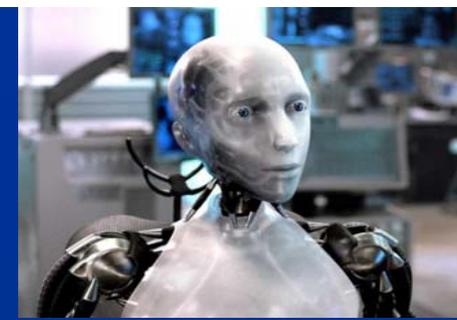


# La Computación del Futuro



## Inteligencia Artificial & Procesamiento de Lenguaje Natural

**Andrés T. Hohendahl**

### Investigación y Docencia

Laboratorio de Estereología y Mecánica Inteligente

Facultad de Ingeniería, UBA.

IIBM (Instituto de Ingeniería Bio Médica)

Facultad de Ingeniería, UBA.

### Empresas y Emprendimientos

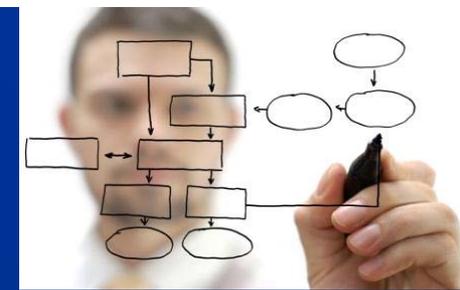
CEO, [www.PandoraBox.com.ar](http://www.PandoraBox.com.ar) (software & services)

CEO, MoneyBox s.a. (mobile payment)

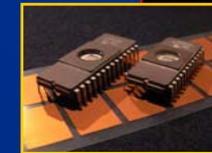
AndySoft (1982-1990)

# ¿Por qué estoy aquí?

..tal vez fui pionero en..



- Mezclador Digital p/Bandejas Magnéticas "Schön" (1976)
  - 16 C.I., DC-300Khz floating out., Eq. RIIAA Mon.Out: 2x1W
- Iluminación de Emergencia Electrónica p/Quirófanos (1977)
  - Nota en Clarín, joven Inventor (Empresa: Janan)
- Atari CX 2600 (AndySoft 1983)
  - Conversión de juegos Atari 2600 NTSC a PAL-N (soft + hard)
  - Fabricación de Equipos y Cartuchos Nacionales (Artkaris)
- Multi-Copiador/Editor de EPROMS (AndySoft 1984)
  - Identifica dispositivo c/detección de fallas + Algoritmo inteligente.
  - Usado en producción de Cartuchos Atari 2600 Nacionales
- Interfase Paralelo (AndySoft C-64/128, 1985)
  - Super CP/M 3.0+ (400% speed-Up + Interfase Centronics, 8 bits)
  - Driver de Emulación CGA (IBM-PC) sobre CP/M3.0 c/gráficos (C-128)
  - Protección anticopia x software en FDD 5¼" (C-128 / CP/M)
- Boleto Electrónico de Transporte (1986)
  - Sistema óptico c/troquel y algoritmo criptográfico (Informática s.a.)
- Sistema de Desarrollo para  $\mu$ P 68xx 65xx y Z80 (UBA, 1987)
  - ICE (In-Circuit Emulator) + Debugger + Cross-Assembler (Ingeniería)
- Gestión Integral de Producción (AndySoft, 1987)
  - Turbo Pascal 3.0: CP/M 3.0 + IBM-PC (Inarbú srl., Luchenio s.a.)



Andrés T. Hohendahl

# Introducción



- Que es la Computación?

1. Introducir Datos

- Desde la Realidad Física (cámaras, micrófonos, etc.)
- Desde un Humano (HCI: Human-Computer Interface)



2. Procesar Datos

- Hardware (dispositivo físico donde ocurre el proceso)
- Software (receta para procesar datos con el hardware)



3. Obtener Resultados

- Hacia el Humano
  - Visual Dinámico: Pantallas / Accionamientos / etc.
  - Estáticos: Impresiones en Papel, Fotos y Documentos.
  - Médicos: Marcapasos / Estimuladores / Audífonos / etc.
- Hacia el Entorno
  - Accionamientos / Servo-Controles / Máquinas / Robots



# Introducir Datos

## Interfaz Hombre-Máquina (HCI)



### Directo

#### Movimiento & Posición

- Teclado (QWERTY, Numérico, etc.)
- Mouse (tradicional, posición y accionamiento: clic)
- Táctil (Touch Screen / Force Feedback )
- Acelerómetros, Brújula-3D, GPS



