



Diseño de Sistemas Estocásticos

www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez



Humberto R. Álvarez A

- Teléfono 6673-1119
- Correo: humberto.alvarez@utp.ac.pa
- humberto.alvarez46@gmail.com




Objetivos

- Este curso proporciona los elementos técnicos suficientes para estudiar las estructuras probabilísticas que presenta algún sistema susceptible de ser modelado estocásticamente, tendiente a obtener soluciones de tipo analítico o soluciones conducentes al punto óptimo.
- Competencias esperadas
 - Reconocer el impacto de la variabilidad en el desempeño de los sistemas.
 - Establecer las fortalezas y debilidades del modelado analítico y de simulación en los sistemas estocásticos.
 - Conocer la teoría básica de las líneas de espera y otros modelos de sistemas estocásticos.
 - Aplicar los procesos estocásticos básicos, los algoritmos y el modelado de sistemas típicos áreas de ingeniería, negocios y otros sistemas.
 - Practicar la revisión crítica de informes de investigación en cuanto a sistemas estocásticos.




Metodología

- Clases magistrales a fin de presentar de manera teórica los elementos y conceptos básicos de los temas comprendidos en el curso.
- Análisis de casos con el objetivo de ver experiencias y situaciones ya existentes que puedan servir como ejemplos para la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- Proyectos de campo que permitirán al participante conocer de primera mano las características del contexto y aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos durante el curso.



Requisitos

- Se prefiere que los participantes en el curso tengan conocimiento de estadística y probabilidad.
- Manejo de paquetes computarizados y hojas de cálculo
- Que tengan el suficiente conocimiento del inglés que le permita entender algunas lecturas y material que se proporcionará en clase.
- Si es posible que tenga acceso a computador portátil



Contenido

- Introducción a los sistemas complejos y toma de decisiones
 - Conceptos básicos
 - Características
 - Introducción a la toma de decisiones.
- Introducción al Análisis de Redes Sociales
 - Conceptos básicos
 - Estructuras de datos
 - Características de la red
- Introducción a los procesos estocásticos
 - Marco teórico
 - Definición matemática
 - Análisis de procesos estacionarios: Simulación Montecarlo
 - Proyectos de inversión
 - Planificación de la demanda
- Procesos de Poisson y Fenómenos de espera
 - Distribución exponencial y los procesos de Poisson
 - Fenómenos de espera.
 - Estructura básica de los modelos de colas. Clasificación. Medidas de congestión
- Simulación de eventos discretos
 - Principios y conceptos básicos
 - El modelo de simulación
 - Simulación d modelos de colas
- Introducción a la Dinámica de Sistemas
 - Aspectos fundamentales
 - Diagramas causales
 - Diagramas de flujo
 - Modelado y simulación



Evaluación

- | | |
|-----------------------------|-----|
| • Pruebas parciales (2 a 3) | 30% |
| • Asignaciones | 30% |
| • Examen o Proyecto Final | 40% |



Referencias

- Al no existir bibliografía con todos los temas, el facilitador la proveerá, en caso de necesidad, a medida que pasen las diferentes secciones.
- Algunos textos de apoyo:
 - Ballou, R. (2004) *Logística, Administración de la Cadena de Suministros*, Prentice-Hall, México.
 - Eppen, G. D., y otros (2000) *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*, Prentice-Hall, México.
 - Hillier F., S. y Lieberman G. (2000) *Introducción a la Investigación de Operaciones*, McGraw-Hill, México.
 - Pike, R. (1986), *Optimization for Engineering Systems*, Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York.
 - Ross, Sheldon (1997) *Introduction to Probability Models*, Academic Press: Estados Unidos.



Algunas reglas del curso

- Estar preparados para la [Ley de Murphy](#)
- Trabajamos considerando [la Navaja de Occam](#)
- La gobernanza se fundamenta en la [Paradoja de Arrow](#).



El facilitador

- Humberto R. Álvarez A.
- Ph. D. en Ingeniería Industrial
- Profesor de Ingeniería Industrial
- Director del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI)
- Senior Member: Institute of Industrial Engineers
- Miembro: Institute of Operations Research and Management Sciences
- Miembro: American Society of Engineering Education
- Miembro: Industrial Engineering and Operations Management Society
- Cel. 6673-1119
- Página web del curso:
www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez



Introducción

Sistemas complejos y usos de modelos

<http://www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez/disenio-de-sistemas-estocaticos>

¿Qué es la organización?

Asociación voluntaria de miembros quienes manifiestan una selección congruente y relacionada de principios y fines (Gharajedaghi).



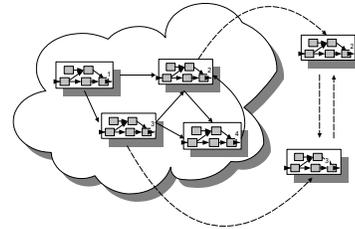
H. R. Álvarez A., Ph. D.

La organización es un sistema

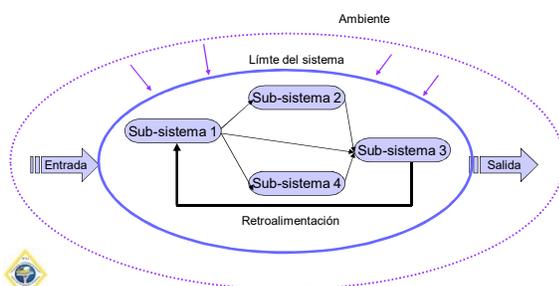
- Sistema: colección de elementos agrupados con la intención de desarrollar una función o meta común
- Un conjunto de subsistemas, todos ellos relacionados que busca la sinergia de las diferentes actividades en ellos realizadas



La organización como sistema



Elementos de un sistema



El enfoque sistémico

Busca

- La sinergia al optimizar el resultado conjunto de todas las actividades
- Entender el efecto de las variables que intervienen en los procesos organizacionales sobre las otras variables
- Ver la organización a través de los procesos que añaden valor



El enfoque sistémico

Lo anterior se logra a través de:

- Sistema como causa
- Pensamiento operacional
- Pensamiento de lazo cerrado



Complejidad combinatoria

- Número de componentes de un sistema, o en el número de posibles combinaciones que hay que efectuar al momento de tomar una decisión.
- Es función tanto de las variables como de las funciones que rigen o modelan el sistema



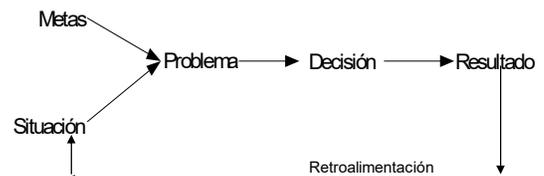
Complejidad dinámica

- Es función de las relaciones e interacciones, a través del tiempo, entre los diferentes componentes del sistema, ya sea entre ellos como con el exterior.
- La complejidad dinámica no es necesariamente función de la complejidad combinatoria



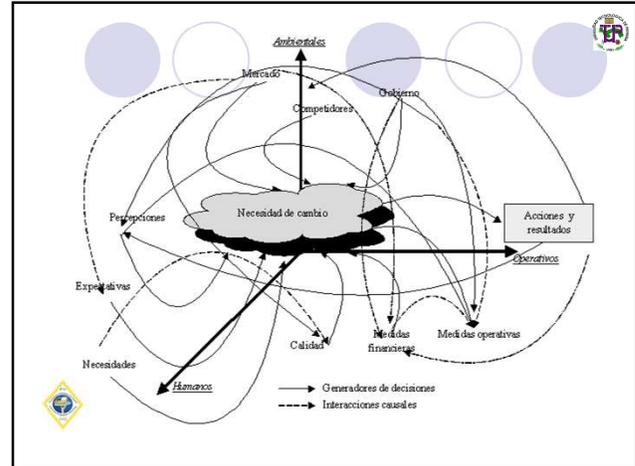
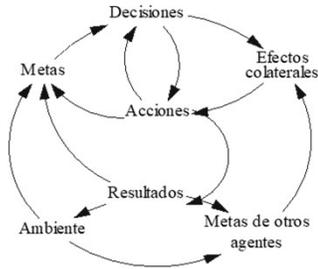
Como actuamos

- Generalmente enfocamos los procesos de decisión como una serie de acciones secuenciales



La retroalimentación

- Existen efectos de retroalimentación que afectan el sistema



Definiendo complejidad

- La complejidad se confunde con caos, dificultad o complicación, pero no es ninguna de las tres.
- Aunque diferentes disciplinas se fundamentan en diferentes conceptos y medidas, al final convergen en el mismo paradigma.
- Complejidad no es lo mismo que complicado. Los sistemas complicados pueden tener muchos componentes pero no son adaptativos.
- Se dice que un sistema es complejo si su todo trasciende a sus partes y que consisten de diversas entidades que interactúan en el espacio y tiempo.

- Un sistema se considera complejo si cumple con cuatro características:

- Diverso
- Interconectado
- Interdependiente
- Adaptable

- Así, los sistemas complejos son generalmente impredecibles, pueden generar otros eventos, pueden soportar grandes crisis.
- Pueden producir eventos emergentes, que pueden tomar muchas formas, incluyendo innovación

Sistemas complejos

- Está compuesto por varias partes *interconectadas* o *entrelazadas* cuyos vínculos crean información adicional no visible antes por el observador.
- Como resultado de las interacciones entre elementos, surgen propiedades nuevas que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos aislados.
- Dichas propiedades se denominan propiedades emergentes.
- En un **sistema complejo**, en cambio, existen variables ocultas cuyo desconocimiento nos impide analizar el sistema con precisión.
- Un sistema *complicado* está formado por varias partes pero las relaciones entre éstas no añaden información adicional.
- Suficiente con saber cómo funciona cada una de ellas para entender el sistema.



Tipologías de contextos de Snowden



<http://bvcentre.ca/files/Conferences/Complexity/Snowden2007ComplexDecisionMaking.pdf>

Dominios de la complejidad

- **Dominio de lo simple:** es aquél donde las relaciones causa-efecto son evidentes para todos y existe una respuesta correcta para cada una de las situaciones a las que se enfrenta.
 - Los procesos son estables y predecibles por lo se pueden desarrollar manuales y sistemas de gestión que permitan sistematizar las tareas a desarrollar.
 - Gestionar es un ejercicio en el que se debe tener consciencia de lo que sucede en su entorno, identificar cada situación que se le plantea y poner en marcha la respuesta que se ha sistematizado en el manual de gestión o en los protocolos de buenas prácticas.
- **Dominio de lo complicado:** también existen relaciones causa y efecto pero no son tan evidentes, pues hay un desfase en el tiempo o en el espacio que impiden ver las conexiones de causalidad.
 - No existe una única solución o respuesta para cada problema, de nada sirven los manuales de buenas prácticas ni las soluciones estándares.
 - Una vez detectados problemas o necesidades hay que acudir a expertos y consultores para que hagan un análisis de la situación, de las posibles soluciones y de la cuál sería la solución más adecuada para la situación enfrentada.

<http://manuelgross.blogspot.com/content/view/1327041/Como-es-tu-entorno-Simple-complicado-complejo-o-caotico.html>



Dominios de la complejidad

- **Dominio de lo complejo:** en el dominio de lo complejo no se pueden predecir los resultados pues, aunque existen relaciones causa y efecto, estas ni son visibles a posteriori ni son fácilmente repetibles.
 - Todos los sistemas humanos pertenecen al mundo de lo complejo, las soluciones estándares o las recomendaciones de expertos no le garantizan la solución a los problemas a los que el sistema se enfrenta.
 - Puede ayudar un análisis de las situaciones dirigido a detectar y observar patrones y así reforzar los patrones positivos y minimizar los negativos.
- **Dominio del caos:** no es fácil encontrar relaciones claras de causa y efecto, tampoco lo es detectar patrones.
 - Liderar en el caos conlleva además lidiar con la falta de tiempo, con el estrés y con turbulencias que desestabiliza nuestra área de gestión.
 - De nada sirven las soluciones a medida, los expertos, los procesos de razonamiento o la búsqueda de patrones, la única prioridad es detener la tempestad.
 - Hay que saber diferenciar en qué partes del sistema existe estabilidad y en cuáles no para actuar en ellas en una dirección que permita dirigirlo de lo caótico a lo complejo. Las soluciones conocidas no funcionan, sólo la innovación y la creatividad permiten encontrar nuevas soluciones.

