

TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO

- Introducción.
- Técnicas manuales:
 - Las entrevistas.
 - El análisis de protocolos.
 - Otras técnicas manuales
- Técnicas semiautomáticas:
 - Escalamiento psicológico
 - Emparrillado.
- Técnicas de adquisición a partir de grupos
- Técnicas automáticas

- Conocer diferentes técnicas para la adquisición de conocimiento experto.
- Distinguir aquellas situaciones, campos, estados del problema y tipos de expertos para las que son recomendables ciertos tipos de técnicas.
- Estudiar distintos ejemplos de aplicación de las técnicas

- A. Alonso Betanzos, B. Guijarro Berdiñas, A. Lozano Tello, J. T. Palma Méndez, M. J. Taboada. "Ingeniería del conocimiento. Aspectos metodológicos". Pearson Educación, 2004.

- La Adquisición de Conocimiento (AC) es el proceso de recolección de información, a partir de cualquier fuente (experto, libros, revistas, informes, ...), necesaria para construir una “caja” de conocimiento.
 - Una base de conocimiento
 - Un almacén de conocimiento
 - Un repositorio de conocimiento
 - Una ontología
- Es una de esas tareas que es fácil hacer mal y difícil hacer bien
- Es un “cuello de botella”
- Consume mucho tiempo
- Proceso de conceptualización (completitud, precisión)

- Conceptualización : proceso iterativo e incremental → modelo espiral Ckads
- Metodología Ckads: Guía doble
 - Limita la granularidad del modelo (profundidad)
 - Limita el conjunto de conceptos del modelo
- Se inicia con las plantillas inferenciales, la tarea y la estructura de control.
- Beneficios de una conceptualización adecuada:
 - Mejor comprensión del dominio para el Ingeniero de Conocimiento
 - Medio importante para la estimación de necesidades y planificación de esfuerzos para la adquisición.
 - Punto de partida para la fase de modelado conceptual y para el modelo de conocimiento.

- La Adquisición permite obtener el material necesario para el modelado (y no sólo del conocimiento) en el dominio problema.
- No existe ningún método completamente automático de Adquisición de Conocimiento.
- Hay diversas técnicas cuyo resultado es de distinto tipo: estructurado, no estructurado, no implementable directamente, etc.
- AC es, en la actualidad, una labor casi de artesanía hecha a medida para cada caso, de modo que pueda ajustarse a las características de cada situación particular y de las personas concretas (expertos e ingenieros) en ella involucrados

- ◆ Junto con los expertos, los directivos y usuarios finales son también fuentes de conocimientos imprescindibles.
- ◆ De los expertos se obtiene la mayor parte de los conocimientos a introducir en un SBC.
- ◆ De los directivos se suelen extraer los objetivos del proyecto, el alcance del sistema, el contexto donde será instalado, etc.
- ◆ De los usuarios se obtiene información para comprender el tipo de persona que interactuará con el sistema, sus necesidades, requisitos, etc.

Algunas empresas suelen registrar los casos que se les presentan en forma de ordenes de reparación, fichas de clientes, diagnósticos, estudios o almacenamiento de casos.

Los conocimientos de estos registros son muy adecuados para ser utilizados en la validación y evaluación del SBC.