### Indirecto

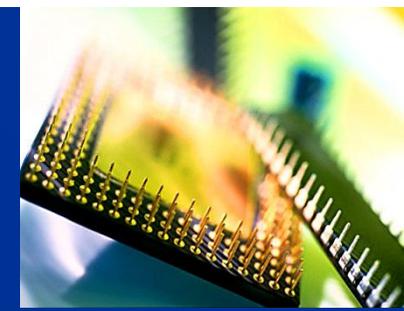
#### Reconocimientos (algoritmos ~ Inteligencia Artificial)

- Lectura de Texto (OCR)
- Auditivo: ASR (Voz a Texto), Entonación, Emoción
- Visual: Caras, Gestos y emoción, etc.
- Lápiz Electrónico: Escritura, Dibujo, Firma y Estilo
- Biométrico: Huella digital, Iris, etc.
- Químico: Gases, Humo, Olores, etc.

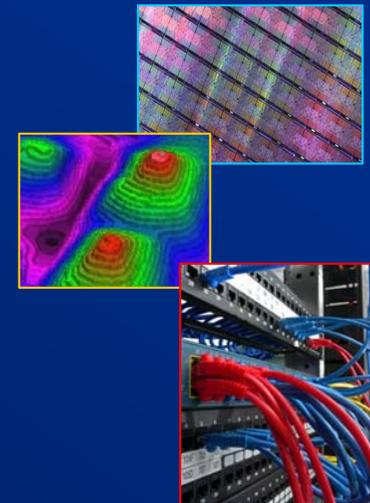


# Procesar Datos

## Los Componentes



- Hardware
  - Crecimiento Geométrico de Complejidad
    - Ley de Moore, empírica (intel, 1965 N° transistores x2 c/18meses)
      - se cumple bastante bien por ahora..
      - Además: Baja Proporcional de Energía por bit procesado
      - Límite: Fenómenos cuánticos (aún resta ~ 100x)
  - Como hay límite de velocidad y disipación de calor
    - Aumenta el N° de CPUs por el mismo costo
      - El Silicio es económico, se hace todo junto!
      - El Chip hoy es 2D, esto es transitorio..
        - » próximamente será 3D
      - Problemas actuales
        - » Velocidad máxima (~4 GHz con Silicio)
        - » Calentamiento (el calor generado debe salir)
        - » Interconexión (es + complejo y ocupa lugar)
        - » Tasa de Fallas, Robustez, Envejecimiento..



# Procesar Datos

## La Cocina Interna



- Hardware

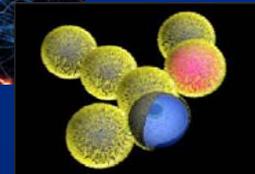
- Modelo Actual: Lógico + Binario + Exacto

- Dispositivos Actuales (semiconductores)
  - Llaves Electrónico-Lógicas: Transistores y Ópticos
  - Implementan: Lógica de Boole procedimental
  - Interconexión: Funcional (Pipes/ALU/Buffers/RAM/etc.)



- Otros Modelos

- Quantum Computing (Cubits)
  - Aún faltan modelos de uso y programación satisfactorios
- Biological / Molecular Computing
  - Evidencia: Inteligencia Natural y Evolución
  - Implementación aún Incipiente:
    - » Modelos Matemáticos y Simulación x Software
    - » No hay modelos de Hardware a escala Industrial
- Next Computing...
  - Descubrir + Desarrollar + ..





# Obtener Resultados

## Interfaz Máquina-Hombre

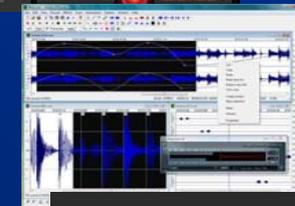


### Mecanismos = Físicos

- **Video:** Luces, CRT/LCD, Proyección, algún día.. 3D real.
- **Audio:** Sonidos, Música, Efectos especiales: 3D (HRTF)
  - Habla: TTS (texto a voz), con prosodia y emoción.
- **Mecánicos:** Vibración, Movimiento & Accionamientos
- **Químicos:** Perfumes, Olores..?