<http://manuelgross.blogspot.com/content/view/1327041/Como-es-tu-entorno-Simple-complicado-complejo-o-caotico.html>



Sistemas dinámicamente complejos

- **Dinámicos:** el cambio ocurre de manera continua a través del tiempo, pero en escalas diferentes, las que muchas veces interactúan.
- **Acoplamiento:** los actores dentro del sistema interactúan entre ellos y con el mundo real.
- **Retroalimentación:** las acciones se ven retroalimentadas por sí misma.
- **No linealidad:** los efectos raramente son proporcionales a sus causas y en general, se puede decir que son efectos locales más que globales.



- **Dependientes del pasado:** también conocido como "dependencia de ruta", las acciones serán funciones de la experiencia o resultado de las acciones anteriores.
- **Autoorganizados:** debido a que la dinámica de los sistemas nace por su estructura interna, pequeñas perturbaciones son ampliadas y moduladas por la retroalimentación creando patrones en el espacio y tiempo.
- **Adaptables:** las capacidades y las reglas de decisión cambian a través del tiempo, lo que hace que haya evolución de los sistemas.



- **Contra- intuitivos:** los efectos y las causas están alejadas en el tiempo, lo que hace que se vean más los síntomas que las causas que los causan.
- **Resistentes al cambio:** la complejidad de los sistemas hace difícil la capacidad de entenderlos, por lo que sus acciones no necesariamente parecen lógicas en función a soluciones dadas.
- **Caracterizados por "negociar":** los sistemas complejos se caracterizan por presentar soluciones a corto plazo que mejoren transitoriamente, que soluciones a largo plazo que busquen mejoras permanentes pero con comportamientos transitorios no del todo óptimos.



Su componente principal es el ser humano

Además:

En resumen

- En un sistema social complejo
 - La respuesta a las decisiones y acciones en sistemas sociales complejos es no lineal
 - Los efectos raramente son proporcionales a sus causas
 - Los resultados son localmente diferentes en el sistema a pesar de tener un objetivo global
 - Son resistentes a cambios
 - Tienen la capacidad de reconfigurarse a si mismo en nuevas formas después de un cambio o decisión dramática
 - Debido a lo anterior los sistemas complejos producen una dinámica de cambios que generan puntos de inflexión que pueden generar que el estado del sistema cambie de manera drástica.



Elementos que limitan el aprendizaje



Toma de decisiones

- Keeney (2004) define decisiones como situaciones donde se reconce que hay que hacer una selección a conciencia de un curso de acción.
- Es la emisión de un juicio referente a lo que se debe hacer en una situación determinada, después de haber deliberado acerca de algunos cursos de acción específicos
 - Exploración: búsqueda y descubrimiento
 - Explotación: refinamiento e institucionalización



H. R. Alvarez A., Ph. D.

La Toma de Decisiones

- ¿Qué es Análisis de la Decisión? Se puede definir como: " una filosofía articulada por un conjunto de axiomas lógicos y una metodología de procedimientos, para analizar la complejidad inherente a los problemas".
- ¿Qué es un problema de decisión? Es la selección de una acción o alternativa dentro de un conjunto de acciones posibles, la cual produzca el mejor resultado bajo cierto criterio de optimización.
- La toma de decisiones se considera como el acto creador de la elección, a partir de un conjunto de decisiones posibles, en el cual los factores cuantitativos se combinan con las capacidades heurísticas de los que toman las decisiones



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Elementos que caracterizan la toma de decisiones

- Un decisor o unidad decisoras formada por un conjunto de individuos interesados en el problema
- Al menos dos alternativas o posibles decisiones $x \in X$
- Un objetivo de, ya sea:
 - seleccionar una (o varias) (la mejor o las mejores),
 - aceptar las que parecen buenas y rechazar las que parezcan malas,
 - el rango de todas de acuerdo a un orden (ordenamiento),



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Elementos que caracterizan la toma de decisiones

- Un sistema de relaciones que permiten asignar a cada alternativa un resultado. Estos resultados $z \in Z$ se definen por ciertas medidas o atributos
- Un conjunto de requerimientos de información de entrada que se obtendrán del decisor, y esto implica una metodología apropiada,
- La validación del procedimiento. Esto es, el establecimiento de pruebas o comprobaciones experimentales que permitan concluir que el procedimiento que se propone responde a los propósitos establecidos.



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Elementos de las decisiones

- **Alternativas:** cursos de acción a tomarse
- **Incertidumbre:** factores incontrolables que afectan el curso de acción de una decisión
 - Ignorancia
 - Conflicto
 - Ambigüedad



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Cómo es la decisión

- Una decisión es un juicio
- No se puede hablar de una decisión correcta o incorrecta
- Las decisiones implican algún tipo de compromiso
- Deberán hacerse en el momento oportuno y al menor costo
- Las decisiones son de índole reactiva o proactiva



H. R. Alvarez A., Ph. D.

El tiempo en la toma de decisiones

		URGENCIA DE LA DECISION	
		Urgente	No Urgente
I M P O R T A N C I A	I M P O R T A N C I A	Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Crisis - Problemas apremiantes - Proyectos con fecha de vencimiento 	Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Prevención - Construir relaciones - Reconocer nuevas oportunidades - Planificación
		Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Estrés - Agotamiento - Administración de crisis - Reactivo 	Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Visión - Perspectiva - Disciplina - Control - Pocas crisis
I M P O R T A N C I A	N O I M P O R T A N C I A	Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Interrupciones - Correo, informes - Reuniones - Cuestiones inmediatas 	Actividades: <ul style="list-style-type: none"> - Trivialidades - Correspondencia, llamadas - Pérdida de tiempo
		Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Concentración en plazos cortos - Administración de crisis - Administración por resultados - Posible falta de control - Relaciones frágiles 	Resultados: <ul style="list-style-type: none"> - Total irresponsabilidad - Alta dependencia - Falta de responsabilidad

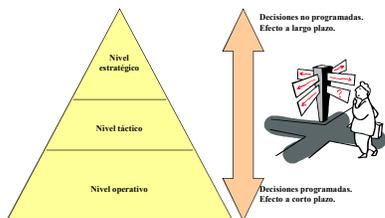
H. R. Álvarez A., Ph. D.

Incertidumbre ambiental

		COMPLEJIDAD DEL AMBIENTE	
		SIMPLE	COMPLEJO
C E S T I O N E S	A M B I E N T A L	Simple y Estable BAJA INCERTIDUMBRE <ul style="list-style-type: none"> - Número pequeño de elementos externos - Los elementos permanecen constantes o cambian lentamente 	Complejo y Estable INCERTIDUMBRE MODERADAMENTE BAJA <ul style="list-style-type: none"> - Un gran número de elementos externos - Los elementos permanecen constantes o cambian lentamente
		Simple e inestable INCERTIDUMBRE MODERADAMENTE ALTA <ul style="list-style-type: none"> - Número pequeño de elementos externos - Los elementos cambian frecuentemente, de manera impredecible y de manera reactiva. 	Complejo e inestable INCERTIDUMBRE ALTA <ul style="list-style-type: none"> - Un gran número de elementos externos. - Los elementos cambian frecuentemente, de manera impredecible y de manera reactiva.

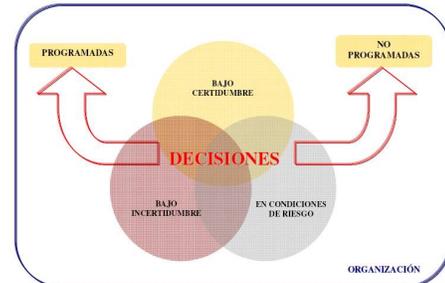
H. R. Álvarez A., Ph. D.

Tipos de decisiones



H. R. Álvarez A., Ph. D.

Decisiones e incertidumbre



H. R. Álvarez A., Ph. D.

Enfoques que rigen la toma de decisiones

- **Teoría racional**
 - Se conocen las alternativas
 - Se conocen las consecuencias
 - Reglas para priorizar
 - Reglas o criterios de decisión
 - Solución óptima

Enfoques que rigen la toma de decisiones

- **Teoría de la racionalidad limitada**
 - Modifica la teoría racional
 - Conocimiento limitado de alternativas
 - Conocimiento limitado de consecuencias
 - Reglas para priorizar
 - Reglas o criterios de decisión
 - Se busca satisfacer

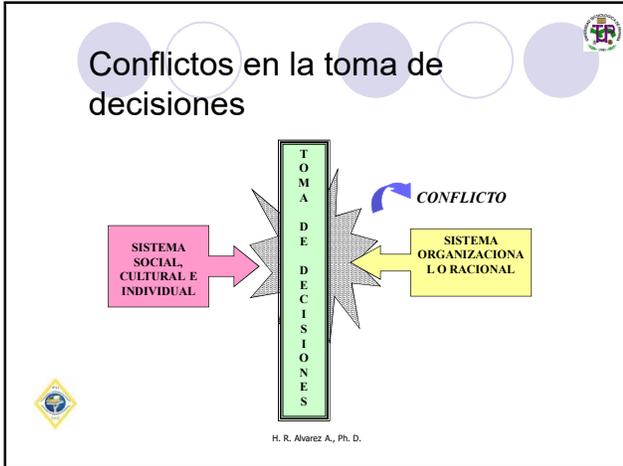
Enfoques que rigen la toma de decisiones

- **Toma decisiones basada en reglas**
 - Alternativa realista a las anteriores
 - Decisiones definidas por procedimientos, estándares, reglas o políticas
 - Toma decisiones basadas en los siguientes factores:
 - Situación: situaciones están clasificadas en categorías con reglas asociadas a la identidad
 - Identidad: decisiones basadas en situación particular
 - Relación: acciones específicas para atacar situaciones que estén de acuerdo a sus identidades en dichas situaciones

Métodos para desarrollar reglas de decisión

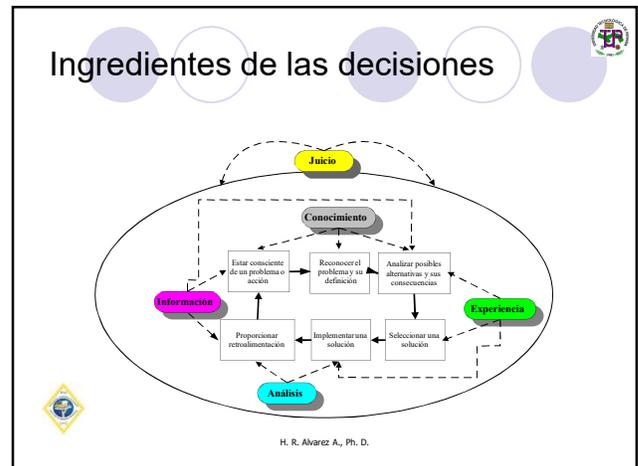
Acción	Objetivo
Compromiso	El decisor puede seleccionar conscientemente reglas basado en un análisis racional de las acciones a ser tomadas y su posible consecuencia.
Aprendizaje	Las reglas se desarrollan como resultado de aprendizaje, de la retroalimentación del ambiente, o definiendo los beneficios y costos de implementar cierta acción. Aunque el aprendizaje puede ser racional y terminar en un compromiso, dicho aprendizaje también puede ser incompleto, lo que introduce anomalías en las reglas buscando un resultado políticamente seguro, más que óptimo.
Imitación	Los administradores tienden a imitar y pueden aceptar reglas simplemente porque han sido aceptadas por otros. La imitación puede llevar al desarrollo de reglas de decisión apropiadas, pero no siempre, en especial durante épocas de rápido cambio cuando los administradores tienden a imitar a fin de seguir la tendencia de moda.
Adaptación	Las reglas de decisión dentro de la organización evolucionan con el tiempo, a veces tratando de mejorar su efectividad, aún estando bastante lejos de ser óptima. No hay manera de determinar si la colección de reglas es tan buena como debiera ser, a menos que la organización encuentre mecanismos que promuevan la identificación y difusión de reglas inteligentes y efectivas a la vez que elimina aquellas que no lo son.

