas por su tamaño y boca abierta.

Las placas de una trituradora de este tipo se utilizan para aplicar fuerzas de compresión, que inducen tensiones de tracción dentro de las partículas, causando su fractura. Las partículas se muerden varias veces hasta que pasan a través de la cámara de trituración. El proceso de rotura se produce entre las placas de las mandíbulas y actúa simultáneamente con un proceso de clasificación. El proceso de clasificación define si o no, una partícula se somete a trituración y depende de los ajustes del tamaño de la trituradora y de las partículas (Donovan, 2003), (Lane, G., Foggiatto, B., & Bueno, 2013), (Foggiatto, 2017).

Para la selección y diseño de una trituradora tipo mandíbula se debe tomar en cuenta: la predicción de la potencia a la que va a trabajar, el modelo teniendo en cuenta la dureza y facilidad de trituración del material, es decir, la capacidad o el rendimiento de este tipo de trituradoras se define más adecuadamente mediante el tamaño del producto, la energía que consume según el tamaño de la trituradora y por mantener las tasas de producción de destino (Donovan, 2003), (Jani, K., Jari, H., Martti, L., Heikki, H., & Miettunen, 2005).

3.3 Industria Petroquímica.

En la industria se presenta un experimento en grande de lo que se revisó en el laboratorio, la función de la industria petroquímica, es transformar el gas natural y algunos derivados de petróleo en materias primas; las cuales representan la base de diversas cadenas productivas.

Así el gas tiene una alta composición de Etano, polietileno que se vende como plásticos, por ejemplo, bolsas. De igual manera pasando por un proceso físico o químico, cuya base es el petróleo se obtienen las botellas. Hidrocarburo es aquel compuesto químico orgánico que tiene una mezcla de, en la Figura 21, se muestra los petroquímicos básicos y no básicos.

Petroquímicos básicos	Petroquímicos no básicos
<ul style="list-style-type: none">▪ Etano▪ Metano,▪ Pentano,▪ Propano,▪ Butanos,▪ Naftas,▪ Materia prima para negro de humo▪ Otros (incluye hexano y heptano)	<ul style="list-style-type: none">▪ Amoniaco,▪ Benceno,▪ Dicloroetano,▪ Etileno,▪ Metanol,▪ Óxido de etileno,▪ Paraxileno,▪ Propileno,▪ Tolueno,▪ Xilenos, y▪ Otros

Fig.21.- Derivados de la petroquímica básicos y no básicos.

3.3.1 Columnas de Destilación.

Una de las formas de comprender el refinamiento de petróleo es a través de columnas de destilación binaria.

En el artículo de (Huick, K., De Branbanter, F., Logist, F., De Branbanter, J., Imper, V., & De Moor, 2011), se describe la identificación de una columna de destilación binaria empleando el método de Mínimos Cuadrados para máquinas de Soporte Vectorial, Least Squares Support Vector Machines (LS-SVM), los actuadores y sensores son conectados a un Compact Field Point (National Instruments, Austin), con una interfaz controlada con cFP-2100 y módulos de E/S cFP-AIO-610 y cFP-AI-110. El programa desarrollado para el control de los actuadores y el registro, es LabVIEW™ (National Instruments, Austin).

Así también, en la Universidad Pontificia Católica de Chile, específicamente en la facultad de Química se ha desarrollado un equipo construido en acero inoxidable con capacidad de 50 L, que posee dos calefactores sumergidos en el hervidor (de 2000 W cada uno) y una bomba peristáltica para regular el flujo de refrigerante para el condensador parcial. Está seccionada en 5 partes, en orden ascendente: estanque hervidor, columna empacada, condensador parcial, recolector de destilado y condensador total.

La instrumentación está dada por 8 Pt-100, 1 sensor de densidad, 2 sensores de flujo (condensador parcial y destilado) y 1 sensor de potencia. Las señales son adquiridas y

emitidas desde un notebook con el programa LabView™ mediante los módulos de National Instruments™. El sistema de destilación está instalado en una estructura de aluminio más planchas de melamina y acrílico, la dimensión de todo el sistema es 780x1700x1978 mm, tal como se muestra en la Figura 22.

En Ecuador en la Universidad Politécnica Nacional, se encuentra la Facultad de Química con la carrera de Ingeniería en Petróleos, donde se pueden apreciar varios tipos de columnas, entre ellas la que se rescata la del tipo por platos.