### Elaboración ? Mímica !

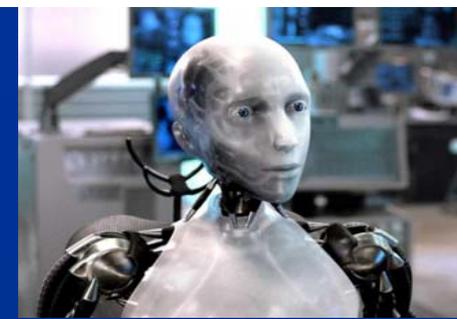
- **Fotos & Videos**
  - Realidad (Memoria Visual y Auditiva)
  - Realidad Virtual (Simulación Visual y Auditiva)
  - Realidad Aumentada (Suma Datos Representados)
- **Música & sonidos**
  - Pre-grabados/compuestos y/o sintetizados.
- **Textos**
  - previamente escritos... (por otros humanos)
  - GLN (Generación de Lenguaje Natural)





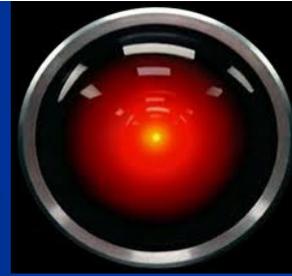
# Inteligencia Artificial

## ¿En Que Consiste?



- Es el conjunto de los técnicas para hallar soluciones 'satisfactorias' a problemas irresolubles en forma directa o por fuerza bruta.
  - **Algoritmos de Aprendizaje Automático**  
Neural Nets (ANN), SVM, HMM (Markov Models), Simulated Annealing, Genetic Programming, Automated Learning, Decision trees (ID3, C4.5), Conditional Random Fields, Clustering, Agents, Dynamic Programming, etc.
  - **Vision Computarizada**  
Lectura de Texto (OCR), Fingerprints/Face Detection, Biometrics, etc.
  - **Robótica (Maquinarias)**  
Movement-Planning, Minimal Path, Dynamic/Adaptive Controls,
  - **Lenguaje Natural**
    - **Procesamiento de Lenguaje Natural** (PLN-es / NLP-en)  
Tokenizers, Chunkers, Grammatical Parsers, Information Extraction, Speech Recognition (ASR), Analyzers, Prediction, Classifiers, etc.
    - **Generación de Lenguaje Natural** (GLN-es / NLG-en)  
Planning, Text to Speech (TTS), Prosodic Modeling, etc.

# Procesamiento de Lenguaje



→ El Texto debe ser comprensible para el SISTEMA!

¿Qué se puede hacer, procesando texto natural?

– **Accionamientos Simples**

- Sistema de Seguridad (palabras/secuencias)

– **Responder Preguntas**

- Acceso Interactivo a Información
- Soporte Automatizado de Productos



– **Brindar Acceso a Servicios**

- Sistemas de Dialogo y Comando
- Búsquedas de Referencia Virtual (Bibliotecas)



– **Realizar Minería de Textos**

- Descubrir Relaciones (Extracción de Información)
- Clasificación Automática de Documentos
- Diagnóstico y Epidemiología (Historias Clínicas)



# Procesar Datos

## Las Palabras



### ¿Qué es una Palabra?

#### Es una unidad/segmento de la comunicación humana

En computación (digitalizada) una palabra no es más que una serie de códigos que representan a las letras y signos, las llaman '*strings*' o cadenas de caracteres.

*Ejemplo:*

**P A L A B R A S** (Caracteres ASCII)  
70 61 6C 61 62 72 61 73 (números hexadecimales)

#### Cómo operar con ellas?

¿sumar, restar, multiplicar o dividir?

→ Las sumo: pongo una a continuación de la otra..!

→ Eso no sirve! ...pues el resultado no siempre es otra Palabra...!

#### Entonces me voy a un diccionario!

→ Pero obtengo una bolsa mas grande de palabras... (...más lío...!)

#### Entonces la Clasifico, o le pongo números!

→ ¿Bajo que criterio? (Gramatical, Semántico, Funcional, Otro, etc.)

→ Cual de sus significados uso? (...más palabras...!)

#### Entonces la Relaciono!

→ con que? .. ¿más palabras?

... Perdón, pero esto ya se parece un círculo Vicioso... !

# Ingeniería y Lingüística

## Tareas a Realizar



- **Procesar Texto Lingüísticamente**

### Reconocimiento del Idioma

- Métodos Estadísticos + Heurística

### Etiquetado Lingüístico y Morfosintáctico (POS)

- Algoritmos + estrategias c/estadística
- Corrección de Errores

### Desambiguación de Sentidos (WSD)

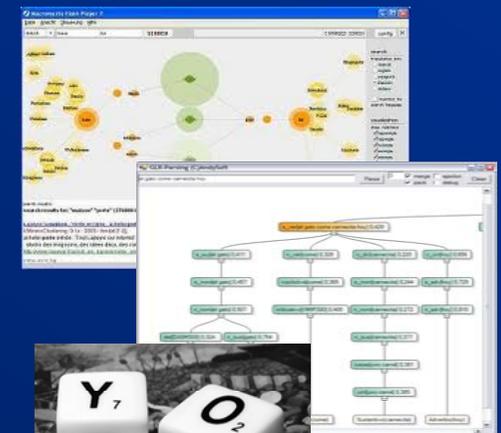
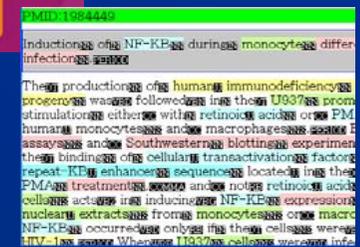
- Algoritmos (Lesk y otros, tema espinoso)