H. R. Álvarez A., Ph. D.



- ### Conflictos en las decisiones
- El dilema de cuál es el mejor enfoque: el racional o el enfoque basado en reglas.
 - ¿Se alcanza coherencia y reducen errores o son procesos en los cuales se exhibe, se explota y se aumenta la inconsistencia y ambigüedad?
 - Son instrumentos para resolver problemas o son interpretadas para coincidir con modelos sociales e interpretativos

- ### Principios que rigen la toma de decisiones:
- Principio de eficiencia del enfoque planificado
 - Principio de la hipótesis múltiple
 - Principio del factor limitante
 - Principio de la flexibilidad



La información como eslabón

- Información es un conjunto de datos con significado y utilidad
 - Presentada por variables claves que permiten conocer la situación y dar seguimiento
 - Posición en el mercado
 - Innovación
 - Productividad
 - Recursos físicos y financieros
 - Responsabilidad social



H. R. Alvarez A., Ph. D.

La información como eslabón

- Información relevante que permiten conocer las variables claves:
 - Información de apoyo: información actual como debilidades y fortalezas
 - Información de situación: avances, crisis
 - Información de advertencia: cambios como oportunidades y amenazas
 - Información de planificación: planes y programas
 - Información de operación: indicadores contables, fiscales y de desempeño



H. R. Alvarez A., Ph. D.

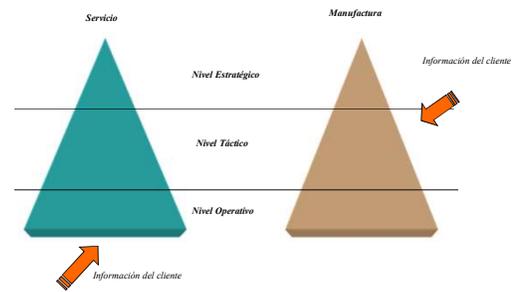
Tipos y forma de la información

		FORMA DE LA INFORMACIÓN	
		FACTUAL	TEXTUAL
FUENTE	INTERNA	<ul style="list-style-type: none"> - Datos de contabilidad - Detalles numéricos - Detalles de excepción 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación de oficina - Supuestos para planeación - Estimaciones - Opiniones
	EXTERNA	<ul style="list-style-type: none"> - Datos económicos - Datos de mercado 	<ul style="list-style-type: none"> - Rumores de la industria - Opiniones sobre desarrollo económico esperado - Legislación



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Origen de la información del cliente



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Características de las decisiones

- **Efectos futuros:** Es la medida en que la decisión y los compromisos relacionados a la misma afecten a corto, mediano y largo plazo.
- **Reversibilidad:** Es la velocidad con la que una decisión puede revertirse y la dificultad que implica hacer el cambio.
- **Impacto:** Es la medida en que otras áreas o actividades de la organización se ven impactadas.
- **Calidad:** Es el grado en que factores y variables internas están involucradas y comprometidas en la toma de decisiones.
- **Periodicidad:** Está relacionada con la frecuencia en que se toman las decisiones.



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Problemas que afectan la toma de decisiones

- Información errada
- Selección de la muestra
- Sesgo
- Uso de promedios
- Selectividad
- interpretación
- Conclusión apresurada
- Superioridad insignificante
- Connotación
- Posición Social



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Buenas decisiones vs. buenos resultados

- No necesariamente buenas decisiones resultan en buenos resultados
- El efecto de la incertidumbre puede afectar los resultados
- Riesgo vs. Certeza
- Minimizar riesgo minimizando sus elementos:
 - Humano
 - Ambiental



En conclusión

- Una decisión es un juicio.
- Normalmente no se puede hablar de una decisión correcta o incorrecta.
- Implican algún tipo de compromiso,
- Se alcanzarán resultados “casi correctos”, o soluciones óptimas locales y no globales



Modelos y la toma de decisiones

- El proceso racional de toma de decisiones utiliza modelos y reglas matemáticas
- Estos modelos y reglas permiten un proceso sistemático y ordenado de toma de decisiones
- La idea de utilizar modelos no es nueva: mapas, diagramas de flujo, gráficas y ecuaciones básicas apoyan el proceso racional de toma de decisiones



El problema del enfoque racional

- Este enfoque posee una gran solidez desde el punto de vista lógico.
- Sin embargo posee importantes debilidades que lo desvían considerablemente de los procesos reales de toma de decisiones empresariales.
- En la realidad, los decisores no están interesados en buscar la solución con respecto a un único criterio, sino que desean efectuar esta tarea con arreglo a diferentes criterios que reflejen sus preferencias.



H. R. Alvarez A., Ph. D.

¿Qué es un modelo?

- Viene del latín "modus": una forma de tamaño reducido
- Un modelo es una representación de un grupo de objetos o ideas de alguna manera diferente a la entidad misma
 - Es una abstracción de la realidad
 - Son ideales
 - No son exactos
- Su objetivo es el capacitar al analista para determinar como uno o varios cambios en las variables del sistema pueden afectarlo parcial o globalmente.



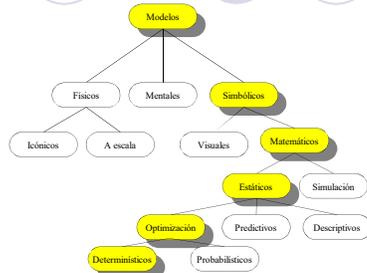
¿Por qué modelos?

- Para una mejor percepción del mundo
- Pensar de manera más clara
- Entender y usar datos
- Decidir, plantear estrategias y diseñar



H. R. Alvarez A., Ph. D.

Taxonomía



El Modelado

- Es el proceso por el cual se establecen relaciones entre las entidades importantes de un sistema que se expresa en términos de metas, criterios de ejecución y restricciones que en conjunto constituyen el modelo

Un modelo articula una teoría

- Revisa su coherencia lógica
- Deriva hipótesis para comprobarla
- Evalúa intervenciones
- Deriva recomendaciones

Teoría

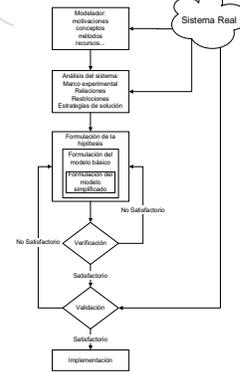
- Conjunto organizado de reglas, conocimientos y principios de una ciencia, doctrina o actividad.
- Ese conjunto organizado de ideas explican un fenómeno basadas en observación, experiencia o razonamiento lógico.
- Viene del griego "theoria": contemplación abstracta.

Utilidad y validez

- Se busca entender un problema o una oportunidad y determinar una política de decisión o estrategia.
- No se busca la verdad universal
- Se define un propósito y un comportamiento de referencia.
- Es modelo debe tener:
 - Coherencia estructural
 - Coherencia dimensional
 - Coherencia de comportamiento



Proceso de Modelado



Ventajas del modelado

- Permite la organización del conocimiento sobre el sistema
- Permite deducciones lógicas sobre el sistema y su comportamiento
- Proporciona un marco para contrastar el sistema y posible modificaciones
- Proporciona una idea sobre detalles y aspectos relevantes
- Posibilita mayor y mejor manipulación
- Facilita el análisis
- Descripción concisa del problema
- Permite un mejor control de las fuentes de variación
- Menos costos de experimentar



Desventajas del modelado

- El desarrollo de un modelo, gasta y quita tiempo y es costoso
- El modelo no representa con exactitud la situación real
- Relaciones no adecuadas generan errores por resultado imprecisos



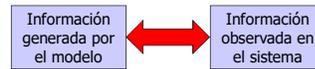
Modelo vs. el proceso de modelado

- De acuerdo a Forrester:
 - “ Un modelo es sólo una fotografía de un determinado momento: refleja un instante de un conjunto evolucionado de ideas acerca de un sistema social.”
 - “En lugar de poner énfasis en el modelo, deberíamos considerar el proceso de modelar como compañero permanente y como herramienta para mejorar el juicio y la toma de decisiones.”



Validez del modelo

- El modelo busca ser una representación válida de la realidad combinando realismo y simplicidad
- Se desea determinar:



- A través
 - Reexaminar la formulación del modelo
 - Verificar las expresiones y dimensionalidad
 - Variar parámetros de entrada
 - Utilización de datos históricos

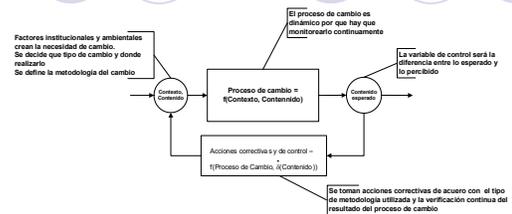


Enfoques para modelar

- Metodologías duras o fundamentalistas que suponen que el mundo es un sistema racional. El modelado se basa en ecuaciones y algoritmos bien definidos.
- Metodologías radicales o emancipatorias suponen que el mundo real puede llegar a ser un sistema de una manera en común a los individuos o grupos de individuos dentro del sistema. Los modelos y el análisis se orientan para mostrar las ventajas y desventajas de la situación bajo análisis.
- Metodologías interpretativas o suaves asumen que el mundo no es necesariamente un sistema racional. El modelado y análisis es creativo y basado en metodologías heurísticas



Metodologías Duras



$$\Theta_0(t) = \frac{\text{Procesode cambio}}{f(\text{Procesode Cambio, Control y acciones correctivas})} \Theta_1(t_0)$$

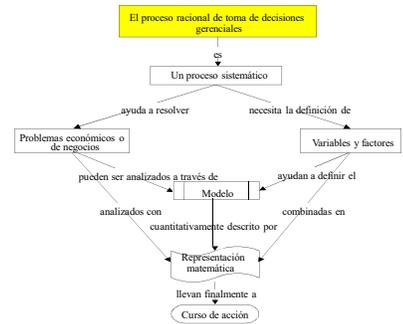


Modelos Matemáticos

- Son expresiones idealizadas expresadas en término de expresiones y símbolos matemáticos (McKeon, 1980)
- Describen relaciones funcionales de la forma: $Y = f(\cdot)$



Modelos matemáticos y la toma de decisiones



Elementos de un modelo matemático

- Variables
 - **Independientes:** definen las condiciones del sistema en un momento dado
 - Endógenas
 - Exógenas
 - **Dependientes:** definen la respuesta del modelo
- Relación matemática



Categorías de los Modelos

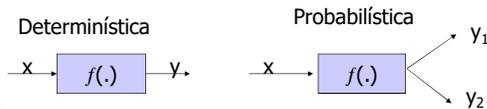
Características

Categoría	Forma de $f(\cdot)$	Variable independiente	Técnica cuantitativa
Prescriptivo u optimización	Conocida, bien definida	Conocida o bajo el control de tomador de decisiones	Programación lineal, entera o no lineal; Redes; CPM; EOQ
Predictivo	Desconocida, mal definida	Conocida o bajo el control de tomador de decisiones	Regresión, Series de Tiempo, Análisis de Discriminante
Descriptivo	Conocida, bien definida	Desconocida o bajo incertidumbre	Simulación, Colas, PERT, Modelos de Inventarios

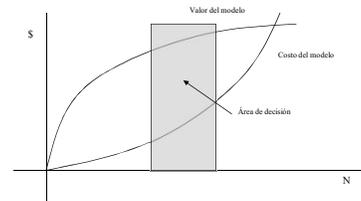


Tipos de relación

- En función a su relación matemática – lineal o no lineal
- En función a sus resultados:

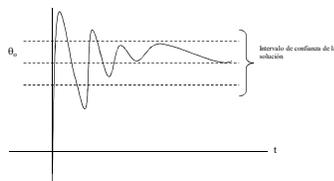


Costo vs. valor



Características del modelo

- Tratabilidad
- Trazabilidad
- Factibilidad
- Convergencia

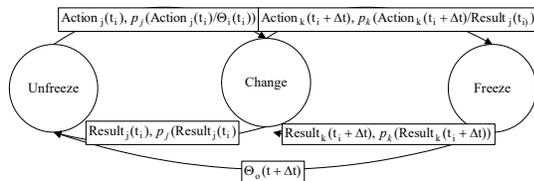


Modelos de Optimización

- Tienen como propósito seleccionar la mejor decisión de un número de posibles alternativas, sin tener que enumerar completamente todas ellas.
- La Teoría de Optimización es una rama de la matemática aplicada que formula y explica estos problemas



Metodologías Radicales



Autómata celular

- Un **autómata celular** (A.C.) es un modelo matemático para un sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos.
- Es adecuado para modelar sistemas naturales que puedan ser descritos como una colección masiva de objetos simples que interactúen localmente unos con otros.
- Fueron concebidos en los años 40 por Konrad Zuse y Stanislaw Ulam.
- Fueron puesto en práctica dentro del campo de la física computacional por John von Neumann en la década de 1950 con su libro *Theory of Self-reproducing Automata*.

Evolución

- La primera etapa la inicia von Neumann, quien una vez terminada su participación en el desarrollo y terminación de la primera computadora ENIAC tenía en mente desarrollar una máquina con la capacidad de construir a partir de sí misma otras máquinas (auto-reproducción) y soportar comportamiento complejo.
- En 1970, John Horton Conway dio a conocer el autómata celular que probablemente sea el más conocido: el Juego de la vida (*Life*).