El sistema esta automatizado con SIEMENS, y su SCADA es TIA portal V12. Este destilador es continuo, aunque normalmente son del tipo Batch, porque el sistema va cambiando en el tiempo, es decir, al principio se tiene un medio con una alta concentración de producto.

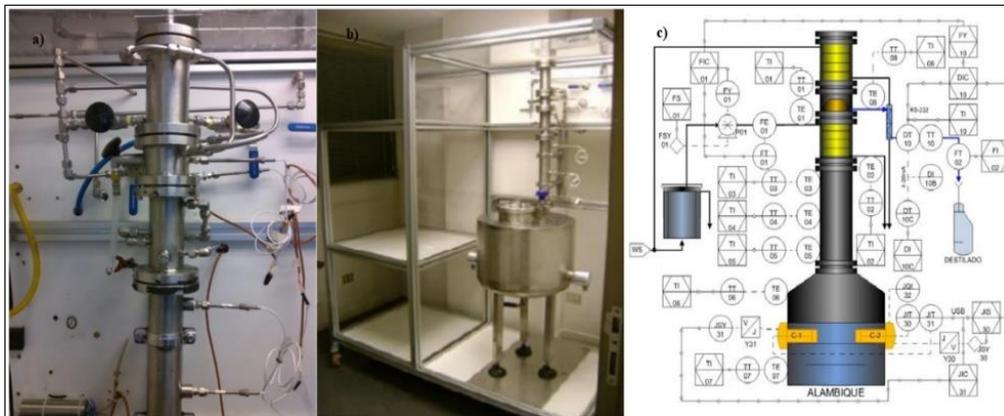


Fig.22.- En las fotografías a y b se muestran una columna de destilación de tres platos, con las respectivas Pt-100 en cada plato, además a la derecha se muestra parte del programa realizado para la adquisición y control de algunos parámetros de esta columna, Fuente: Autor.

3.4 El proceso de Extrusión.

se utiliza para la producción de productos básicos en diversos sectores industriales como el envasado, productos para el hogar, en la industria automotriz, en la aeroespacial, en la marina y la construcción.

También se aprecian tales productos en aplicaciones eléctricas, electrónicas y médicas. A pesar de este éxito, (Abeykoon, C., Li, K., Marion McAfee, M., Martin, J.,& Irwin, 2011). se plantea que el monitoreo térmico eficaz y el control del perfil de la temperatura a lo largo del barril de la extrusora siguen siendo un problema.

La extrusión de polímeros es un proceso complicado. Una línea de extrusión típica se muestra en la Figura 23. En la misma no se muestran las diferentes zonas de calor necesarias para fundir el polímero para simplificar el dibujo.

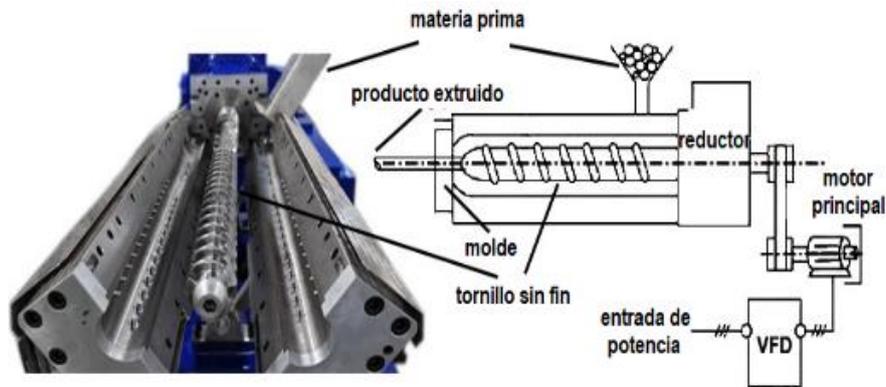


Fig.23.- Composición de una extrusora

La materia prima entra en la extrusora en forma sólida, siendo transportado continuamente por el tornillo sin fin de la extrusora, en el cilindro de la extrusora el polímero se derrite y se bombea hacia la matriz o molde de salida. El éxito de la extrusión de polímeros se basa en producir un producto de alta calidad a una alta tasa de producción.

