Capítulo I: Introducción

* Introducción. Agua como recurso limitado. Problema de los sistemas críticos. Problema del agua como sistema crítico a través de sistemas de sistemas/ciudades inteligentes. Presentación del problema (se dice qué hacer, pero no cómo).
* Antecedentes
* Planteamiento del Problema
* Justificación
* Objetivos
* Metodología

Esta propuesta adopta la metodología de investigación holística, por lo tanto, aunque existan múltiples enfoques de percibir un sistema (mediante herramientas para observar, conocer y entender lo percibido cualitativamente y cuantitativamente), estos más que pensamientos contrarios, se consideran complementarios. De esta forma, en esta propuesta se entiende que la investigación es un proceso continuo y organizado el cual pretende conocer algún evento (característica, proceso o situación) y obtener respuestas a una necesidad (Hurtado, 2012).

* Estructura del Documento

Capítulo II: Marco Teórico

* Ciudades Inteligentes
* Industria 4.0
  + SCF
  + IIoT
  + Manufactura Inteligente
  + Analítica de datos
* I4.0: Gemelo Digital
* Planteamiento del gemelo digital en manufactura
* Proceso de cómo construir un Gemelo Digital
* Modelo de conocimiento
* Modelo formal híbrido
* Sistemas holónicos (Visión del proyecto)
* WSS (Sistemas de suministro de agua potable) hacia la I4.0
* Visión: A partir del concepto de I4.0, y de procesos industriales (CSF), se plantea (como referencia) una solución desde el punto de vista holónico, teniendo la información para tomar decisiones.

Capítulo III: Desarrollo

* Plantear el proceso como modelos UHP
* ¿Cómo simular el comportamiento UHP \*\*
* Propuesta \*\*
* Caso de estudio:
  + Hidrológicas
  + Descripción de la potabilización
  + Descripción del Modelo Híbrido
  + Condiciones de Operación
  + Propuesta de supervisor y coordinador (Condiciones)

Capítulo IV: Implementación

* Epanet
* MATLAB
* ¿Cómo hacer la simulación híbrida o partida? \*\*
* Simulación

Conclusiones y Recomendaciones

Determinar los modelos de comportamiento de la unidad de potabilización (Modelo de comportamiento del proceso, flujo del producto y recursos).

Establecer las condiciones de conmutación de los modelos obtenidos desde el punto de vista de sistemas a eventos discretos.

Generar el modelo de comportamiento desde el punto de vista de los sistemas híbridos.

Implementar el modelo de comportamiento de la unidad de potabilización en un ambiente de simulación.

Establecer condiciones para generar el gemelo digital e incorporarlas al ambiente de simulación.

En [109] se define un holón como una unidad autónoma y cooperativa, capaz de transformar, transportar, almacenar y/o validar información y objetos físicos. Tiene la autonomía de crear y controlar la ejecución de sus propios planes mientras interactúa con otros holones; tal cooperación permite desarrollar un plan entre holones para llevar a cabo la meta del sistema.

En [109] se propone que un holón en el proceso de producción debe estar compuesto por tres partes esenciales: un cuerpo, donde se desarrollen los procesos de transformación, transporte y almacenamiento; una cabeza, donde se desarrolle la toma de decisiones de la unidad, basada en el conocimiento del proceso y los recursos disponibles, acciones realizadas por dispositivos físicos y humanos en interacción; por último un cuello, que representa la interfaz entre los componentes previos, conformado por las tecnologías que transportan la información. (véase figura \ref{fig-holon})

[fig-holon]

Por su parte, PROSA (Product Resource Order Staff Architecture) presenta una estructura que describe los elementos que hacen a una unidad autónoma ser un holón, estos son: Orden, Producto y Recursos (véase figura \ref{fig-prosa}). Cada holón es responsable de un aspecto del control de manufactura, ya sea logístico, de planificación tecnológica o de capacidades de recursos, respectivamente. [104]

[fig-prosa]

Los tipos de holones del modelo PROSA se describen brevemente a continuación: [104]

\begin{itemize}

\item Un holón de orden representa una orden de un cliente, orden interna, orden de reparación, de recursos, entre otras. Es responsable de manejar el producto físico en producción, el modelo del estado del producto y el procesamiento de información relacionada a la producción.

\item Un holón de producto contiene el conocimiento del proceso y la producción, para asegurar la calidad en la realización del producto. Maneja información acerca del ciclo de vida del producto, diseño del proceso, modelos del producto, entre otras, con el fin de monitorear la eficiencia y calidad en la unidad de producción.