Juego de la vida

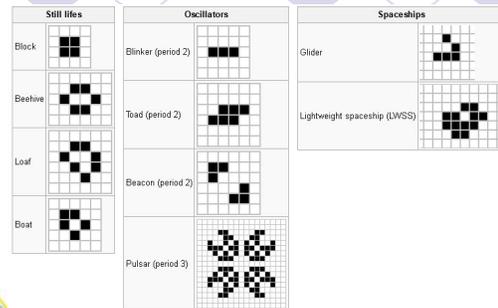
- Creado por el matemático británico John H. Conway en 1970.
- Es un autómata celular cuyo estado final dependerá únicamente de su estado inicial.
- El universo del juego es un arreglo de celdas de dos dimensiones, cada una de las cuales puede tener dos estados posibles: vida o muerte. Cada celda interactúa con sus ocho vecinos, que son las celdas adyacentes horizontales, verticales o diagonales.
- El siguiente estado del juego estará basado en el estado anterior de los vecinos de la celda.

Reglas

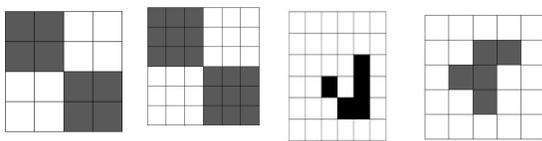
- Cualquier celda con menos de dos vecinos vivos, muere por inanición.
- Cualquier celda con dos o tres vecinos vivos, vive para la siguiente generación.
- Cualquier celda con más de tres vecinos vivos, muere por sobrepoblación.
- Cualquier celda muerta con exactamente tres vecinos vivos, vuelve a vivir, por reproducción.



Algunos patrones iniciales



Otros patrones



<http://psych.hanover.edu/JavaTest/Play/Life.html>



Evolución

- En épocas recientes, Stephen Wolfram ha realizado numerosas investigaciones sobre el comportamiento cualitativo de los A. C.
- Con base en su trabajo observó sus evoluciones para configuraciones iniciales aleatorias.
- Así, dada una regla, el A. C. exhibe diferentes comportamientos para diferentes condiciones iniciales.

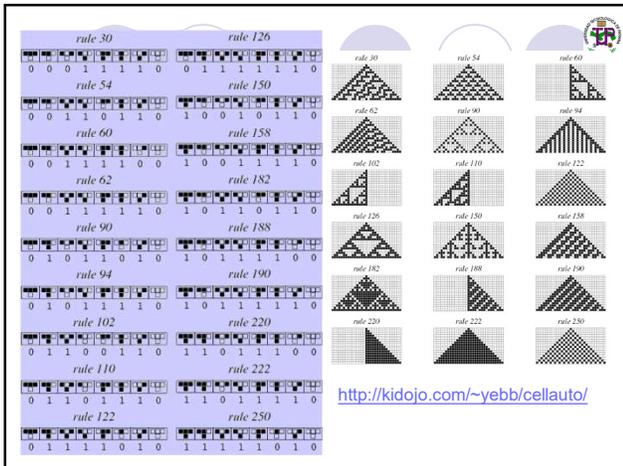
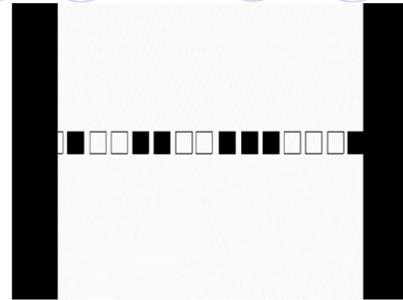


Evolución

- De esta manera, Wolfram clasificó el comportamiento cualitativo de los A. C. unidimensionales. De acuerdo con esto, un A. C. pertenece a una de las siguientes clases:
 - Clase I.** La evolución lleva a una configuración estable y homogénea, es decir, todas las células terminan por llegar al mismo valor.
 - Clase II.** La evolución lleva a un conjunto de estructuras simples que son estables o periódicas.
 - Clase III.** La evolución lleva a un patrón caótico.
 - Clase IV.** La evolución lleva a estructuras aisladas que muestran un comportamiento complejo (es decir, ni completamente caótico, ni completamente ordenado, sino en la línea entre uno y otro, este suele ser el tipo de comportamiento más interesante que un sistema dinámico puede presentar).



Autómata Celular de Wolfram

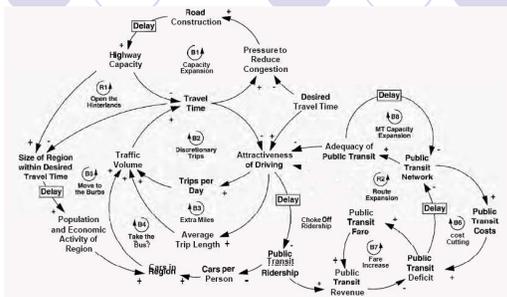


Contribución

- Debido a su analogía con el nacimiento, caída y alteraciones de una sociedad de organismos vivos, el juego pertenece a lo que se conoce como un juego de simulación.
- Debido a las diferentes maneras en que los patrones iniciales del juego puede evolucionar, el juego provee ejemplos de sistemas auto organizados y emergentes, los que son de interés para físicos, biólogos, científicos computacionales, matemáticos, filósofos, etc., a quienes les interesa conocer la manera en que patrones complejos pueden nacer de estados iniciales relativamente simples.



Metodologías interpretativas



La Dinámica de Sistemas

- Cae dentro de la última categoría
- Un enfoque para representar de una manera más dinámica los aspectos fluctuantes de la toma de decisiones
- Hace posible explicar las relaciones entre el contexto de la decisión, los comportamientos asociados y los posibles resultados y su efecto en el sistema.

¿Qué es?

- La investigación de las características de la información de retroalimentación de sistemas organizacionales y el uso de modelos como guía para el rediseño de organizaciones.
- Es la rama de la Teoría de Control relacionada con los sistemas socio-económicos y la controlabilidad de los mismos.
- Combina áreas de Teoría de Control, Toma de Decisiones, Simulación y Tecnología de la Información
- Se considera a Forrester como su principal exponente

Utilidad

- Ayuda a entender la interacción de las variables críticas que dominan un sistema social en función del tiempo, la interacción total del sistema y su ambiente.
- Apoya en explicar las complejidades que aparecen en la ejecución de los procesos de cambio y toma de decisiones.
- Es posible mostrar como los sistemas complejos funcionan utilizando diagramas que delinean el flujo de información, actividades y decisiones, y sus influencias en los diferentes componentes del sistema.




Procesos estocásticos, Variables Aleatorias y Principios de Simulación

<http://www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez>



Definición de proceso estocástico

- Estudio del comportamiento de una variable aleatoria a lo largo del tiempo
- El ajuste de cualquier modelo teórico que permita hacer pronósticos o predicciones sobre el comportamiento futuro de un proceso.
- Es un concepto matemático que sirve para caracterizar y estudiar todo tipo fenómenos aleatorios (estocásticos) que evolucionan, generalmente, con el tiempo.




Definición formal

- En estadística, y específicamente en la teoría de la probabilidad, un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo.
- Así, consiste en una sucesión de variables aleatorias indexadas por una variable (continua o discreta), generalmente, el tiempo.
- Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y, entre ellas, pueden estar correlacionadas o no.




Ejemplos

- Señales de telecomunicación
- Señales biomédicas (electrocardiograma, encefalograma, etc...)
- Señales sísmicas
- El número de manchas solares año tras año
- El índice de la bolsa segundo a segundo
- La evolución de la población de un municipio año tras año
- El tiempo de espera en cola de cada uno de los usuarios que van llegando a una ventanilla
- El clima es un gigantesco cúmulo de procesos estocásticos interrelacionados (velocidad del viento, humedad del aire, temperatura, etc) que evolucionan en el espacio y en el tiempo.



Definición Matemática

- Un proceso estocástico se puede definir equivalentemente de dos formas diferentes:
 - Como un conjunto de realizaciones temporales y un índice aleatorio que selecciona una de ellas.
 - Como un conjunto de variables aleatorias X_t indexadas por un índice t , dado que $t \in T$ con $T \subseteq \mathfrak{R}$, donde X_t forman un espacio probabilístico (Ω, B, P) , tal que:
 - Ω es un experimento estocástico donde $P(\Omega) = 1$
 - B los posibles resultados de Ω y el resultado del evento $E \in B$



Casos especiales de procesos estocásticos

- Proceso estacionario: si la función de distribución conjunta de cualquier subconjunto de variables es invariable respecto a un desplazamiento en el tiempo.
- Proceso homogéneo: variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas
- Proceso de Markov: Aquellos procesos discretos en que la evolución sólo depende del estado actual y no de los anteriores.
- Proceso de Gauss: Proceso continuo en el que toda combinación lineal de variables es una variable de distribución normal.
- Proceso de Poisson
- Proceso de Gauss-Markov: Son procesos, al mismo tiempo, de Gauss y de Markov
- Proceso de Bernoulli: Son procesos discretos con una distribución binomial.



Proceso estacionario

- Es un proceso estocástico cuya distribución de probabilidad en un instante de tiempo fijo o una posición fija es la misma para todos los instantes de tiempo o posiciones.
- En consecuencia, parámetros tales como la media y la varianza, si existen, no varían a lo largo del tiempo o la posición.



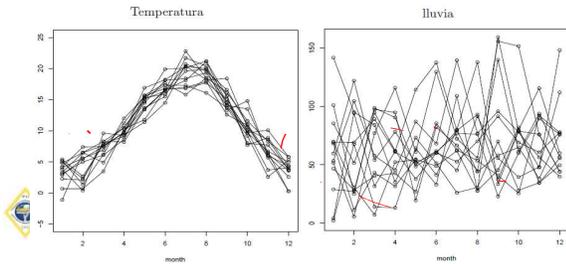
Series temporales

- Una serie temporal describe la evolución aleatoria de una variable en el tiempo.
 - Es el modelado de un proceso estocástico en tiempo discreto, donde los elementos de I están ordenados y corresponden a instantes equidistantes del tiempo.
 - Si $I = \{1, \dots, n\}$, la serie es y_1, y_2, \dots, y_n .
- Un caso especial**
- Un paseo aleatorio se modela mediante la siguiente expresión: $X(t + \tau) = X(t) + \Phi(\tau)$
 - donde Φ es la variable aleatoria que describe la ley de probabilidad para tomar el siguiente paso y τ es el intervalo de tiempo entre pasos subsecuentes.



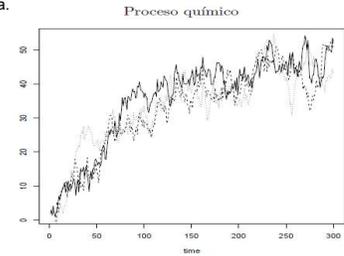
Ejemplo: modelado del clima

- Se considera la que distribución de la temperatura es la misma en 13 años observados, entonces se tendrá 13 trayectorias del proceso con 12 variables aleatorias cada una, una por mes. Igual puede hacerse lo mismo con la serie de las lluvias.



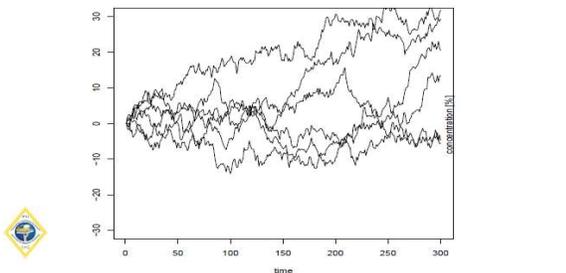
Ejemplo: proceso químico

- La medida de la concentración de una sustancia se toma cada minuto durante 5 horas. Se repite esto en distintos días bajo las mismas condiciones para obtener información sobre la distribución del proceso. Se tendrán varias series de la forma y_1, \dots, y_{300} provenientes del mismo proceso, una para cada día.

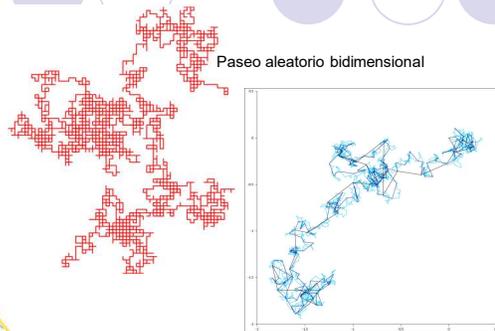


Ejemplo: proceso simulado

- Se han generado seis trayectorias de tamaño $T = 300$; y_1, \dots, y_{300} , de un paseo aleatorio (Y_t) con $\sigma^2 = 1$, se han representado en la figura. Se puede ver que el gráfico de las distintas trayectorias nos da información sobre la distribución de probabilidad del proceso.