La calidad del producto de la extrusión se garantiza mediante el control automático de las temperaturas en las diferentes zonas que pueden estar en el barril, controlando la presión que se ejerce sobre el polímero fundido contra el molde.

Generalmente se desea tener un modelo matemático para verificar las bondades del control automático antes de instalar todos los medios técnicos de automatización e implementar el controlador por realimentación elegido según las exigencias al desempeño.

Tan temprano como en 1974 (Tadmor, Z., Lipshitz, S., & Lavie, 2012). se propuso un modelo teórico para la simulación del funcionamiento dinámico de un extrusor de plastificación. El modelo es un sistema de ecuaciones diferenciales parciales y puede ser recomendado como una herramienta para estudiar diversas situaciones dinámicas de interés en la operación de un extrusor. Se discuten varias respuestas a los cambios en las condiciones de operación. Se dan conclusiones de gran interés tales como:

- El control de la velocidad de flujo mediante el ajuste de la apertura o cierre gradual de una válvula de control en la matriz parece causar picos locales elevados en la presión,
- Su control a través de la velocidad del tornillo parece ser "satisfactorio".

Estas conclusiones dirigen la selección de las variables de control desde la presión hacia la velocidad de rotación del tornillo sin fin, manteniéndose la temperatura como la primera variable a controlar.

Así las cosas, estamos en presencia de dos variables de salida y dos variables de entrada como son la corriente que pasa por las resistencias eléctricas de las zonas de temperatura y la frecuencia aplicada como entrada del pre actuador “variador de frecuencia” (VFD).

3.5 Conclusiones Parciales.

- 1) En la academia se puede usar una columna de destilación binaria para explicar el proceso de refinamiento de petróleo, ya que al ser una mezcla binaria es más sencilla su comprensión.
- 2) Introducir en la parte de enfriamiento de la planta de extrusora, genera un nuevo tipo de perturbación en la salida del producto.
- 3) Formular analíticamente las restricciones (saturaciones) en los actuadores de la extrusora para considerarlas en el control del proceso de extrusión.

CONCLUSIONES

- 1) De la búsqueda realizada de la industria 4.0 en la industria automotriz, minera y de petróleo, se encontró que el criterio común en todos los campos es dar solución al consumo energético y mejorar la eficiencia a través del control automático de los diferentes procesos.
- 2) El desarrollo de un ambiente virtual, es un mundo espejo, es donde mientras más sentidos se involucren en la simulación, mayor será su nivel de inmersión y por tanto su proceso de simulación. Destacándose que, si es para un tema académico, se debe considerar el corte pedagógico que se desea alcanzar.
- 3) En Google se puede tener información para creación de códigos QR.
- 4) La realidad virtual no es lo mismo que la aumentada, ya que en esta última solo se añade información al entorno real, en cambio la virtual permite inmersión completa en un entorno totalmente nuevo, como un laboratorio, un mundo postapocalíptico, o un planeta desconocido.
- 5) En el aprendizaje basado por Proyectos, el proyecto no es el fin, sino el medio para lograr el aprendizaje. Por ejemplo, es mucho más fácil pedirle a un niño que aprenda sobre programación, mientras se le pide a un niño que desarrolle un proyecto, que si se le quiere simplemente a codificar. El proyecto es la excusa para generar el aprendizaje en los estudiantes, de tal manera que los estudiantes busquen los conocimientos necesarios para generar el conocimiento, incluso si el docente no los ha explicado.