\item Un holón de recurso contiene la parte física de un recurso necesario para el proceso de manufactura y una parte de manejo de información para controlar el recurso. Contiene métodos y procedimientos para la asignación y organización de los recursos.

\end{itemize}

Un sistema holónico de producción no es más que alcanzar la cooperación entre distintos holones, cuya finalidad es obtener una visión completa de la unidad, desde la toma de decisiones hasta los procesos de máquina en el nivel más bajo (véase figura unidad holonica la otra). Este tipo de sistemas ofrece autonomía a los módulos individuales u holones, lo que permite generar respuestas a las perturbaciones del proceso de forma rápida, de igual forma se añade la habilidad de reconfiguración del proceso en caso de enfrentar nuevos requerimientos de producción. [108] Los sistemas holónicos proveen flexibilidad y adaptabilidad tal como los esquemas heterárquicos, manteniendo la estabilidad y optimización global de los esquemas jerárquicos. [62]

[unidad holonica la otra]

En la holarquía, los holones en diferentes niveles se comportan como un todo autónomo y como partes cooperantes, donde los mecanismos de toma de decisión son heredados del esquema jerárquico, de forma vertical, mientras los modelos de las entidades se integran de forma horizontal y vertical, para establecer el plan global, e individualmente un plan a seguir para cada unidad. Tal dualidad autonomía – cooperación es balanceada por el modelo de conocimiento, el cual define el comportamiento del sistema mediante condiciones de funcionamiento. Es así como una empresa holónica, está constituida por unidades holónicas, con las mismas características cabeza – cuello – cuerpo descritas previamente para un holón de producción [108] (véase figura empresa holónica)

En el modelo referido de la figura TAL [108], se propone que el manejo del conocimiento en una empresa holónica es llevado a cabo por tres entes: Gestor, Programador, Ejecutor; la cooperación de estos elementos permite generar tres mecanismos de toma de decisión cuyos modelos son considerados a eventos discretos, que reciben la información discretizada proveniente de los modelos del proceso, los cuales son continuos en cada etapa.

Sistema de Gestión: Se encarga de realizar tareas de planificación y evaluación de órdenes de producción. Realización de las diferentes formas de obtener un producto según la factibilidad de ejecución y los recursos disponibles. Genera el esquema de supervisión que va a ser utilizado por el supervisor en tiempo real.

Sistema de Coordinación/Supervisión: Hace seguimiento y evalúa las secuencias de operaciones en tiempo real. Debe realizar la sincronización entre etapas e informar de fallos en caso de ser necesario, de modo que el planificador pueda adaptarse a los cambios.

Sistema de Ejecución/Control: Seguimiento de las variables del proceso, detección de alarmas, evalúa la condición de equipos. Debe determinar el estado del proceso y del flujo de producto, para verificar las condiciones en la entrada y salida del proceso. Encargado de indicadores, alarmas y estados del sistema.

[empresa holónica 108]

Los atributos claves de un sistema holónico: autonomía, cooperación, proactividad y reactividad, hacen de ellos una solución eficiente para la ejecución del plan de producción, adaptándose a los requerimientos no programados del proceso, como solicitudes de urgencia, cambios en ordenes, fallas de recursos y demás inconvenientes que puedan afectar el buen funcionamiento de la planta.

En los procesos de producción se deben describir simultáneamente dos modelos:

• Modelo de modos de operación

• Modelos de comportamiento para el modo de operación

con el fin de determinar el flujo de producto y flujo de proceso.

Sin pérdida de generalidad, se puede decir que una dinámica de un proceso puede representarse como

SDC(U, Y, X, f(.,,.;..), h(.,;..),,x(0)), (1)

donde

U: es el espacio de las entradas,

Y: es el espacio de las salidas,

X: es el espacio de estados,

: es el espacio de los parámetros.

x(0) : Condición inicial del sistema

(.,.,.;.):XxUx→X, función de transición de estado,

(.,.;.):Xx→Y, función de salida,

Como estamos hablando de equipos/plantas/unidades cuyo flujo de producto es continuo, se requiere definir los modos de operación de una unidad. Así, sin perder generalidad tenemos que todo equipo/planta/unidad, inicia, opera, y se para, asociado a estados de arranque, operación y parada. Con la salvedad que la parada puede efectuarse por parada condicionada por finalización de producción o por falla y la operación puede ser normal o degradada. Una descripción más precisa de los modos de operación la podemos definir como: arranque (A), Vacio (V), Operando (O), Parado (P). Para cada modo se debe tener un modelo de comportamiento que puede estar dado en función de su desempeño como Normal (N), Degradado (D), Fallo (F).