### Parsing: Shallow / Deep / Robust

- Statistical /Compiler (LR/GLR)

### Resolución de Deixis, Coreferencias y Anáfora

- Tema Abierto, Necesita Contexto



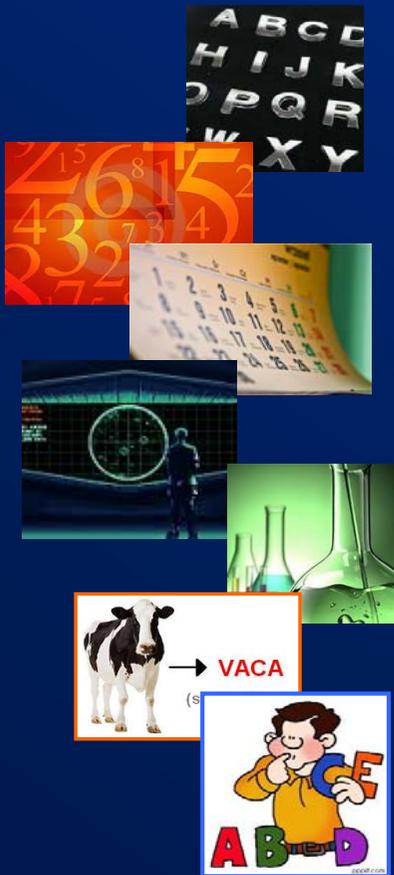
# Ingeniería y Lingüística

## Pasos a Seguir



### Segmentación y Reconocimiento Mixtos

- ✓ **Tokenizador: Lexer Optimizado para C#**
  - Gramática (Números, Punto Flotante, Palabras, Signos)
- ✓ **Reconocimiento de GRUPOS de símbolos:**
  - Números (Ordinales / Cardinales / Con Palabras )
  - Fechas / Horas (inglés y español)
  - Unidades (Físicas/Matemáticas/Medidas/Monedas/etc.)
  - Locuciones, Acrónimos, Siglas y Abreviaturas (Tema puntos )
  - Compuestos (IUPAC y Vieja Notación, Palabras Complejas)
  - Términos (Técnicos, Taxonomías Biológicas, Geografía, etc.)
- ✓ **Análisis Morfológico y Etiquetado**
  - Raices + Reglas de Flexión y Derivación (algorítmico)
- ✓ **Corrección de Ortografía**
  - Restauración Léxica (Algorítmica + Fonética)



# Secuencia de Procesos

## Leer un Texto



- **Analizador Morfológico (Lematización Robusta)**

Si es palabra: estimar el idioma, o ver si es ruido

Reconocer: **Números, Siglas y Palabras Flexionadas**

Diferenciar y Clasificar: **Términos Desconocidos**

→ Detección + Corrección de Errores de Ortografía

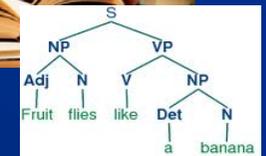
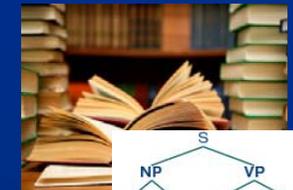


- **Análisis Gramatical y Semántico**

Reconocer Estructuras y Segmentos Complejos

- Parsing: Estadística / Autómatas / Gramáticas (CFG's, HRG)

- Desambiguación de Sentido (WSD: Gramatical y Semántica)



- **Comprensión de Texto (Machine Understanding)**

- Análisis Pragmático y Puesta en Contexto

- Resolución de Deixis, Anáfora y Coreferencia

- Representación de Conocimiento (Modelos)

- Análisis de "Sentido" (Common Sense)



# Lenguajes y Diccionarios

## Estimar el Idioma

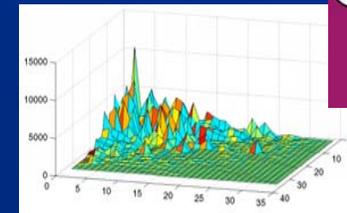


- Reconocimiento del Idioma

### Estadísticos

- Rápidos (muy pocas cuentas)
- Diccionarios Chicos ~5kb/idioma
- Buen Reconocimiento >95%
- Reduce Búsquedas Erradas
- Estado del Arte en 2004