RECOMENDACIONES

- 1) El desarrollo de prototipos del proceso de molienda o trituración del cobre a escala de laboratorio, para uso didáctico con características únicas, facilita la didáctica de los docentes en la parte académica.
- 2) Se debe usar otros tipos de columnas de destilación y usar algunos simuladores como por ejemplo MATLAB[®]/Simulink.
- 3) Probar en otras aplicaciones en las industrias del cemento, etc., tales como el temple, el recocido, revenido, cementación, el precalentamiento, endurecimiento, envejecimiento artificial, recocido blando y secado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeykoon, C., Li, K., Marion McAfee, M., Martin, J., & Irwin, G. (2011). Extruder Melt Temperature Control with Fuzzy Logic. Preprints of the 18th IFAC World Congress. Milano (Italy).
- Anaya-Martinez, M., Lozoya-Santos, J.-D.-J., Félix-Herrán, L. C., Tudon-Martinez, J.-C., Ramirez-Mendoza, R.-A., & Morales-Menendez, R. (n.d.). Control of Automotive Semi-Active MR Suspensions for In-Wheel Electric Vehicles. <https://doi.org/10.3390/app10134522>.
- Anitha, S., Lakshmipriya, R., Noble, D., & Mahalakshmi, R. (2015). Fuzzy Logic Based Boiler Drum Level Control in Power Plant. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*. Vol. 5 Issue 2.
- Arat, M. A., Singh, K., & Taheri, S. (2012). An Adaptive Vehicle Stability Control Algorithm Based on Tire Slip-Angle Estimation. *SAE Technical Papers*, 8. <https://doi.org/10.4271/2012-01-2016>.
- Bauer, I., & Cuello, T. (2022). "Desde automatización de FDM 3D hacia Autonomación Dinámica (Jidoka): Detección temprana de errores utilizando una webcam y convolutional neural networks para el procesamiento de imágenes," 2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), San Juan, Argentina, pp. 1-6, doi: 10.1109/ARGENCON55245.2022.9939867.
- Benavides, J., Jara, D., Salinas, E., & Pesantez, M. (2022). Laboratorios Virtuales para la enseñanza de Sistemas Avanzados de Control, en Minería y Petróleo. *Biblioteca Colloquium*. Recuperado a partir de <http://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/126>.
- Brown, R., Mazza, M., Le, D., & Murugan, M. (2012). Comparison of generalized predictive control algorithms using a full vehicle multi-body dynamics model. *SAE Technical Papers*, 8. <https://doi.org/10.4271/2012-01-1932>.
- CCOO Industria. (2017). *Secretaría de Estrategias Industriales. La digitalización y la Industria 4.0, Impacto Industrial y Laboral*. Madrid, Madrid-España. Recuperado de <https://industria.ccoo.es/4290fc51a3697f785ba14fce86528e10000060.pdf>.

- Cesar de Prada., Santos Galán-Casadoc., Pitarchd, J., Sarabia, D., Galán, A., & Gutiérrez, G. (2022), Gemelos digitales en la industria de procesos. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. 19 (3). pp. 285-296.
- Creus, A. (2007). Instrumentación Industrial. 7th Edition. Alfaomega, ISBN: 970-15-1150-2.
- Creus, A. (2022). Neumática e Hidráulica. II Edition. Alfaomega, ISBN: 978-607-707-152-5.
- Das, K., & Das, Y. (2013). Design of a Room Temperature and Humidity Controller Using Fuzzy Logic. American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN: 2320-0936. Volume-02, Issue-11, pp-86-97. 2013.
- Donovan, J. (2003). Fracture Toughness Based Models for the Prediction of Power Consumption, Product Size, and Capacity of Jaw Crushers (Tesis Doctoral). Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Fracture-Toughness-Based-Models-for-the-Prediction-Donovan/c4723d7c35be34f74e4445c2b11cf86023da02b3>.
- Dorantes., & Dante, J. (2005). Automatización y Control, Prácticas de laboratorio México Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill 9789701047941.
- Duprey, B., Sayers, M., & Gillespie, T. (2012). Using TruckSim to Test Performance Based Standards (PBS). SAE Technical Papers, 8. <https://doi.org/10.4271/2012-01-1919>.
- de Filippi, P., Tanelli, M., Corno, M., & Savaresi, S. (2011). Enhancing active safety of two-wheeled vehicles via electronic stability control. IFAC Proceedings Volumes, 44(1), 638–643. <https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.00697>.
- ECSA. (2010). ECUACORRIENTE. Recuperado de <http://www.ecuacorriente.com/>.
- ECSA. (2012). Informe del Proyecto Estratégico Minero Mirador, Socialización al Medio Externo. Recuperado de <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/ecuacorriente-sa-ecuacorriente>.
- Elayan, E. (2014). Design of heuristic fuzzy logic controller for liquid level control. Fifth International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation

2014.

ESSS, (2002). Curso de innovación en la ingeniería, presentado por Marcus Reis.

Fracaro, S. G., Glassey, J., Bernaerts, K., Wilk, M. (2022). Immersive technologies for the training of operators in the process industry: A Systematic Literature Review. *Computers & Chemical Engineering*, 107691. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2022.107691.