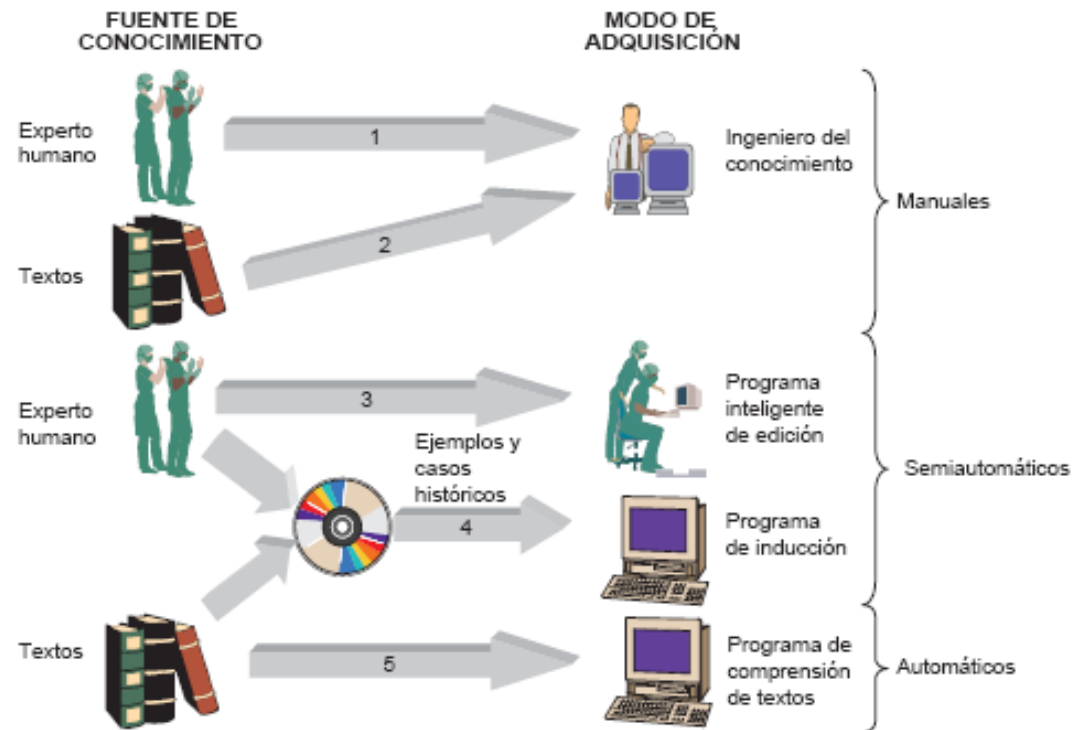
evitar problemas.

Proporciona conocimiento semipúblico.

- ◆ Tipos de expertos:
 - ◆ Expertos teóricos
 - ◆ Expertos prácticos-teóricos
 - ◆ Expertos únicamente prácticos

- ◆ Tener en cuenta el tipo, y procurar variedad.

Introducción: Escenarios generales AC



TÉCNICAS MANUALES PARA AC

- Son la técnica más utilizada
- Permiten adquirir distintos tipos de conocimiento y en distintas etapas.
- En realidad comienzan a usarse en las primeras reuniones y evaluación de viabilidad (de expertos, directivos y usuarios)
 - Determinar los requisitos funcionales del sistema, o, en su caso, las necesidades de los usuarios del futuro sistema, o lo que los usuarios esperan del mismo.
 - Introducir al IC en el dominio a un nivel tal que sea capaz de desarrollar un estudio de viabilidad del SE donde se determine si la tarea del experto es tratable, o no, mediante la Ingeniería del Conocimiento.
- Extracción de conocimientos (de la documentación)
- Educción de conocimientos (del experto)
 - Interrogatorio inicial
 - Investigación profunda

- Entrevistas iniciais
- Entrevistas no estruturadas
- Entrevistas estruturadas

- Objetivo: Crear buenas relaciones ingeniero-experto
- Agenda
 - Presentación
 - Explicación breve (SE, relación con el proyecto).
 - Discusión sobre la importancia del proyecto en la organización
 - Discusión sobre qué esperamos en la relación con el experto
 - Recomendaciones de bibliografía
 - Fechas reuniones
- Se buscan conocimientos generales, no de detalle, y familiarizarse con la terminología del dominio.
 - El ingeniero debe centrarse en el entorno de la tarea y sus usuarios.
 - Aprender sobre el dominio tanto como sea posible antes de comenzar las sesiones con el experto.
 - Reducir el tiempo que, de otro modo, debería dedicar el experto a fin de iniciar al ingeniero en el tema.
- La profundidad que debe alcanzarse en estas reuniones es baja
 - se busca el grano grueso, la visión general.
- Reuniones cortas