• Hohendahl, A.T. y Zelasco, J.F.  
WICC 2006 (art.694)



ES- Distribución de diletras  
por: inicial, segunda (48424words)



### Otros Métodos

- Proprietarios (MS, etc.)
- Fuerza Bruta (costoso)

• Padró, Lluís/Munsa. TALP 2004

# Lenguajes y Diccionarios

## Buscar Palabras



- **Diccionarios y Lenguas**

- Inglés (**Poco Flexivo**) 80k palabras+flexiones
- Español (**Muy Flexivo**) 300M palabras+flexiones

### Métodos usados para las Búsquedas



# Analizador Morfológico



- **Inglés** (lengua poco flexiva y derivativa)

- ~ 60 Sufijos/Reglas de Flexión/Derivación
- ~ 27 Prefijos anidables
- ~ 80.000 Palabras Básicas (Lemas)
- ➔ ~ 500k palabras reconocibles exactamente
- ➔ ~ 2M palabras estimables/parasintéticas

- **Español** (lengua muy flexiva y derivativa)

- ~ 3.800 Sufijos/Reglas de Flexión/Derivación
- ~ 350 Prefijos anidables
- ~ 77.000 Palabras Básicas (Lemas)
- ➔ ~ 4.5M palabras reconocibles exactamente
- ➔ ~ 300M palabras estimables/parasintéticas

WordNet  
+  
ASPELL  
(GNU)

# Qué cosa quiso poner...?

## Los Errores de Ortografía



Todo segmento de texto no es más que una triste chorrera de Letras...

Si no está en el diccionario → No se sabe nada a priori, por ej.:

**K A V R H O M** (7 letras)

~ Hay 35 letras diferentes c/signos diacríticos (acentos/diéresis/eñe)

- » Cambiar 1 letra ~  $7 \times 34 \sim 234$  intentos de búsqueda en diccionario
- » Cambiar 2 letras ~  $7 \times 34 \times 6 \times 34 \sim 5 \times 10^4$  intentos
- » Cambiar 4 letras ~  $1.2 \times 10^{12}$  intentos (sin contar eliminaciones ni inserciones)
- » Cambiar 7 letras ~  $9 \times 10^{15}$  intentos (incluyendo duplicados)

**Es un problema complejo y de orden combinatorio!**

→ **NP Duro** = IRRESOLUBLE EN TIEMPOS RAZONABLES (POLINOMIALES)

Tampoco sabemos

- » El idioma (hoy todo es multilingual-mixto)
- » Si existe, en cuál diccionario está, si es un apellido o nombre propio.
- » Cuáles letras están falladas / faltan o sobran (debo probar cada letra)
- » Si se Invirtieron algunas letras y cuáles

→ No sabemos si se puede reparar en un tiempo/costo razonable

→ Si Hallamos varias alternativas (es probable)

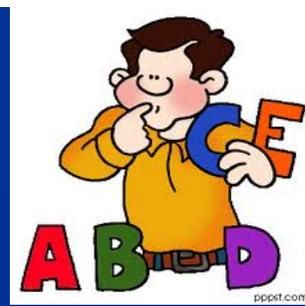
→ No sabremos jamás cual de ellas puede ser la más apropiada

→ Pero: un Humano resuelve esto en forma intuitiva y sin pensar mucho!

¿ Será **CABRÓN** ? (6 letras: 4 cambios + 1 eliminación)

# Qué cosa quiso poner...?

## Los Errores de Ortografía



- Pero si tengo Memoria y CPU de Sobra!

Calculemos aproximadamente (Usando Fuerza Bruta)

Con 35 char x 8 letras  $\sim 9 \times 10^{16}$  permutaciones!

Best CPU'2011, 4Ghz RISC, 8 GBytes RAM, 6 núcleos

300M in-memory-bin-search+hash,  $1 \times 10^9$  char-comp./seg.

→ Velocidad de búsqueda  $\sim 3$  millones de palabras/seg.

$\sim 100$  años por cada 8 letras reparables!

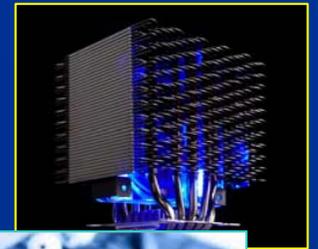
**ESTO ES INACEPTABLE !!!!!**

Pero aunque se pudiera hacer a tiempo...