González, D., Pérez, J., Milanés, V., & Nashashibi, F. (2016). A review of motion ' planning techniques for automated vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 17 (4), 1135–1145. DOI: 10.1109/TITS.2015.2498841.

Grieves, M. (2019). Virtually Intelligent Product Systems: Digital and physical twins. In: S. Flumerfelt, et al. (Ed.), *Complex systems engineering: Theory and Practice*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Ch. 7, pp. 175-200. DOI: 10.2514/5.9781624105654.0175.0200.

Hernández, M., Vallejo, A. & Morale, R. (2019), *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*,13 (3). pp. 947-966. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>.

Hatch, C., & . Mular, A. (1982). Simulation of the brenda mine ltd. secondary crushing plant. *Mining Engineering*. pp. 1354–1362.

Her, H., Yi, K., Suh, J., & Kim, C. (2013). Development of Integrated Control of Electronic Stability Control, Continuous Damping Control and Active Anti-Roll Bar for Vehicle Yaw Stability. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(21), 83–88. <https://doi.org/10.3182/20130904-4-JP-2042.00152>.

Hidalgo, C., Marcano, M., Fernández, G., & Pérez, J. (2020). Maniobras cooperativas aplicadas a vehículos automatizados en entornos virtuales y reales. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 17(1), 56–65. <https://doi.org/10.4995/riai.2019.11155>.

Hou, Y. L., & Yang, Y. (2019). Research on coordinated stability control of automobile 4ws and esp system based on road surface. *Proceedings - 2019 4th International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation*,

ICECTT 2019, 85–88. <https://doi.org/10.1109/ICECTT.2019.00026>

Hua, Y., Jiang, H., & Geng, G. (2017). Electronic differential control of 2WD electric vehicle considering steering stability. *AIP Conference Proceedings*, 1820. <https://doi.org/10.1063/1.4977347>.

Huick, K., De Branbanter, F., Logist, F., De Branbanter, J., Imper, V., & De Moor, D. (2011). Identification of a Pilot Scale Distillation Column: A Kernel Based Approach. En: *Preprints of the 18 th IFAC World Congress, Milano, Italy*, pp. 471–476.

Intrumentación y Control. (2009). Recuperado de: <http://www.youtube.com/watch?v=nI5a6zqiDf0&list=PLC2E5176AA4E80177>.

Jaafari, S., & Shirazi, K. (2018). Integrated vehicle dynamics control via torque vectoring differential and electronic stability control to improve vehicle handling and stability performance. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Transactions of the ASME*, 140(7). <https://doi.org/10.1115/1.4038657>.

Jani, K., Jari, H., Martti, L., Heikki, H., & Miettunen, J. (2005). Image Analysis Based Control of Copper Flotation. En: *Proceedings 16th IFAC World Congress, Praga, República Checa*, pp. 1-6.

Jin, L. Q., Song, C. X., & Li, J. (2010). Control algorithm of combination with logic gate and PID control for vehicle electronic stability control. *Proceedings - 2nd IEEE International Conference on Advanced Computer Control, ICACC 2010*, 2, 345–349. <https://doi.org/10.1109/ICACC.2010.5486659>.

Kaewwiset, T., & Yodkhad. P. (2017). Automatic Temperature and Humidity control system by using Fuzzy Logic Algorithm for Mushroom nursery. *International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*, IEEE.

Khalesi, Z., & Dehghani, M. (2017). Blood Glucose Control for Type I Diabetes Mellitus Considering Time Delay 25th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE).

Kinjawadekar, T., Dixit, N., Heydinger, G., Guenther, D., & Salaani, M. (2009). Vehicle Dynamics Modeling and Validation of the 2003 Ford Expedition with ESC