Paseo aleatorio bidimensional



Movimiento Browniano

Conceptos de probabilidad

- La Teoría de Probabilidad trata fenómenos que pueden ser modelados por experimentos cuyos resultados están gobernados por el azar (se denominan *experimentos aleatorios*). Estos experimentos aleatorios están caracterizados por
 - Los experimentos son repetibles bajo idénticas condiciones
 - El resultado de un experimento es impredecible
 - Si el experimento se realiza un gran número de veces, el resultado exhibe una cierta regularidad estadística (se observa un comportamiento promedio).



Probabilidades

- ¿En qué consisten las probabilidades?
- Indican incertidumbre acerca de un evento que:
 - Ocurrió en el pasado
 - Ocurre en el presente
 - Ocurrirá en el futuro



H. R. Alvarez A., Ph. D.



Enfoques de probabilidad

- Clásico o escuela objetiva
- Frecuencias relativas
- Personalista o subjetivo



H. R. Alvarez A., Ph. D.



Fuentes de las probabilidades

- Historia del pasado
- Juicio subjetivo
- Distribuciones teóricas



H. R. Alvarez A., Ph. D.



La Variable Aleatoria

- Una variable aleatoria es una función que asocia un número real con cada elemento del espacio muestral de un experimento
- **Variable aleatoria discreta:** si se puede contar su conjunto de resultados posible o si están relacionadas con el conjunto de números enteros.
- **Variable aleatoria continua:** Cuando puede tomar valores en la escala continua o está relacionada con un conjunto continuo de valores.



Distribuciones de probabilidad

- Una variable aleatoria toma cada uno de sus valores con cierta probabilidad.
- La función de probabilidad es la representación de todas las probabilidades de una variable aleatoria X mediante una expresión matemática tal que

$$P(X = x) = f(x)$$



Distribuciones de Probabilidad discreta

Distribuciones de probabilidad discretas

- El conjunto de pares ordenados $(x, f(x))$ es una función de probabilidad discreta o distribución de probabilidad discreta de la variable discreta X , si para cada resultado x
 1. $f(x) \geq 0$
 2. $\sum_x f(x) = 1$
 3. $P(X = x) = f(x)$
- La distribución acumulada $F(x)$ de una variable aleatoria discreta X con distribución de probabilidad $f(x)$ es:

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{t \leq x} f(t) \text{ para } -\infty \leq x \leq \infty$$



Media de una variable aleatoria

- La media de una variable aleatoria es el valor más esperado de dicha variable.

$$\mu = E(X) = \sum_x x f(x)$$



Varianza de una variable aleatoria

- Sea X una variable aleatoria con distribución de probabilidad $f(x)$ y media μ , la varianza de X será:

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = \sum_x (x - \mu)^2 f(x)$$

Donde la desviación estándar σ será la raíz de la varianza



Distribución uniforme discreta

- Si la variable aleatoria discreta X toma valores discretos x_1, x_2, \dots, x_k con igual probabilidad, entonces estos valores están distribuidos en función a la Distribución Uniforme Discreta:

$$P(X = x) = f(x; k) = \frac{1}{k}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \mu)^2}{k}$$



El Proceso de Bernoulli

- El experimento consiste en n pruebas iguales que se repiten
- Cada prueba produce un resultado que se puede clasificar como éxito o fracaso
- La probabilidad de un éxito, p , permanece constante en cada prueba
- Cada prueba es independiente



La Distribución Binomial

- En un experimento de Bernoulli puede tener como resultado un éxito con probabilidad p y un fracaso con probabilidad $1-p$. Entonces la distribución de probabilidad de la variable aleatoria X , el número de éxitos en n pruebas independientes es:

$$P(X = x) = f(x; n, p) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

donde

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

$$\mu = np$$

$$\sigma^2 = npq$$

$$P(X \leq x) = \sum_{k=0}^x \binom{n}{k} p^k q^{n-k}$$



Proceso de Poisson

- Son aquellos experimentos donde los resultados ocurren durante un intervalo dado o en una región específica.
- Los resultados que ocurren en un intervalo son independientes de los resultados en otro intervalo o región.
- La probabilidad de que ocurra un solo resultado durante un intervalo muy corto es proporcional a la longitud del intervalo y no depende del número de resultados en otros intervalos.
- La probabilidad de que se den resultados simultáneos en un intervalo es despreciable.



Distribución de Poisson

- Sea X la variable aleatoria asociada con la ocurrencia de eventos en un proceso de Poisson. Esta variable estará distribuida de acuerdo a la siguiente función:

$$P(X = x) = \frac{e^{-1/\lambda} (1/\lambda)^x}{x!}, \text{ para } x = 1, 2, 3, \dots$$

$$P(X \leq x) = \sum_{k=0}^x \frac{e^{-1/\lambda} (1/\lambda)^k}{k!}$$

$$\mu = \sigma = 1/\lambda$$

Donde $1/\lambda$ es el número promedio de eventos por unidad de tiempo



Distribuciones de Probabilidad continuas



Distribuciones de probabilidad continuas

- El conjunto de pares ordenados $(x, f(x))$ es una función de probabilidad continua o función de densidad de probabilidad de la variable aleatoria continua X , definida en el conjunto de números reales \mathbb{R} , si:
 - $f(x) \geq 0$, para toda $x \in \mathbb{R}$
 - $\int_{\mathbb{R}} f(x) = 1$
 - $P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx$
- La distribución acumulada $F(x)$ de una variable aleatoria continua X con distribución de probabilidad $f(x)$ es:

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt \text{ para } -\infty \leq x \leq \infty$$



Media de una variable aleatoria

- La media de una variable aleatoria es el valor más esperado de dicha variable.

$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x) dx$$



Varianza de una variable aleatoria

- Sea X una variable aleatoria con distribución de probabilidad $f(x)$ y media μ , la varianza de X será:

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx$$

Donde la desviación estándar σ será la raíz de la varianza



Distribución uniforme

- Una variable aleatoria continua X tendrá una distribución uniforme en el intervalo $[a, b]$ de la forma:

$$f(x) = \frac{1}{b-a}$$

$$P(X \leq x) = \int_0^x \frac{dy}{b-a}$$

$$\mu = \frac{a+b}{2}, \sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$$



Distribución exponencial

- La variable aleatoria continua X tiene una **distribución exponencial** con parámetro λ si su función de probabilidad está dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x > 0 \\ 0, & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

$$P(X \leq x) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda y} dy$$

$$P(0 \leq X \leq x) = 1 - e^{-\lambda x}$$

$$\mu = 1/\lambda, \quad \sigma = 1/\lambda$$



Donde $1/\lambda$ es el número promedio de eventos por unidad de tiempo

Distribución normal

- Es la distribución más importante en el campo de la estadística
- La curva normal describe aproximadamente muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza
- Desarrollada en 1733 por Abraham DeMoivre
- Aunque fue Karl Fiedrich Gauss quien demostró su aplicabilidad



Distribución normal

- La función de probabilidad de la variable aleatoria normal X , con media μ y varianza σ^2 está dada por:

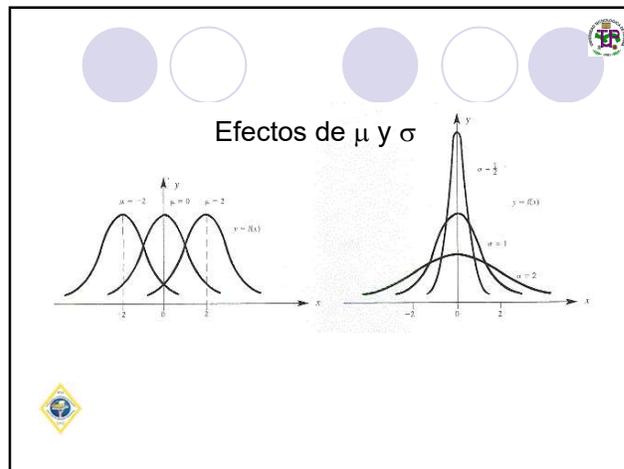
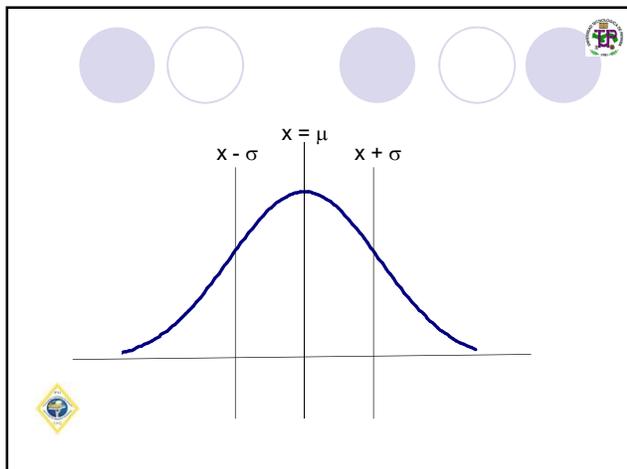
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2}, \quad -\infty < x < \infty$$



Características de la curva normal

- La variable aleatoria normal X se expresa como $N(\mu, \sigma^2)$
- La moda está localizada en el punto donde $x = \mu$
- La curva es simétrica en el eje de la media μ
- Sus puntos de inflexión están en $x = \mu \pm \sigma$
- Se aproxima al eje horizontal de manera asintótica en ambos lados
- Su área total es igual a 1





Áreas bajo la curva normal

- Es matemáticamente difícil calcular las probabilidades o el área bajo la curva normal:

$$P(x_1 < X < x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} dx$$

- Se determina el valor normalizado estándar tal que $N(0,1)$

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

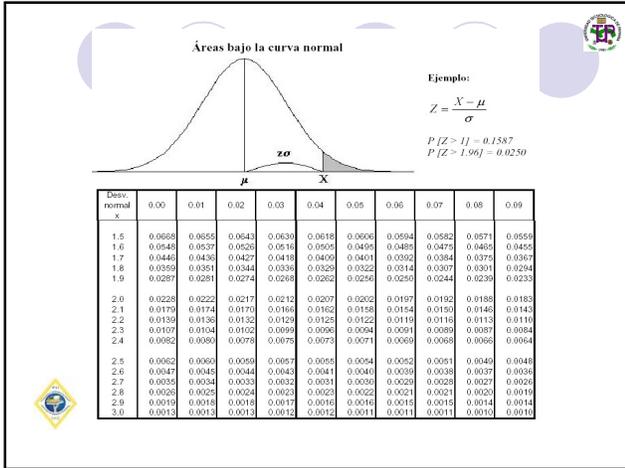
Áreas bajo la curva normal

Ejemplo:

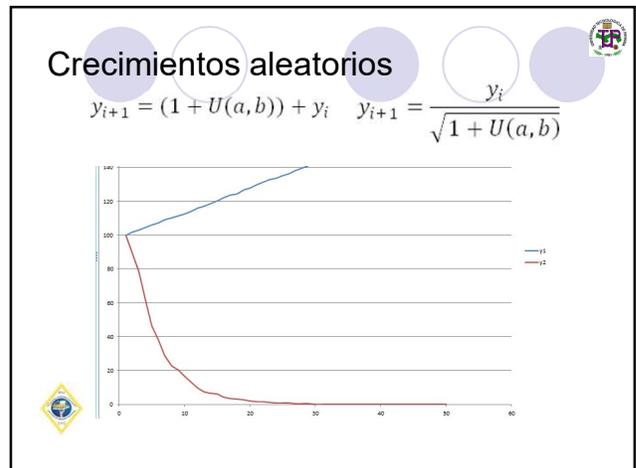
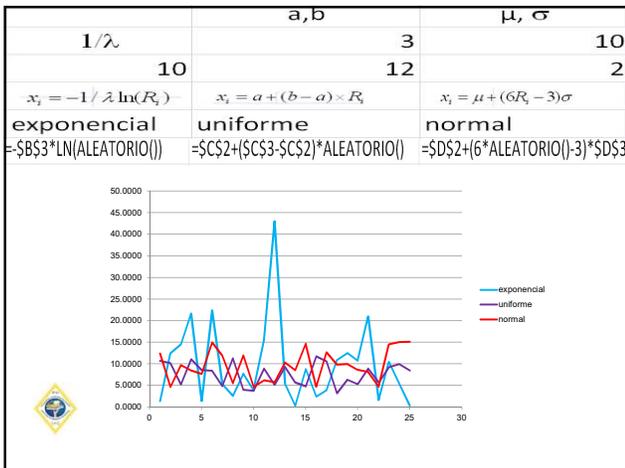
$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

