

# Ingeniería de Sistemas

## Contexto histórico

Por Federico Cirett Galán

[fcirett@industrial.uson.mx](mailto:fcirett@industrial.uson.mx)

# Contexto histórico

- ¿Qué es “sistema”?
- Proviene del latín **systema**.
- A su vez, basado en la palabra griega **systema**. Significa “reunión, conjunto, agregado”.
- Objeto o ente complejo, cuyos componentes se relacionan al menos con algún otro componente.

# Contexto histórico

- Teoría general de sistemas
- Cada ciencia enfoca sus estudios desde su punto de vista:
  - Política: organización administrativa y política
  - Economía: organización comercial
  - Geografía: estructuras físicas
  - Filosofía: Patrones de pensamiento, la vida e ideologías

# Contexto histórico

- **Ciencia de Sistemas:**
- Entiende a los humanos y su entorno como partes de sistemas que interactúan entre sí.
- El objetivo es estudiar ésta interacción desde múltiples perspectivas, **holísticamente**.
- Inherente a este enfoque es necesario una perspectiva histórica, contemporánea y futurista.

# Contexto

- Debemos comprender que las creencias y conocimientos de cualquier era son influenciados por paradigmas contemporáneos.

# Paradigma escolástico

- Era una filosofía completa que entretrejía la moralidad y sistemas celestiales con el mundo físico, la idea era unir creencia y conocimiento:
  - La naturaleza era viva, entonces mortal, vulnerable y finita.
  - El Universo y la naturaleza del tiempo era posible de entender.
  - La Salvación del alma era el problema más importante a resolver.

# Paradigma escolástico

- Escolástica:
  - Las ciencias naturales estaban subordinadas a la teología.
  - La meta de la ciencia era demostrar la correlación entre el mundo y la verdad espiritual.
  - El conocimiento era de naturaleza enciclopédica.
  - La estructura de la sociedad era influenciada por el Cielo y reflejaba un orden divino.
  - Las ciudades medievales tenían forma de crucifijo, por funcionalidad, además de simbolismo religioso.

# Paradigma escolástico

- Escolástica:
  - El desarrollo científico solo era reconocido si apoyaba a la religión.
  - La religión era considerada superior en caso de un conflicto de interés.
  - El Orden Divino y la Verdad eran reveladas a los humanos a través de la Iglesia.
  - La curiosidad era considerada un pecado.
  - Las primeras universidades eran consideradas como resguardo del conocimiento divino.



# Paradigma escolástico

- Escolástica:
  - La alquimia no se distinguía de la química
  - Usar la **razón** era considerada una ofensa contra el misterio.
  - En física existían:
    - Tierra
    - Agua
    - Aire
    - Fuego
    - Quintaesencia (Éter)
    - Magnetismo

# Manifestaciones de comportamiento humano

## **Pecados**

- Orgullo
- Codicia
- Lujuria
- Envidia
- Glotonería
- Ira
- Pereza

## **Virtudes**

- (Cardenales)
- Justicia
- Prudencia
- Fortaleza
- Templanza
- (Divinas)
- Fe
- Esperanza
- Amor

# El paradigma del Renacimiento

- A partir del siglo XVI, es reconocida la capacidad de la ciencia de describir fenómenos para descubrir conocimiento.
- La introspectiva de la escolástica es remplazada por el entendimiento de la realidad externa.
- La ciencia se convierte en generadora de nuevas tecnologías.

# El paradigma del Renacimiento

- Las explicaciones teológicas (la idea de que los sistemas físicos son guiados hacia un fin) son abandonadas gradualmente.
- En lugar de estas las leyes naturales fueron formuladas, derivadas de bases matemáticas o de deducciones a partir de observaciones.
- Sólo factores que influyen directamente el curso de los eventos son considerados.