- No tengo los Apellidos y Nombres Propios
- Escasean dicc. flexivos de c/idioma, ( $>500$ )
- Hoy casi Todo es Unicode
  - » tiene  $>64k$  letras/pág. y no 35..!

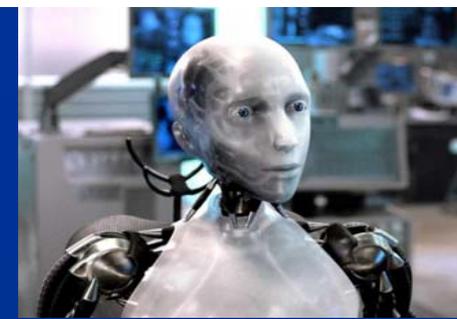
- **Inteligencia Artificial** aplicada a la Lingüística

- Resolver algo irresoluble por fuerza bruta, con:  
Ingenio, Estrategias, Algoritmos, Estadística y Heurística



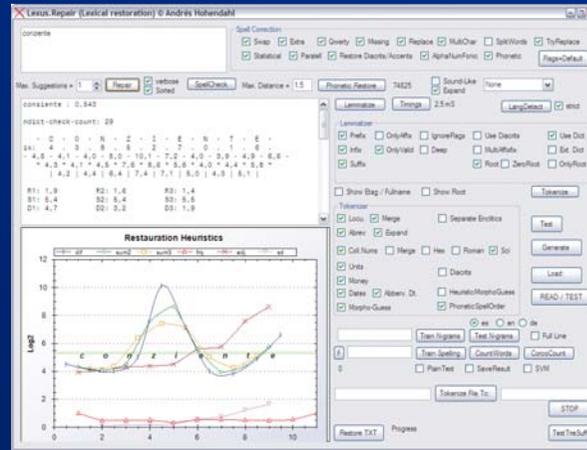
# Inteligencia Artificial I

## Humanizando la PC



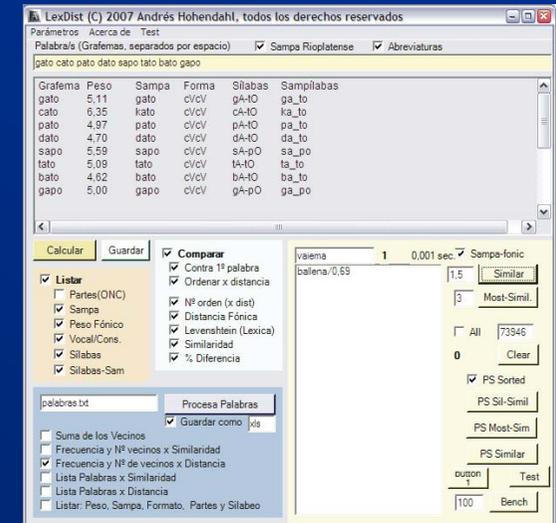
Hoolaa

“tal vez quiso escribir ‘hola’..”  
Reparación de Ortografía

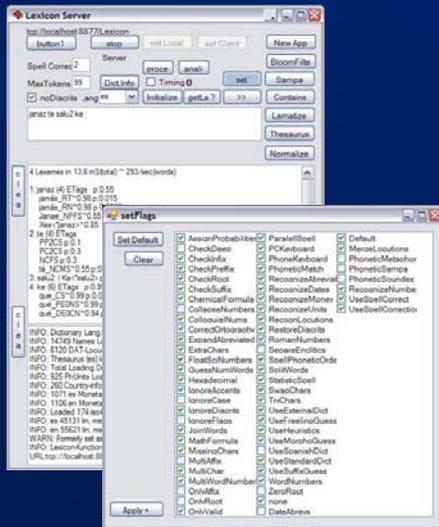


vahyema

“esta suena como ballena..”  
Similitud Fonética

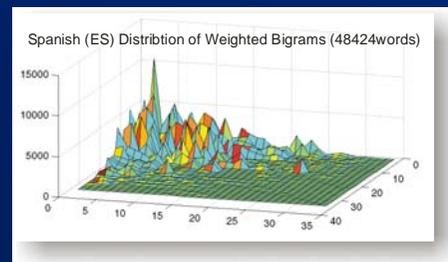


Hoy a las 2 y media am  
“puso una fecha/hora..”  
Servidor Léxico



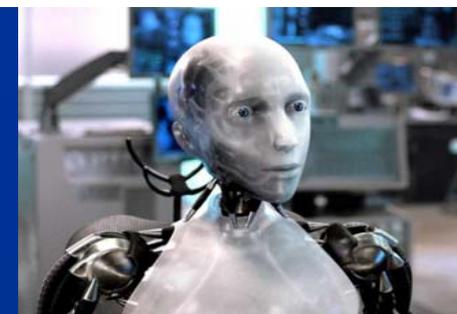
Hohendahl

“esto parece alemán..”  
Estimador de Idioma



# Inteligencia Artificial II

## Horrores de Ortografía



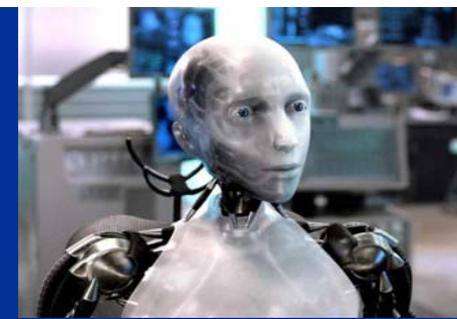
## Análisis Morfológico y Lematización Robusta

vimo hoi ezpe kavrom kon eza vayema ozpitalaria ke nempekapo salu2 klhdrdzkuio

vimo vino\_VPIS3SM<\*venir>~0.98 p:0.00000019 | vimo\_Xes<\*vimo>~0.83 p:0.036  