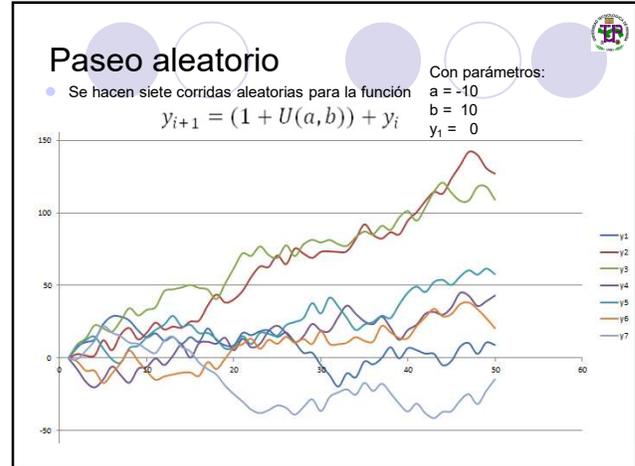
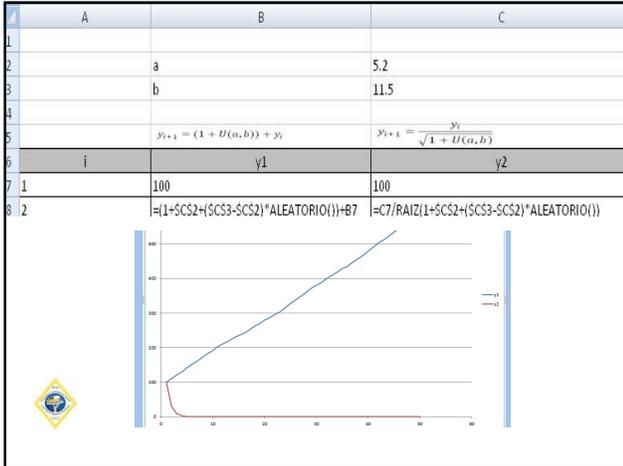
$P[Z > 1] = 0.2420$
 $P[Z > 1.96] = 0.0250$

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2675	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2032	0.2003	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1359	0.1336	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.9985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0809	0.0793	0.0777	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681



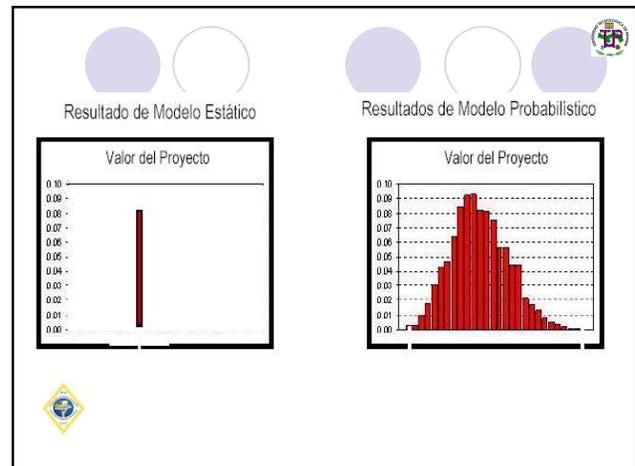
Simulando procesos estocásticos estacionarios





Modelado estocástico

- Cuando se realiza un análisis determinístico a un modelo, una serie de supuestos y variables producen un resultado de valor único.
- Mientras que un análisis estocástico o probabilístico le da al analista un rango de valores como resultado.
- Los resultados estocásticos son mucho más realistas que estimados de valor único ya que se enfocan tanto en la probabilidad de ocurrencia como en las consecuencias o impactos de los riesgos potenciales.



Métodos Monte Carlo

- Abarcan una colección de técnicas que permiten obtener soluciones de problemas matemáticos o físicos por medio de pruebas aleatorias repetidas.
- En la práctica, las pruebas aleatorias se sustituyen por resultados de ciertos cálculos realizados con números aleatorios.



Simulación de Monte Carlo

- Es una técnica de análisis de riesgos que incorpora múltiples simulaciones de resultados con la variabilidad de elementos individuales para producir una distribución de resultados potenciales.
- Para cada simulación, la herramienta de simulación Monte Carlo escoge al azar un valor para cada evento de riesgo dentro de su rango de valores posibles, pero de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia de cada uno de éstos.
- Luego se combinan los valores escogidos al azar para generar un solo resultado para una simulación. Este proceso se repite un cierto número de veces (típicamente más de 1,000 iteraciones), y se produce un rango de resultados potenciales igualmente probables.



Historia

- El método fue llamado así por el principado de Mónaco por ser "la capital del juego de azar", al tomar una ruleta como un generador simple de números aleatorios.
- El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Monte Carlo datan de circa 1944 con el desarrollo de la computadora.
- El uso real de los métodos de Monte Carlo como una herramienta de investigación, proviene del trabajo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial.
- Este trabajo involucraba la simulación directa de problemas probabilísticos de hidrodinámica concernientes a la difusión de neutrones aleatorios en material de fusión.



Algoritmo

- *Determinar la/s V.A. y sus distribuciones acumuladas(F)*
 - *Generar un número aleatorio*
 - *uniforme $\in (0,1)$.*
 - *Determinar el valor de la V.A. para el número aleatorio generado de acuerdo a las clases que tengamos.*
- } Iterar tantas veces como muestras necesitamos
- *Calcular media, desviación estándar error y realizar el histograma.*
 - *Analizar resultados para distintos tamaños de muestra.*



Números aleatorios

- Deben tener igual probabilidad de salir elegidos.
- No debe existir correlación serial
- Se generan por tablas (Rand 1955), o por dispositivos especiales: ruleta.
- En la práctica se utilizan algoritmos y se generan números pseudo aleatorios.
 - Sustituyen a los números aleatorios.
 - Se generan por algoritmos o fórmulas.
 - Se debe asegurar la existencia de secuencias largas y densas.

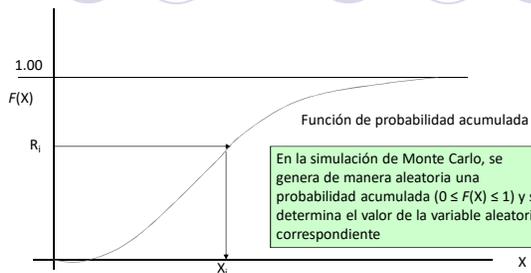


Generación de números pseudo aleatorios

- ♦ *Centros Cuadrados:*
 - $44^2 = 1936 \Rightarrow 93$
- ♦ *Métodos Congruenciales:*
 - $x_n = (ax_{n-1} + c) \pmod{m}$
- ♦ *Transformación Inversa*
 - $x = F^{-1}(x)$ siendo $F(x) = \text{Prob}(X \leq x)$



La función de probabilidad invertida



Otros elementos importantes

Número de réplicas $T = \frac{t_{\alpha}^2 p_H (1 - p_H)}{A^2}$

Intervalo de confianza $\bar{X} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$



Funciones generadoras

Exponencial :

$$x_i = -1 / \lambda \ln(R_i)$$

Uniforme :

$$x_i = a + (b - a) \times R_i$$

Normal :

$$x_i = \mu + (6R_i - 3)\sigma$$



Ejemplo: Se tiene la siguiente distribución de la demanda (días):

Demanda	Frecuencia
42	17
45	20
48	40
51	15
54	10



Modelar estocásticamente su comportamiento y encontrar sus parámetros principales. Hacer un análisis de los mismos.

Ejemplo 2

Se quiere analizar la rentabilidad de una inversión a cuatro años de cierto producto.

Se estima que la demanda del mismo está uniformemente distribuida con valores entre 8 y 13 unidades anuales con un precio de \$35,000 cada una. Los costos fijos anuales son de \$15,000 y los variables del 75% de las ventas. La depreciación anual del equipo necesario es de \$10,000 y se estima una inversión de \$150,000. El costo de capital es del 10% y los impuestos se calculan en base a una tasa del 34%.

A fin de tener un estimado realista, se sugiere desarrollar 100 simulaciones del comportamiento de la inversión y calcular el promedio del valor presente de la misma antes de tomar una decisión.



	B	C	D	E	F
1	\$ 150,000.00		Costos variables	75%	de lo
2	\$ 35,000.00		Costo de capital	10%	
3	\$ 15,000.00		Impuestos	34%	
4	\$ 10,000.00		Demanda	max	13
5				min	8

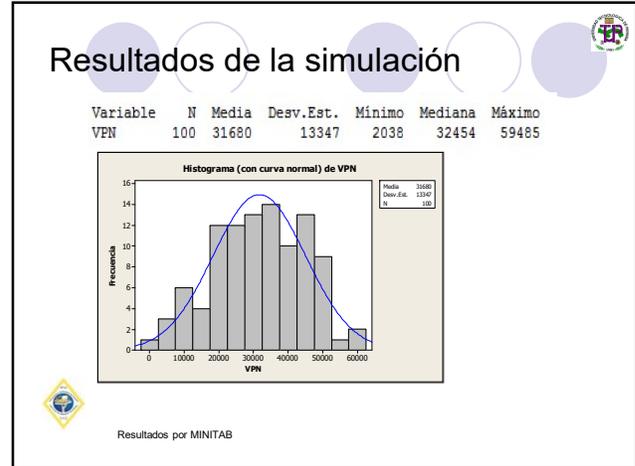
	A	B	C
13	Unidades vendidas		=REDONDEAR(\$F\$5+(SF\$4-SF\$5)*ALEATORIO(),0)
14	Ingresos por ventas		=\$B\$2*C13
15	Costos variables		=\$E\$1*C14
16	Costos fijos		=\$B\$3
17	Depreciación anual		=\$B\$4
18	UAI		=C14-SUMA(C15:C17)
19	Impuestos		=\$E\$3*C18
20	Utilidad Neta		=C18-C19
21	Mas: Depreciación anual		=\$B\$4
22	Flujo Neto	=B12	=C20+C21
23			
24		VPN	=VNA(E2:C22:F22)+B22

Inversión inicial	\$ 150,000.00	Costos variables	75% de los ingresos
Precio de venta	\$ 30,000.00	Costo de capital	15%
Costos fijos	\$ 15,000.00	Impuestos	34%
Depreciación anual	\$ 10,000.00	Demanda	max 13 min 6

Año	0	1	2	3	4
Inversión inicial	\$ 150,000.00				
Unidades vendidas	10	10	13	10	
Ingresos por ventas	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00	\$ 390,000.00	\$ 300,000.00	
Costos variables	\$ 225,000.00	\$ 225,000.00	\$ 292,500.00	\$ 225,000.00	
Costos fijos	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	
Depreciación anual	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	
Utilidad	\$ 65,000.00	\$ 65,000.00	\$ 87,500.00	\$ 65,000.00	
Impuestos	\$ 21,250.00	\$ 21,250.00	\$ 28,312.50	\$ 21,250.00	
Utilidad Neta	\$ 43,750.00	\$ 43,750.00	\$ 59,187.50	\$ 43,750.00	
Max. Depreciación anual	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	
Flujo Neto	\$ (150,000.00)	\$ 51,250.00	\$ 51,250.00	\$ 69,187.50	\$ 51,250.00

Valor presente \$ 25,472.13

	A	B
1 Simulación	VPN	
2	1	25,472.13
3	2	25,073.75
4	3	51,566.91
5	4	13,781.29
6	5	25,073.75
7	6	31,566.91
8	7	29,455.42
9	8	50,967.03
10	9	28,639.49
11	10	44,338.21
12	11	16,906.57
13	12	59,018.15
14	13	24,643.81
15	14	33,412.22
16	15	3,344.03
17	16	20,738.85
18	17	21,567.17
19	18	38,967.65
20	19	36,494.86
21	20	36,493.29
22	21	46,073.75
23	22	49,158.90



Algunos conceptos básicos en el Análisis de Redes Sociales

Humberto R. Álvarez A., Ph. D.

<http://www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez>
<http://senacyt11-30.webs.com>

¿Qué es una Red Social?

- Una red social consiste de
 - Un conjunto de lazos diádicos, todos del mismo tipo compuesto de:
 - una colección de nodos (personas, organizaciones o grupos) ...
 - unidas por una colección de arcos que incorpora un conjunto de atributos así como diferentes conceptos de distancia entre los nodos (Dekker 2001).
 - Un arco es un episodio de una relación social

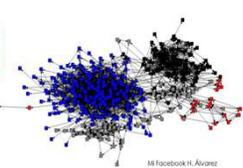
http://www.army-technology.com/features/feature123872/feature123872-3.html

Tipo de relaciones

- **Parentesco**
 - Madre de, esposa de
- **Otros roles**
 - Jefa de, profesor de
 - Amigo de
- **Cognitivo-perceptual**
 - Conoce
 - Sabe a quiénes conocen
- **De negocios**
 - Socio
 - Trabaja en
 - Compra en
- **Afectivo**
 - Le gusta, confía ...
- **Interacciones**
 - Da consejo, habla con, compite con
 - Relaciones sexuales, se droga con
- **Afiliaciones**
 - Pertenece a los mismos clubes
 - Está cerca físicamente
- **Sociológicas**
 - Dónde viven
 - Idioma
 - Política
- **Epidemiología**
 - Quién contagia
 - Cómo contagia
- **Ecología**
 - Tipo de contaminación
 - Quién contamina

¿Qué es el Análisis Sociales de Redes Sociales?