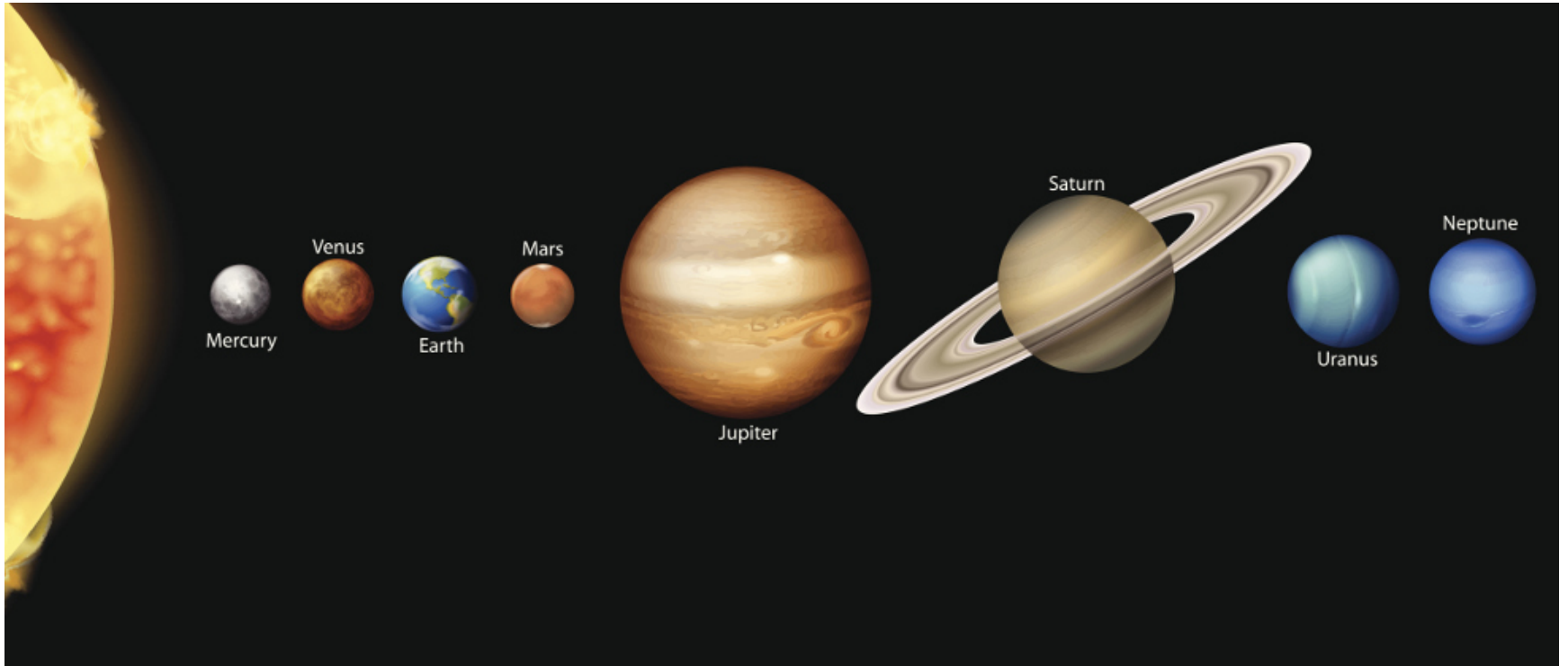
# El paradigma del Renacimiento

- Las fundaciones de la Revolución Científica con su pensamiento matemático físico y método experimental, son establecidas.
- El desarrollo de la astronomía fue una nueva forma de lidiar con la existencia humana.

# El paradigma del Renacimiento

- Nicolas Copérnico (1473-1543) introduce el concepto de un sistema heliocéntrico.
- Giordano Bruno (1548-1600) lanza las ideas del Universo infinito y múltiples mundos poblados.
  - Murió quemado en la hoguera por la Iglesia.
- Tycho Brahe (1546-1601) desarrolló una técnica elaborada de observaciones para seguir el movimiento de los objetos celestes.

# Astronomía



# El paradigma del Renacimiento

- Galileo Galilei (1564 - 1642) inventó el telescopio y gracias a su acercamiento experimental y matemático, se le considera el primer científico moderno
- Como investigador, diferenció entre propiedades cuantitativas y cualitativas



# El paradigma del Renacimiento

- René Descartes (1596 – 1650), considerado el primer racionalista, contribuyó con su separación entre la Iglesia y la ciencia.
- Con la *Revolución científica*, se establecieron las universidades europeas, y consideradas como un conducto al desarrollo rápido.
- Las primeras universidades se desarrollaron y pronto vieron la necesidad de guardar sus intereses. Y así han seguido por 500 años...

# El mecanicismo e indeterminismo

- Inicia a principios del siglo XVIII
- Tradición y especulación fueron reemplazadas por racionalismo y empiricismo
- Lo inexplicable era “ciencia aún no descubierta”
- La realidad era exacta, formulada, explícita y es posible controlar las fuerzas naturales

# El mecanicismo e indeterminismo

- El mundo físico es una máquina, y todas sus subfunciones pueden ser calculadas y un evento en una parte del mundo puede tener consecuencias en el otro extremo.
- Hombres y animales son seres mecánicos muy elaborados

# El mecanicismo e indeterminismo

- Isaac Newton (1643-1727) la persona más importante en cuanto matemáticas y físicas de la era
- Presentó su trabajo *Principia*, donde establece un universo mecánico independiente de un orden espiritual
- Pierre Simon de Laplace (1749-1827) utiliza las leyes de Newton para calcular tanto el pasado como el futuro del universo