- using CarSim. <https://doi.org/10.4271/2009-01-0452>.
- Lane, G., Foggatto, B. & Bueno, M. (2013). Power-based comminution calculations using Ausgrind. En: 10th International Mineral Processing Conference Gecamin. Santiago, Chile. pp. 85-96.
- Lattarulo, R., Marcano, M., Pérez, J. (2017a). Overtaking maneuver for automated driving using virtual environments. In: International Conference on Computer Aided Systems Theory. Springer, pp. 446–453. DOI: 10.1007/978-3-319-74727-9 54.
- Lattarulo, R., Pérez, J., Dendaluce, M. (2017b). A complete framework for developing and testing automated driving controllers. IFAC-Papers On Line 50 (1), 258–263.
- Lee, C. (1990). Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller. Part I. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Vol. 20. No. 2. p. 404-418.
- Li, Z., Ren, H., & Gan, D. (2015). Laws of energy consumption distribution and energy saving way during magnetite ore grinding process. Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University, 36, pp. 189–192.
- Lundahl, K., Olofsson, B., Berntorp, K., Åslund, J., & Nielsen, L. (2014). Towards Lane-Keeping Electronic Stability Control for Road-Vehicles. IFAC Proceedings Volumes, 47(3), 6319–6325. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.02578>
- Lyckegaard, A., Hels, T., & Bernhoft, I. (2015). Effectiveness of Electronic Stability Control on Single-Vehicle Accidents. Traffic Injury Prevention, 16(4), 380–386. <https://doi.org/10.1080/15389588.2014.948618>.
- Ma, Z., & Zhan, C. (2015). System Stability and Control Strategy of Electric Power Steering. International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS).
- Mahapatro, S., Subudhi, B., & Ghosh, S. (2014). Adaptive Fuzzy PI Controller Design for Coupled Tank System: An Experimental Validation. Third International Conference on Advances in Control and Optimization of Dynamical Systems March 13-15, Kanpur, India. 2014.
- Marcano, M., Matute, J., Lattarulo, R., Martí, E., Pérez, J. (2018). Low speed

- longitudinal control algorithms for automated vehicles in simulation and real platforms. Complexity 2018. DOI: 10.1155/2018/7615123.
- Martínez, B., Sanchis, J., García-Nieto, S., & Martínez, M. (2021). Control por rechazo activo de perturbaciones: guía de diseño y aplicación. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. 18 (3), pp. 201-217.
- Marra, S., Petros, D., Lambre, J., Veiga, R., & Aveleyra, E. (2020). "Desarrollo de un Osciloscopio con Realidad Aumentada para un Curso Introductorio de Ingeniería Electrónica [Not available in English]," 2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON), Resistencia, Argentina, 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/ARGENCON49523.2020.9505331.
- Maxim, A., Copot, D., Copot, C., Ionescu, C. (2019). The 5w's for controlas part of industry 4.0: Why, what, where, who, and when—a PID and MPCcontrol perspective. *Inventions* 4 (1), 10.DOI:10.3390/inventions4010010.
- Ogata, K. (1996). *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*, II edición, ISBN: 0-13-034281-5. México. Prentice Hall, páginas 4-12.
- Peyton, R., Presti, D., Martínez, J., Videla, F., & Torchia, G. (2020) "Desarrollo de experiencias para la enseñanza y difusión de la Óptica con impresión 3D [Not available in English]," 2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON), Resistencia, Argentina, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ARGENCON49523.2020.9505322.
- Pitalúa-Díaz., Herrera, Ne., Velázquez, L., Álvarez, C., & Munguía, N. (2013). Controlling Indoor Benzene Concentrations using a Fuzzy System. 16th IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing. August 25-28, San Diego, California, USA.
- Rodríguez, A. (2008). *Comunicaciones Industriales, Sistemas de Regulación y Control Automático* Barcelona, España Primera Edición 2008 Marcombo 108426715109.
- Rodríguez, A. (2012). *Sistemas SCADA España* 3ra. Edición. 2012 Marcombo 9788426717818
- Romero, P., Romero, E., Cruz, M., Pantigozo, A., Cabrera, M., & Ibarra-Cabrera, M.