- Nace a principios del siglo XX con trabajos de sicología, antropología y sociología.
- En 1967, el psicólogo estadounidense Stanley Milgram introduce el concepto "del problema del mundo pequeño " y prueba su teoría y aparece la idea de los 6 grados de separación.
- Como herramienta social cuantitativa, fue propulsado por Alba (1973) quien en su trabajo seminal lo definió como la aplicación de teoría de grafos para representar relaciones sociales
- Tiene como objetivo el análisis de organizaciones, enfocado en los tipos de relaciones más que en los individuos (Dekker, 2001).



Campos del conocimiento académico

ANÁLISIS DE REDES

- Antropología
- Sociología
- Psicología
- Ecología
- Estudios de Organización
- Epidemiología
- Lingüística
- Ciencia Política

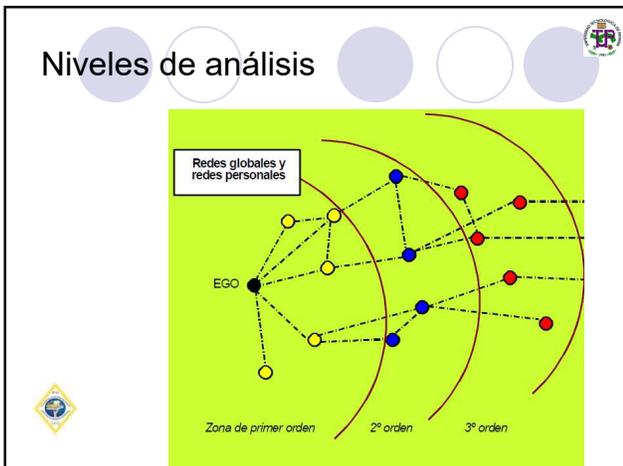
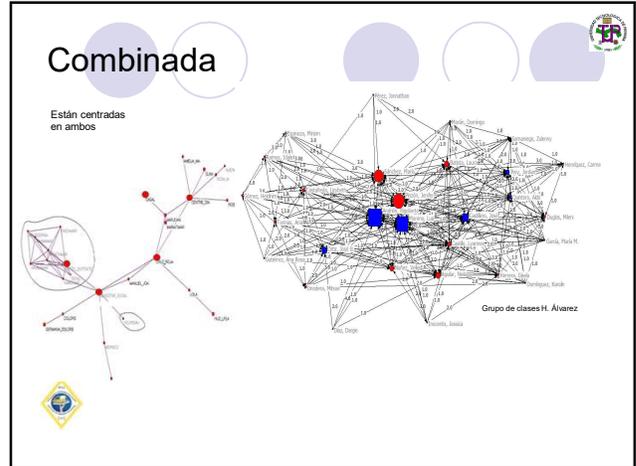
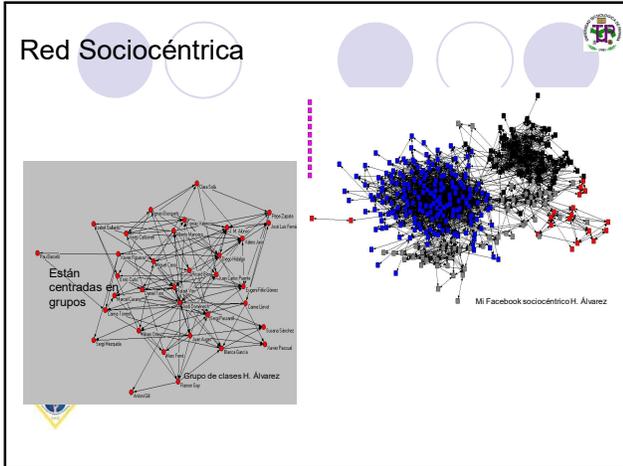
Estadística

Matemática:

- Teoría de grafos
- Teoría de grupos
- Álgebra de matrices

Experimento de Milgram





- ### Uso de matrices para representar datos
- Cuando hay muchos actores y / o muchos tipos de relaciones, pueden llegar a ser tan visualmente complicados que es muy difícil ver patrones directamente en los gráficos.
 - Es posible representar información sobre redes sociales en forma de matrices.
 - La forma más común de matriz en el análisis de redes sociales es una matriz cuadrada-
 - Los elementos en las celdas de la matriz registran información sobre los lazos entre cada par de actores.
 - La matriz más simple y más común es binaria. Si un lazo está presente, uno se introduce en una celda; Si no hay lazo, se introduce un cero.
 - Será simétrica si existen relaciones bidireccionales en cada uno de los miembros de la red.
 - Se denomina "matriz de adyacencia" porque representa a quién está próximo o al lado de quién en el "espacio social" mapeado por las relaciones que medidas.

De matriz a red Ejemplo

	Roberto	María	Pedro	Alicia
Roberto	---	1	1	0
María	0	---	1	0
Pedro	1	1	---	1
Alicia	0	0	1	---

DESCRIPTIVE STATISTICS

	1	2	3	4
	OutDegree	InDegree	Weighted	Weighted
1	2,000	1,000	300,000	300,000
2	1,000	2,000	60,000	120,000
3	3,000	2,000	33,333	66,667
4	1,000	1,000	33,333	33,333

Network Centralization (Outdegree) = 51.5688
Network Centralization (Indegree) = 51.5688

Perspectiva de una red

Relaciones vs Atributos:

- Las características individuales pueden ser comparadas
- Las personas influyen en otras, las ideas y los materiales fluyen
- Es posible predecir una acción y/o comportamiento

Midiendo los atributos de una red social (Borgatti, 2003)

- Su análisis implica estudios sobre las características de las relaciones, los individuos y la fortaleza de sus vínculos, así como las preferencias en las relaciones y la posición de los individuos dentro de las relaciones de la red
 - Intensidad de la relación
 - Capacidad informativa del lazo
 - Volumenes de flujo o tráfico a través lazo
 - Distancias entre nodos
 - Probabilidades de pasar información
 - Frecuencia de interacción

¿Por qué hablar del manejo de datos?

- El ARS se enfoca en encontrar:
 - Relaciones más que atributos de los actores.
 - Sentido de interdependencia
 - Estructura de las relaciones
 - Efectos emergentes
- Requiere de una metodología distinta de recolección de datos, análisis estadístico y representación visual.
 - Está orientado más hacia relaciones diádicas y no individuales.
 - Parentesco, Rol Social, relaciones afectivas, relaciones cognitivas, acciones, similitud, co-ocurrencia, matemáticas, etc.



Variables de red

La data permite conocer las relaciones

- El *contenido* se refiere a la clase de recurso que se está intercambiando y, más específicamente, a un atributo particular de la relación social a la que se hace referencia.
- La *dirección* o direccionalidad (si existe) de la comunicación.
- La *intensidad* de la relación también conocida como la intensidad del vínculo, medida a través de la frecuencia y/o el volumen de información intercambiado.

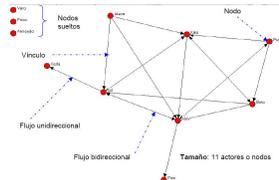


Elementos básicos de una red social

Nodos o actores. Son las personas o grupos de personas que se encuentran en torno a un objetivo común. Por ejemplo, en la Figura 1 tenemos a un grupo de amigos donde cada uno de ellos constituye un nodo. Usualmente los nodos o actores se representan por círculos. La suma de todos los nodos representa el tamaño de la Red.

Vínculo. Son los lazos que existen entre dos o más nodos. En una Red de amistad, por ejemplo, un actor muestra un vínculo directo con otro actor. Los vínculos o relaciones se representan con líneas.

Flujo. Indica la dirección del vínculo. Tomando el ejemplo de nuestra Red de amistad (Figura 1), Gil dice tener amistad con Karla pero Karla no dice tener amistad con Gil (*flujo dirigido o unidireccional*). Los flujos se representan por una flecha que indica el sentido. Es posible que también existan flujos mutuos o *bidireccionales*, como el caso en que Kiko referencia a Beto como su amigo y viceversa. Cuando un actor no tiene ningún tipo de flujo, lo que a su vez implica ningún vínculo, se dice que este nodo está suelto dentro de la Red.



Estructura de datos

- Los datos, a diferencia de las estructuras tradicionales son presentados en forma de una matriz normal:
 - Cuadrada: mismo número de filas que de columnas
 - Idéntica: misma denominación a filas y columnas
- Los nodos muestran el flujo entre actores.
 - Puede haber flujos unidireccionales y bidireccionales
 - Para flujo unidireccionales, la matriz es simétrica.
- En general se tiene una matriz binaria (dicotómica), donde la diagonal principal es siempre 0, tal que:

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{si no hay relación} \\ 1, & \text{si la relación existe} \end{cases}$$



En otros casos, x_{ij} puede ser diferente, pero siempre los indicadores se fundamentan en la característica dicotómica.

Un campo en rápido crecimiento...

- Académico
 - Múltiples campos de desarrollo, desde la ecología a la epidemiología ...
- Cultura popular
 - Juegos, películas, televisión ...
 - Forbes, Fortune, NY Times ...
- Empresarial
 - Nuevos conceptos y herramientas para los consultores en administración
 - Nuevas fórmulas organizativas: gestión del conocimiento



ARS como herramienta de innovación social

- Relación entre ingeniería y sociedad.
- Porque busca generar valor social.
- Permite desarrollar prácticas que permiten responder a un conjunto de necesidades sociales no satisfechas.
- Permite generar cambios sociales en la calidad de vida de los grupos involucrados.
- Permite desarrollar capacidades para fortalecer la sostenibilidad y equidad en la sociedad.



Fuentes...

- Revistas especializadas
 - Social Networks, (desde 1979)
 - CONNECTIONS, boletín oficial del INSNA
 - Journal of Social Structure (revista electrónica)
 - REDES. Revista hispana para el análisis de redes sociales (<http://revista-redes.rediris.es>)
- Manuales
 - Degenne & Forsé. 1999.
 - Scott, John. 1991/2000.
 - Wasserman & Faust. 1994.



Herramientas de apoyo

- Programas
 - UCINET 6/NETDRAW; PAJEK, STRUCTURE; GRADAP; KRACKPLOT, EGONET, NodeXL, ETC.
- Talleres de formación periódicos
 - Conferencias Sunbelt
 - ICPSR
 - Academy of Management
- Listserv
 - Web REDES



Finalmente, ¿qué define el ARS?

- El fenómeno estudiado
 - Se trata de datos distintos
 - La perspectiva adoptada
 - Seguramente una sola perspectiva pero múltiples
- teorías
- Las metodologías y herramientas utilizadas
- Nuevos conceptos, nuevas herramientas

2. Midiendo características de la red

Humberto R. Álvarez A., Ph. D.

<http://academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez>

Medidas individuales

Grado de centralidad

- El número de conexiones inmediatas que tiene un determinado nodo en la red, sin considerar la dirección y el valor o fuerza de la conexión. Se puede decir que este valor mide el nivel de actividad o participación de un determinado actor dentro de la red social.
- Sea $C_D(i)$ el grado de centralidad para un actor i en una red de n nodos y x_j la existencia de una conexión entre el actor i y el actor j tomada de la matriz de relaciones explicada, entonces:

$$C_D(i) = \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ji}, \quad \bar{C}_D(i) = \frac{C_D(i)}{n-1}$$

Grado de centralidad desde y hacia el actor

- Grado de relaciones de salida (desde) del actor i (Outdegree centrality):

$$C_o(i) = \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

- Grado de relaciones de entrada (hacia) del actor i (Indegree centrality):

$$C_i(i) = \sum_{j=1}^n x_{ji}$$

Grado de Intermediación

- Considera la localización dentro de la red y no solamente las relaciones existentes.
- Mide que tan seguido un nodo dado está conectando (de intermediario) entre dos nodos dados, calculando cuantas veces un actor está en el camino más corto entre otros dos actores.
- Sean $C_B(k)$ el grado de centralidad del nodo k , g_{jk} el número de conexiones entre los actores i y j que pasan por el nodo k , y g_{ij} el número de conexiones entre los nodos i y j :

$$C_B(k) = \sum_{\text{en el número de enlaces entre } i \text{ y } j} \frac{g_{ijk}}{g_{ij}}, \quad \bar{C}_B(k) = \frac{C_B(k)}{\frac{(n-1)(n-2)}{2}}$$

Grado de cercanía

- Mide el grado de dependencia existente por un nodo para transmitir información a otros nodos.
- Prell [2] afirma que el Grado de Cercanía puede verse como un indicador de la capacidad de un actor determinado para influenciar en la red y obtener información de diferentes nodos.
- Esta medida es función de la cantidad de cercanía de los arcos existentes entre un actor dado y otros actores de la red.
- Sean $C_c(i)$ el grado de cercanía para un actor i , y d_{ij} la distancia conectando el actor i al actor j .

$$C_c(i) = \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad \bar{C}_c(i) = \frac{n-1}{C_c(i)}$$

Valores propios

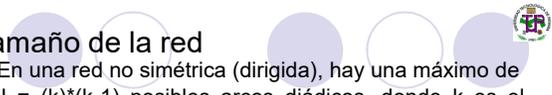
- Es una medida de la importancia de un nodo en una red.
- Asigna pesos relativos a cada nodo basados en el principio en que conexiones a nodos de alto valor contribuyen más al peso del nodo en comparación con otros nodos de menor peso.