# El mecanicismo e indeterminismo

- El trabajo Laplace parece indicar que todos los problemas en el Universo pueden ser resueltos con **interpolación y extrapolación**
- El conocimiento perfecto del pasado, nos permitirá conocer perfectamente el futuro

# El mecanísismo e indeterminismo

- La idea del universo como un mecanismo de relojería es establecida
- Este universo, al que le “dio cuerda” su creador, trabaja bajo las leyes de la naturaleza
- Como un relojero es a sus relojes, así es Dios a la Naturaleza



# El mecanicismo e indeterminismo

- Una causa medible, siempre produce un efecto medible en cualquier sistema racional
- Causas idénticas impuestas en sistemas racionales idénticos, producen efectos idénticos
- Entonces una relación causa/efecto explica toda la existencia, donde la primer causa es Dios

# El mecanicismo e indeterminismo

- La libertad de albedrío es una ilusión
- La libertad y el sentido no tienen propósito en un universo determinístico
- La causa explica los efectos completamente



# Reduccionismo

- El Reduccionismo afirma que las teorías científicas que aplican en un nivel, pueden ser explicadas en otro nivel, con deducción
- La realidad y las experiencias pueden ser reducidas a un número indivisible de elementos básicos
- Las propiedades cualitativas pueden ser reducidas a cuantitativas

# Reduccionismo

- Color
  - ¿Todos vemos el mismo color?
  - Podemos reducir el color a longitud de onda
  - O también a códigos RGB
- Amor y Odio
  - Reducidos a secreciones de nuestras glándulas

# Reduccionismo

- Reduccionismo en las ciencias
  - Física:
    - Átomo, con masa y energía
  - Biología:
    - La célula
  - Psicología:
    - Instintos arquetipos
  - Lingüística:
    - Fonemas

# Reduccionismo

- Reduccionismo:
- Disectar conceptualmente / físicamente
- Aprender las propiedades / comportamientos de las partes separadas
- De las propiedades de las partes, deducir las propiedades / comportamiento del todo

# Reduccionismo

- No se considera la participación del medio ambiente
- El laboratorio científico prescinde del medio ambiente o entorno
- El laboratorio científico estandariza las condiciones
- Sólo las variables observadas son estudiadas

# Reduccionismo

- Se establece el Método Científico, cuya finalidad última es:
  - Entender
  - Describir
  - Controlar
  - Predecir
  - Explicar
  - Prescribir (en ciertos casos)

# Reduccionismo

- Se establece el Método Científico:
  - Reducción de la complejidad mediante análisis
  - Desarrollo de hipótesis
  - Diseño y replicación de experimentos
  - Deducción de resultados y rechazo de hipótesis

# Reduccionismo

- Hasta ahora hemos visto:
  - Paradigma escolástico
  - Paradigma Renacimiento
  - El mecanismo
  - Reduccionismo



# Relativismo

- Einstein (1879-1955) introdujo su teoría *especial* de la relatividad en 1905
  - Un evento es definido por 4 números:
    - 3 para su posición en el espacio
    - 1 para el tiempo en que ocurrió
- Esto contradice las leyes de Newton de gravitación
- En 1915, Einstein introduce su teoría general de la relatividad

# Relativismo

- La masa de los objetos curva el espacio / tiempo en un universo tri-dimensional, aún cuando los objetos existan en línea recta en un universo de 4 dimensiones
- Dos eventos aparentemente simultáneos para un observador, pueden ocurrir en diferente tiempo para otro

# Mecánica Cuántica

- Max Planck (1858-1947)
- La luz puede comportarse como una pequeña entidad “quantum” o como una onda
- El foco de la investigación pasó de estudiar objetos a analizar procesos, transiciones, transformaciones
- Las ciencias pasaron de explicar y definir las ciencias naturales a ser algo inexplicable, confuso y amenazador

# Mecánica Cuántica

- Werner Heisenberg (1901-1976)
- Principio de incertidumbre de Heisenberg:
  - Se puede medir la velocidad de una partícula, pero no su posición
  - Se puede medir la posición de una partícula, pero no su velocidad

# Mecánica Cuántica

- Erwin Schrödinger (1887-1961)
- El gato de Schrödinger:
  - Está vivo y muerto al mismo tiempo

# Mecánica Cuántica

- Los eventos individuales no tienen causa
- La Cuántica nunca explica porqué algo pasa, sólo provee probabilidades de que pase
- Un evento cuántico tiene influencia local y no-local en el pasado
- La mecánica cuántica es estocástica: Nunca se puede predecir cual de los eventos posibles sucederá.
- La cuántica no da explicaciones o descripciones de un proceso de medición. Las cosas suceden fuera de tiempo.