Así para Modo , con comportamiento J, según lo definido en (1), se tiene

(2) .

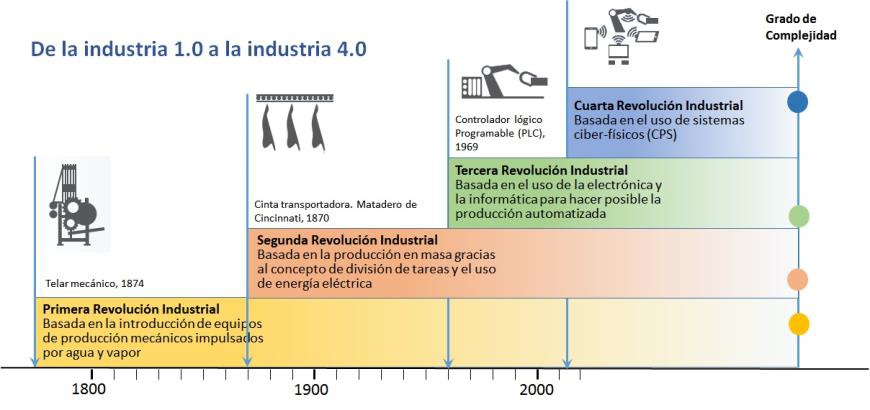
donde

.

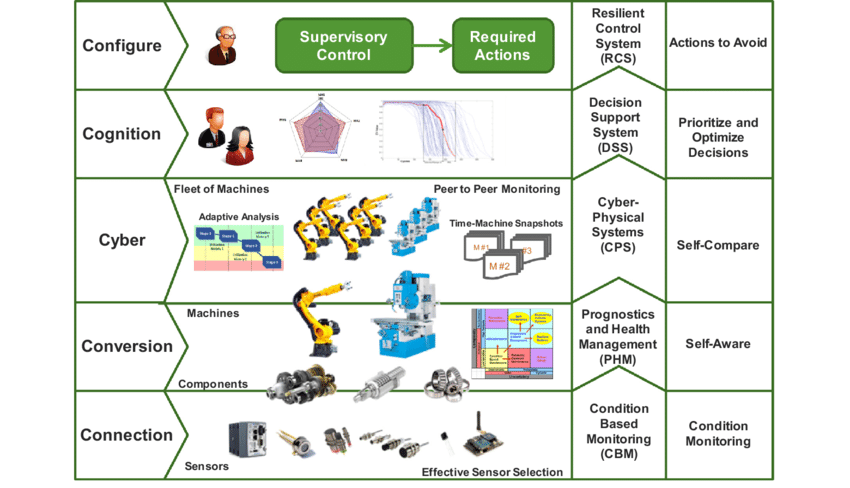
que definen las regiones de operación y por lo tanto la conmutaciones están definidas como:

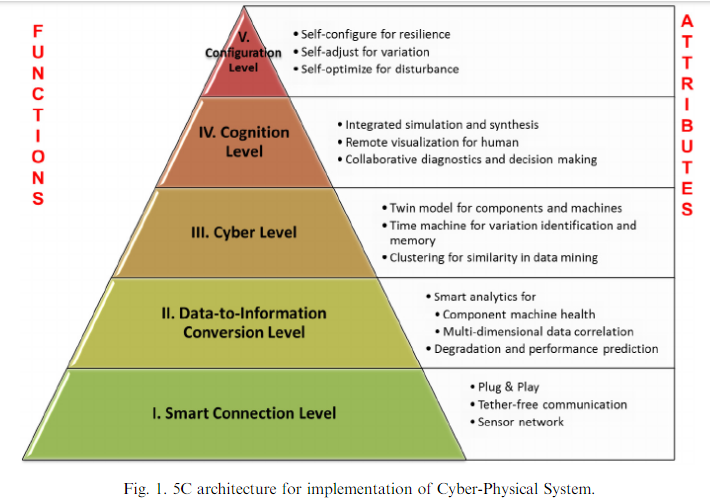
Estas conmutaciones para todo j se presenta en la figura

·



[12]

[66]



[66]

Sistemas Ciber-Físicos



[63]

Sistemas de suministro de agua potable hacia la I4.0