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j \in M(i)} x_j = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^N A_{i,j} x_j$$

- Mide la cantidad de conexiones que tiene con otros actores en función de su grado de centralidad.
- Este valor permite conocer los actores inmediatamente adyacentes al actor focal. Permite medir el grado de influencia de cada individuo.



Medidas grupales

Tamaño de la red

- En una red no simétrica (dirigida), hay un máximo de $N = (k) \cdot (k-1)$ posibles arcos diádicos, donde k es el número de nodos. En caso de redes simétricas (no dirigidas), el número de arcos diádicos será de $N/2$.
- El número máximo de enlaces que un nodo dado puede tener es $k-1$.
- El número de posibles relaciones lógicas crece exponencialmente a medida que el número de actores aumenta linealmente.
- El tamaño es crítico para la estructura de una red social debido a los recursos ilimitados y las capacidades que cada actor tiene para crear y mantener sus lazos.




Densidad de la red

- Es la proporción de vínculos en una red en relación con el total de vínculos posibles (redes escasas versus densas).
- Sean d_i la densidad de una red con respecto a un actor i , n el número de nodos conectados al nodo i y L la cantidad de enlaces entre los nodos,

$$d_i = \frac{2L}{n(n-1)}$$



Coefficiente de agrupamiento (clustering)

- Una manera de medir el grado en el que un grafo muestra agrupamiento es examinar los actores conectados a un actor específico (ego) y calcular la densidad de ese vecindario.
- El grado de agrupamiento será el promedio de la densidad calculada para cada uno de los nodos.
- En el caso de que las redes tengan una gran variabilidad en sus densidades, se considerará una densidad ponderada, dando mayor ponderación a las que tengan mayor conexiones.



Redes egocéntricas

- Permite conocer el grado de fortaleza de la intermediación de un líder dentro de una red social.
- Está compuesta por aquellos actores alrededor de un individuo específico.
- Permite estudiar cómo estos individuos centrales (o egos) pueden influenciar, o son influenciados, por sus vecinos (o alters). Algunas medidas son
 - **Tamaño de la red egocéntrica:** número de nodos que se conectan directamente con el nodo ego, incluyendo a dicho nodo.
 - **Número de conexiones directas:** número de conexiones - entre todos los nodos en la red egocéntrica.
 - **Número de pares ordenados:** posibles conexiones directas en cada red egocéntrica.
 - **Densidad:** porcentaje de conexiones presentes en la red egocéntrica.
 - **Distancia Geodésica Promedio:** es el promedio de las distancias más cortas entre todos los pares conectados.
 - **Diámetro de la red egocéntrica:** es la longitud del arco más largo entre los actores conectados. Mide la expansión o distancia entre los pares más alejados.
 - **Número de componentes débiles:** Un componente débil equivale al mayor número de actores conectados sin considerar la dirección de la conexión vecinas. Los componentes fuertes, por el contrario, consideran la dirección de la conexión.
 - **Intermediación:** Mide el porcentaje de todos los caminos geodésicos que entre vecinos que pasan por el ego.

Agujeros estructurales

- Un agujero estructural dentro de una red aparece cuando no hay redundancia en la comunicación entre varios nodos.
- Los nodos centrales que unen los diferentes elementos de la red concentran la capacidad de comunicar a otros miembros actuando como enlaces, tratando de que haya oportunidades para la mayor parte de los miembros de la red para recibir información de los otros miembros.
- Definen la relación puente existente entre diferentes grupos que participan de flujos de información diferentes.
- Redes que muestren muchos huecos estructurales proporcionarán información más variada, menos redundante, que las redes con menos huecos estructurales.

Medidas características de los agujeros estructurales

- **Redundancia diádica** (Dyadic redundancy) indica el grado de redundancia entre las conexiones. Determina, para actor en la red egocéntrica, cuántos otros actores en la red están conectados con los otros actores. Entre mayor la proporción, mayor la redundancia de la red.
- **Restricción diádica** (Dyadic constraint): es una medida que muestra el nivel en que la relación entre el ego y los diferentes alters restringe al ego. En otras palabras mide las alternativas existentes en la comunicación entre el ego y sus alters.
- **Tamaño efectivo de la red** (Effective size of the network (EffSize)) muestra el número de conexiones efectivas existentes entre el ego y sus alters.
- **Eficiencia** (Efficiency (Efficie)): muestra la proporción que la red egocéntrica no es redundante. En otras palabras, muestra el grado el impacto que tiene el ego con sus alters.
- **Restricción** (Constraint (Constra)): es una medida general que explica hasta que ego están conectados entre ellos también, el ego está altamente restringido en su influencia, porque los alters pueden comunicarse entre ellos sin necesidad del ego.

Redes Bipartitas

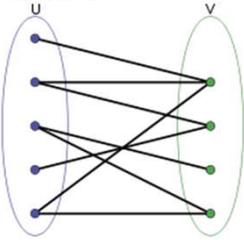
- Supóngase que se tiene una red compuesta de actores y eventos. En ese caso no se tienen incidencias individuos. Las relaciones serán la unión de actores con los diferentes eventos en los que participan.
- Cualquier matriz de relaciones de dos modos puede definirse como una red bipartita.
- Estas describen relaciones entre nodos que están en dos diferentes niveles de análisis.
- Las relaciones bimodales ofrecen posibilidades analíticas ya que permiten entender relaciones "macro-micro".

Red bipartita

- Es un grafo $G=(N,E)$ cuyos vértices se pueden separar en dos conjuntos disjuntos U y V , es decir, tal que :

$$U \cup V = N$$

$$U \cap V = \emptyset$$



Navieras que llegan a diferentes puertos en Centroamérica

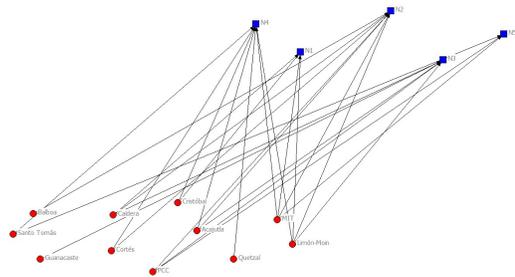
	N1	N2	N3	N4	N5
Limón-Moin	1	1	1	1	0
Cortés	0	1	0	1	0
Quetzal	0	0	0	1	0
Santo Tomás	0	0	0	1	1
Acajutla	0	1	1	1	0
Caldera	1	1	1	0	0
Guanacaste	0	0	1	0	0
Balboa	0	1	0	0	0
Cristóbal	1	0	0	1	0
MIT	1	1	0	1	1
PCC	0	1	1	0	1

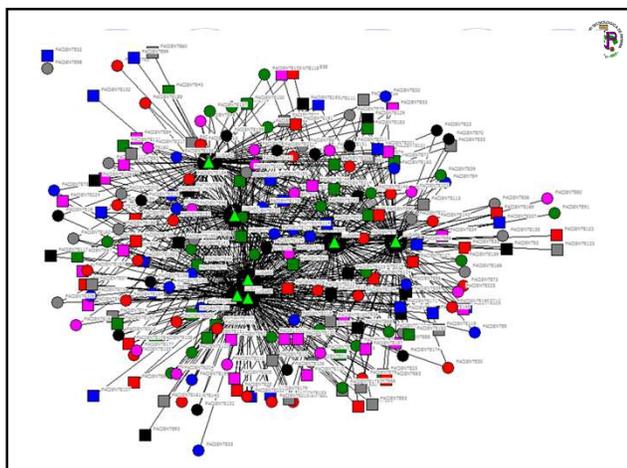
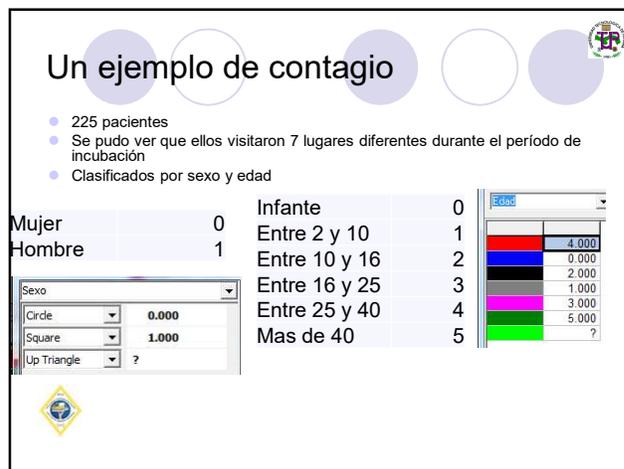
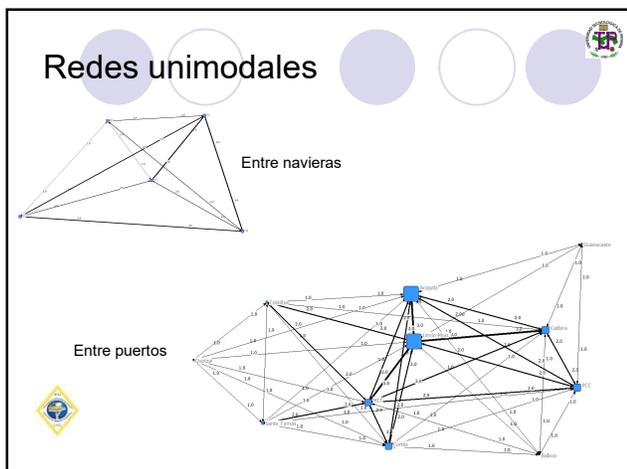
Diagramas unimodales resultantes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Limón	Corté	Quetz	Santo	Acaju	Calde	Guana	Balbo	Crist	MIT	PCC	
1	Limón-Moin	4.000	2.000	1.000	1.000	3.000	3.000	1.000	1.000	2.000	3.000	2.000
2	Cortés	2.000	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	0.000	1.000	1.000	2.000	1.000
3	Quetzal	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000
4	Santo Tomás	1.000	1.000	1.000	2.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	2.000	1.000
5	Acajutla	3.000	2.000	1.000	1.000	3.000	2.000	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000
6	Caldera	3.000	1.000	0.000	0.000	2.000	3.000	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000
7	Guanacaste	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000
8	Balboa	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	1.000
9	Cristóbal	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	2.000	2.000	0.000
10	MIT	3.000	2.000	1.000	2.000	2.000	2.000	0.000	1.000	2.000	4.000	2.000
11	PCC	2.000	1.000	0.000	1.000	2.000	2.000	1.000	1.000	0.000	2.000	3.000

	1	2	3	4	5	
	N1	N2	N3	N4	N5	
1	N1	4.000	3.000	2.000	3.000	1.000
2	N2	3.000	7.000	4.000	4.000	2.000
3	N3	2.000	4.000	5.000	2.000	1.000
4	N4	3.000	4.000	2.000	7.000	2.000
5	N5	1.000	2.000	1.000	2.000	3.000

Red bipartita





	LUGAR1	LUGAR2	LUGAR3	LUGAR4	LUGAR5	LUGAR6	LUGAR7
LUGAR1	117	63	65	57	64	59	61
LUGAR2	63	110	62	54	58	50	55
LUGAR3	65	62	120	67	60	62	69
LUGAR4	57	54	67	115	56	66	63
LUGAR5	64	58	60	56	115	58	64
LUGAR6	59	50	62	66	58	119	65
LUGAR7	61	55	69	63	64	65	120