# Mecánica Cuántica

- El Big Bang:
  - Sucedió hace 15 mil millones de años
  - Principio cosmológico
  - El Universo no tiene centro.
  - Es el mismo donde sea y tiene la misma distribución de radiación y materia

# Modelo Relativista y Cuántico

- La Ciencia puede decirnos que sucedió
- No puede decirnos el porqué



# Etapas de la Ciencia

- Intuición
- Descubrimiento de hechos
- Análisis
- Síntesis

# Etapas de la Ciencia

- Síntesis
  - La síntesis toma los pasos de la ciencia analítica y los invierte:
    - Primero, descubre de que sistema es parte la unidad
    - Explica las propiedades o comportamiento del sistema
    - Finalmente, explica las propiedades o comportamiento de la unidad, respecto al sistema
  - La síntesis no crea un conocimiento detallado de un sistema, crea conocimiento de su función.
  - La síntesis ***explica***, mientras que el método científico ***describe***

# La Era de los Sistemas

- 1950
  - Introducción de los sistemas de cómputo
  - Las bombas de hidrógeno
  - Exploración espacial
- Nuevos problemas
  - Falla de los sistemas de tránsito
  - Contaminación del medio ambiente
  - La amenaza nuclear

# La Era de los Sistemas

- Varios problemas habían *mutado* (ya no estaban en su forma original)
- Muchas soluciones eran inadecuadas cuando eran aplicadas a problemas que ya no existían
- El cambio, con su velocidad, se convierte en tópico de preocupación
- Gerald Weinberg menciona en su obra:
  - La ciencia y la ingeniería no han sido capaces de soportar el ritmo con los efectos de segundo orden producidos por sus victorias de primer orden

# La Era de los Sistemas

- Ejemplos:
- Deterioro de la base genética humana, incremento de alergias, diabetes y resistencia a antibióticos
- Deterioro del ambiente epidémico:
  - SIDA, SARS, Gripe Aviar, Gripe Porcina
  - Dengue, Chikunguya, Zika
- Destrucción ambiental y cambios climatológicos

# La Era de los Sistemas

- Deforestación, desertificación
- Acumulación de basura, desechos nucleares
- Polución de agua, tierra y aire
- Acidificación del mar, decremento del agua del subsuelo, disminución de la capa de ozono
- Reducción de biodiversidad y extinción de animales
- Explosión poblacional, migración general, criminilización, terrorismo

# La Era de los Sistemas

## 10 biggest countries by population, 1950-2100, millions

Countries in **red** = first appearance in the top 10



Country	1950	Country	2015	Country	2050	Country	2100
China	544	China	1376	India	1705	India	1660
India	376	India	1311	China	1348	China	1004
USA	158	USA	322	Nigeria	399	Nigeria	752
Russia	103	Indonesia	258	USA	389	USA	450
Japan	82	Brazil	208	Indonesia	321	Congo	389
Germany	70	<b>Pakistan</b>	189	Pakistan	310	Pakistan	364
Indonesia	70	<b>Nigeria</b>	182	Brazil	238	Indonesia	314
Brazil	54	<b>Bangladesh</b>	161	Bangladesh	202	<b>Tanzania</b>	299
United Kingdom	51	Russia	143	<b>Congo</b>	195	Ethiopia	243
Italy	47	<b>Mexico</b>	127	<b>Ethiopia</b>	188	<b>Niger</b>	209

Source: United Nations

# La Era de los Sistemas

- Urbanización, desempleo y proletariado
- Desperdicio de energía y reducción de recursos
- Motorización y polución auditiva
- Polución de datos, falta de información y conocimiento
- Comercialización y empobrecimiento cultural
- Corrupción mental y abuso de drogas



# La Era de los Sistemas

- No es posible solucionar estos problemas con el enfoque de análisis de la ciencia.
- Las variables están tan ligadas unas a otras que no se puede saber cual es la causa y cual el efecto
- No se pueden reducir los sistemas a subsistemas

# 5 revoluciones

- La revolución agrícola:
  - *El producto del trabajo colectivo de la tribu extiende nuestras fuentes de alimento*
- La revolución científica:
  - *El producto del pensamiento colectivo Europeo extiende nuestra capacidad de conocimiento*
- La revolución industrial:
  - *El producto colectivo de la tecnología Europea extienden nuestra musculatura*

# 5 revoluciones

- La revolución electrónica:
  - *El producto del trabajo colectivo Global extiende nuestro sistema nervioso*
- La revolución computacional:
  - *El producto de la síntesis Global extiende nuestra inteligencia*