- (2021)"Augmented Reality Application "HardwareAR" to improve the learning of internal components of a computer," 2021 XVI Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), Arequipa, Peru, 2021, pp. 397-403, doi: 10.1109/LACLO54177.2021.00049.
- Salamanca Diaz, D. (2015). "Creating educational content with Augmented Reality applying principles of the cognitive theory of multimedia learning: Comparative study to teach how to fly a drone (quadcopter)," 2015 10th Computing Colombian Conference (10CCC), Bogota, Colombia, 2015, pp. 456-462, doi: 10.1109/ColumbianCC.2015.7333461.
- Santana, C. (2022). ChatGPT - el Hype, los Desafíos y el Futuro. Recuperador de: <https://www.youtube.com/watch?v=ndT-3ACvnsQ>
- Santana, I., Ferre, M., Hernández, L., & Aracil, R. (2010). Aplicaciones de sistemas de laboratorio a distancia en asignatura de regulación automática. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7 (1), pp. 46–53.
- Seo, M., Yoo, C., Park, S.-S., & Nam, K. (2018). Development of wheel pressure control algorithm for electronic stability control (ESC) system of commercial trucks (Topic) – 1 – All Databases. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s18072317>
- Shafto, M., Conory, M., Dolye, R., Glaessgen, E., Kemp, C., LeMoigne J., Wang, L. (2010). DRAFT Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Technology Area 11.
- Shome, A., & D. Ashok. D. (2012). Fuzzy Logic Approach for Boiler Temperature & Water Level Control. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol 3, Issue 6, ISSN 2229-5518.
- Sotomayor, J. (2012). Diapositivas de presentaciones de Perú.
- Sriranjan, S., Lattarulo, R., Pérez-Rastelli, J., Ibanez-Guzman, J., Pena, A. (2017). Lateral controllers using neuro-fuzzy systems for automated vehicles: A comparative study.
- Staples, P., Lane, G., Braun, R., Foggiatto, B., & Bueno, P. (2015). Are SAG mills losing market confidence?. En: 6 th International Autogenous and Semi-

- Autogenous Grinding Technology. Vancouver, Canada. pp. 1-17.
- Tadmor, Z., Lipshitz, S., & Lavie, R.(2012). 'Dynamic model of a plasticating extruder', POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE., 1974, 14, p.112
- Tamaddoni, S. H., Taheri, S., & Ahmadian, M. (2012). Robust Optimal Control of Vehicle Lateral Motion with Driver-in-the-Loop. SAE Technical Papers, 8. <https://doi.org/10.4271/2012-01-1903>
- Tang, X., Du, H., Sun, S., Ning, D., Xing, Z., & Li, W. (2016) Takagi-Sugeno fuzzy control for semi-active vehicle suspension with an magneto-rheological damper and experimental validation. TMECH. 2619361, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics.
- Tumasov, A., Vashurin, A., Trusov, Y., Toropov, E., Moshkov, P., Kryaskov, V., & Vasilyev, A. (2019). The Application of Hardware-in-the-Loop (HIL) Simulation for Evaluation of Active Safety of Vehicles Equipped with Electronic Stability Control (ESC) Systems. Procedia Computer Science, 150, 309–315. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.02.057>
- Weiss, N. (1985). Jaw Crushers SME Mineral Processing Handbook. New York, N.Y: Society of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers.
- Whiten, W. (1972). The Simulation of crushing plants with models developed using multiple spline regression. En: 10 th Internacional Symposium on the Application of Computer Methods in the Mineral Industry. Johannesburg, Sudafrica. pp. 317-323.
- Wills, B., & Napier, T. (2008), Will's Mineral Processing Technology, 7th, Elsevier. ISBN: 0-7506-4450-8.
- Xia, C., & Wang, J. (2012). A study of vehicle dynamics stability based on fuzzy control. Advanced Materials Research, 403–408, 5107–5111. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.403-408.5107>
- Yim, S., Kim, S., & Yun, H. (2016). Coordinated control with electronic stability control and active front steering using the optimum yaw moment distribution under

a lateral force constraint on the active front steering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 230(5), 581–592. <https://doi.org/10.1177/0954407015590037>.

Zhai, L., Sun, T., & Wang, J. (2016). Electronic Stability Control Based on Motor Driving and Braking Torque Distribution for a Four In-Wheel Motor Drive Electric Vehicle. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 65(6), 4726–4739. <https://doi.org/10.1109/TVT.2016.2526663>

Cada libro de Colección Tinta & Pluma es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación doble ciego por especialistas en la materia. Lo invitamos a ver el proceso de dictaminación de este libro transparentado en nuestra plataforma.



Ediciones Tinta & Pluma se especializa en la publicación de conocimiento científico en español e inglés en soporte de libro digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación, comités y ética editorial, acceso abierto, medición del impacto de la publicación, difusión, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

ISBN: 978-9942-619-09-9



Tinta&Pluma
Editorial