vino\_VIIS3SM<\*venir>~0.98 p:0.00000019 | vino\_NCMS~0.98 p:1  
hoi hoy\_RT~0.99 p:0.0000048 | ohm\_NCMS0h~0.95 p:0.0000048 | Ho\_NPMS~0.55 p:0.9 |  
hot\_AQ0MS~0.89 p:0.0000048 | hoi\_Xen<\*hoi>~0.84 p:0.9  
ezpe éste\_PD0MS~0.98 p:0.03 | este\_DD0MS~0.98 p:0.9 | este\_NCMS~0.98 p:0.0075 |  
este\_PD0MS~0.98 p:0.03 | Xes<\*ezpe>~0.93 p:0.0075  
kavrom cabrón\_AQ0MS~0.96 p:0.76 | cabrón\_NCMS~0.96 p:0.23 | Xde<\*kavrom>~0.84 p:0.076  
kon\_con\_SPSMS<%mode>~1 p:0.08 | kon\_Xde<\*kon>~0.9]~0,997  
eza esa\_PD0FS<\*eso> p:0.076 | esa\_DD0FS<\*ese> p:0.9 | Xes<\*eza>~0.93 p:0.076  
vayema [ballena\_NCFS0z~0.99 p:0.19 | ballena\_AQ0FSL<\*balleno>~0.99 p:0.62 |  
ballena\_NCFS0L<\*balleno>~0.99 p:0.19 | vayema\_Xes<\*vayema>~0.88 p:0.062  
ozpitalaria [hospitalaria\_AQ0FS<\*hospitalario>~1 p:0.039 | ozpitalaria\_Xes<\*ozpitalaria>~0.88]~0,995  
ke \_que\_CS~0.99 p:0.011 | qué\_PE0NS~0.99 p:0.032 | qué\_DE0CN~0.94 p:0.000017 |  
qué\_PT0CNN~0.94 p:0.0015 | que\_PRO0CNN~0.94 p:0.009 | Xes<\*ke>~0.55  
nempekapo mentecato\_AQ0MS~0.95 p:0.76 | mentecato\_NCMS~0.95 p:0.23 |  
Xen<\*nempekapo>~0.789 p:0.076  
salu2 saludos\_NCMP<\*saludo> | p:0.09 Ka<\*salu2> p:0.9  
klhdrdzkuio \_B(BadWord)~0,875