- Aproximación de preguntas abertas
- Objetivos:
 - Conocer mejor los principios del dominio
 - Entender mejor las opiniones del experto y sus puntos de vista
 - Continuar construyendo una buena relación con el experto.
- Modelos:
 - Completar los modelos contextuales
 - Iniciar y completar el modelo de conocimiento
- A cuidar:
 - Tacto
 - Control de la sesión
 - Duración y planificación temporal
 - Lugar

Entrevistas abiertas. Preguntas típicas

INICIALES

- ¿Cómo resuelves este problema?
- ¿Cuales son los elementos que influyen cuando resuelves el problema?
- ¿Cuáles son las informaciones que necesitas antes de empezar el tratamiento del problema?

ALENTAR

- ¿Qué haces a continuación?
- ¿Puedes describir lo que quieres decir con eso?
- ¿Por qué haces eso?

ALERTA

- ¿En qué se parece y diferencia este problema con los típicos del dominio?
- ¿Qué tipos de datos necesita el problema?
- ¿Qué clase de soluciones son adecuadas para el problema?
- ¿Qué constituye una explicación o justificación adecuada de la solución del problema?

Primera Entrevista no Estructurada:

Ingeniero de Conocimiento (en adelante InC): ¿Cómo es el proceso para obtener el permiso de conducir?

Experto (en adelante EX): Una vez que los alumnos se matriculan, deben examinarse del teórico y luego del práctico.

InC: ¿En qué consisten esos exámenes?

EX: El teórico es un examen acerca del código de circulación para demostrar que conoces las normas; y el práctico es un examen con el coche para demostrar que dominas su manejo y la conducción.

InC: ¿De qué parte se ocupa usted?

EX: De la enseñanza de la parte teórica.

Ejemplos de entrevistas. Entrevista no estructurada

InC: ¿Qué método utiliza para enseñar?
 EX: Los alumnos estudian el libro y hacen tests.
 InC: ¿Los alumnos aprenden haciendo los tests?
 EX: Sí, y de las explicaciones que se les dan cuando fallan las preguntas.
 InC: ¿No hay otra forma?
 EX: No sé, ésta es la que hemos usado con todos los alumnos desde hace años y nos va bien.
 InC: ¿Podría explicar detalladamente cómo es el proceso?
 EX: Sí. Primero, el alumno lee el libro y por cada tema hace un test sobre el tema que acaba de leer, así se comprueba si lo ha entendido. Los tests se corrigen y se anota el número de fallos que tiene el alumno en cada test. Las preguntas que falle se le explican una por una. Cuando termina los tests del libro, si tiene pocos fallos hace los tests del aula. Cuando tiene pocos fallos en los tests, entonces va a examen.
 InC: ¿Hacen todos el mismo número de tests?
 EX: No. Habrá quien tenga que repetirlos más veces y quien no.
 InC: ¿Podrías establecer una relación de qué tipo de personas hace más y cuál hace menos?
 EX: No, cada persona es distinta. Se personaliza la enseñanza a medida que hace tests y se va viendo su progreso.
 InC: Los tests del libro van por temas, dice, pero... ¿qué son los tests del aula?
 EX: Son tests variados, no son tema por tema. Son una recopilación de preguntas del libro pero de distintos temas.
 InC: ¿Son todos de la misma dificultad?
 EX: No, unos más fáciles y otros más difíciles. Primero hacen los más fáciles y luego otros más difíciles. Y cuando se ve que comprenden los temas, se les ponen tests casi iguales a los de examen. Según los fallos que tengan y la dificultad de las preguntas, se ve si están preparados o no.
 InC: Pero, he visto que hay tests fáciles que no hace todo el mundo. ¿Quién los hace?
 EX: Según van haciendo los del libro, ya se ve la capacidad de la persona. Muchos pasan directamente del libro a los tests difíciles.
 InC: ¿Qué niveles de tests hay concretamente?.