# Inteligencia Artificial III

## Facilitando el Diálogo

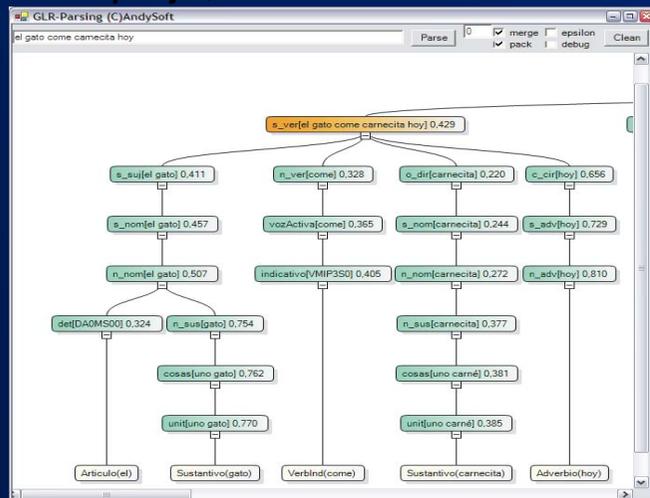


### Búsqueda Inteligente en Bibliotecas

kiero libro d kavayos i vorjez

### Análisis Gramatical

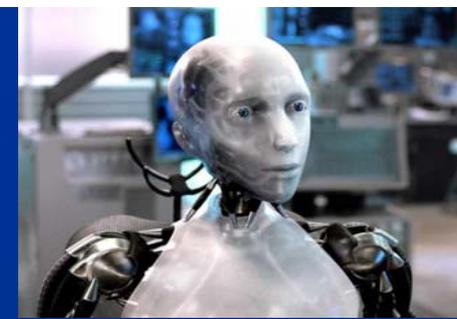
Oración: Sujeto, Perífrasis Verbales, Predicado, Objetos Directo e Indirecto, Complementos, Sintagmas, Fecha y Hora en formato complejo, etc.



Parser Robusto - Español

# Inteligencia Artificial IV

Charlando con mi PC



- Y esto... es sólo la Punta del Iceberg...

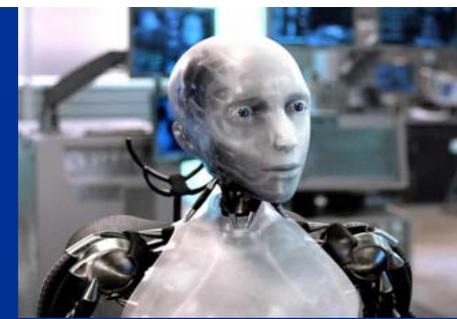
## Agentes de Diálogo Virtuales ¿Realidad o Ficción?

- Conversación de Agentes con Humanos
  - Análisis Gramatical Multilingüe Robusto
  - Respuestas a Preguntas, Reformulación
  - Interpretación: Desambiguación y Pragmática
  - Seguimiento de Hilos de Diálogo y Temáticas
  - Turnos de Diálogo, Anáfora y Deixis
  - Bases de Conocimiento: Ontologías
- Sistemas para crear Agentes de Diálogo
  - Lenguaje para Definición de Diálogo (DDL)
  - Compilación de DDL directo a una DLL (.NET)
  - Interfase WEB para desarrollo remoto (I.D.E.)
  - Interfaces de Chat: MSN, GTalk, ICQ, AIM, XMPP, etc.
  - SAS y Alta Disponibilidad para servicios de I.A.

**ESTE SERÁ el TEMA de la CHARLA de MAÑANA!**

# Inteligencia Artificial V

## El Futuro de la PC



Dentro de 10 años aproximadamente..

- **Predicciones (muy probables)**

- Una PC de USD1000 tendrá 100 veces el poder actual.
- La interfase será más humana (espero y contribuyo)
- Tendrá más funciones y será de mayor utilidad que hoy.
- Tal vez sea todo un conjunto de equipos conectados..



- **Deseos (más que predicciones)**

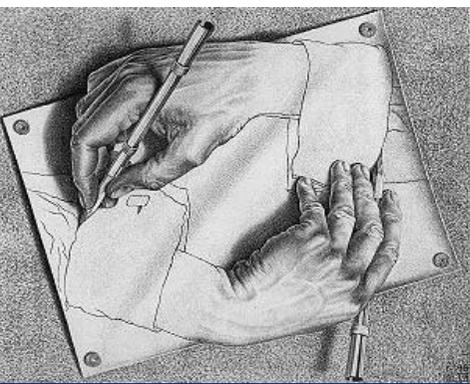
- La futura PC dialogará inteligentemente con Ud.
- Será más fácil de usar, sin tener que aprender tanto!
  - Que mejore la calidad de vida.
  - Que no sea tan efímera..
  - Que las baterías duren más..



- **Delirios (predicciones fantásticas)**

- La I.A. será mas potente y producirá "La Singularidad":
  - Superará al intelecto humano (hoy ya lo hace con cuentas, y...?)
  - Logrará autoconocimiento (sabrà de su propia existencia...?)
  - Tomará el Control de la Humanidad (aka: Terminator...?)Y mucho más SciFi... predicado por: Kurzweil, Goertzel y otros...





# Gracias!



Andrés T. Hohendahl

[www.PandoraBox.com.ar](http://www.PandoraBox.com.ar)

[andres.hohendahl@fi.uba.ar](mailto:andres.hohendahl@fi.uba.ar)

[web.fi.uba.ar/~ahohenda](http://web.fi.uba.ar/~ahohenda)



$$\int_{10}^{13} 2x dx?$$



Para obtener esta presentación envíe un SMS  
con la palabra PBOX 1606 al 55588