EX: Libro, fáciles y difíciles o de examen. (Nota: Esta aclaración nos permite establecer niveles en nuestro sistema tutor.)
 InC: ¿Es importante saber si falla una pregunta fácil o una difícil?
 EX: Sí. (Nota: Esto abre una nueva vía, que son las consecuencias de fallar una pregunta fácil y una difícil.)
 InC: ¿Se fija usted en la dificultad de la pregunta desde el primer nivel, o espera a otro nivel?
 EX: Sí. Hay temas enteros más fáciles y más difíciles.
 InC: ¿Eso también tiene que ver con la importancia del tema?
 EX: Sí, claro. Es más importante la utilización de carriles, por ejemplo, que mandos del vehículo.
 InC: ¿Por qué es más importante?
 EX: Porque la mayoría de la gente ya conoce los mandos básicos del vehículo: cinturón, airbag, etc. En cambio, la circulación por carretera es muy importante.
 InC: ¿Y no tiene que ver con las preguntas típicas del examen?
 EX: Sí, suelen fallar más sobre carriles que sobre los mandos del vehículo. Además hay preguntas que caen más en los exámenes que otras.
 InC: ¿Puedes decir siempre el grado de dificultad de una pregunta?
 EX: No, depende de la persona. (Nota: Esto plantea que no todos los alumnos fallan las mismas preguntas.)
 InC: Pero habrá una parte que corresponde a la dificultad propia de la pregunta, y otra a las características del alumno.
 EX: Sí, hay preguntas que fallan todos, aun sin ser las más difíciles.
 InC: ¿Entonces tiene mucho que ver con el concepto que trata la pregunta?
 EX: Sí.

Resumen del conocimiento extraído de esta entrevista:

- Sabemos que los alumnos aprenden con un libro y haciendo tests, entonces el método de enseñanza que utilizaremos será el de los tests. Le planteamos al alumno tests y éste aprende a medida que los va haciendo.
- También sabemos que cada pregunta que falle se le explica al alumno para que la entienda mejor.

Entrevistas estructuradas (cerradas)

- **Objetivos:**
 - Adquirir y entender el conocimiento específico del experto
 - Cambiar el enfoque general al enfoque específico
 - Enfatizar la profundidad, no la amplitud
- Preguntas cerradas, respuestas concretas
- **Agenda:**
 - Resumir el tema de la sesión de adquisición previa
 - Revisión del conocimiento adquirido
 - Esbozo de la nueva tarea
 - Soluciones posibles
 - Variables afectadas
 - Lista de reglas que conectan entradas y salidas
 - Generalidad/especificidad de las reglas

- ◆ Se pretende que el experto:
 - ◆ Explique la terminología usada y los conceptos discutidos en la documentación.
 - ◆ Proporcione detalles omitidos en los documentos, pero cruciales para un entendimiento global de la tarea.
 - ◆ Señale los puntos donde la práctica real difiere de los procedimientos documentales.
 - ◆ Indique el material relevante de la colección de manuales.
 - ◆ Explique las anotaciones a mano hechas sobre los documentos de trabajo.

Pregunta	Efecto
¿Por qué hace eso?	Convierte aserciones en reglas
¿Cómo lo hace?	Genera reglas de orden inferior
¿Cuándo lo hace?	Revela la generalidad de la regla y puede generar otras reglas.
¿Es cierta la regla siempre para este caso?	
¿Qué alternativas a la decisión/acción hay?	Genera más reglas.
¿Qué pasa si no se da el caso de que [supuesto actual]?	Genera reglas para cuando ese supuesto no es aplicable.
¿Puede decirme algo más acerca de [cualquier cosa ya mencionada]?	Se usa para generar diálogos posteriores si el experto se queda en blanco.

Tabla 10.1: Plantilla con preguntas típicas para realizar entrevistas estructuradas.

- ✓ ¿Qué tipo de cosas te gustaría saber acerca del problema cuando empiezas a sopesarlo?
- ✓ ¿Qué hechos o hipótesis intentas establecer cuando piensas sobre el problema?
- ✓ ¿Cuáles son los factores que influyen en la forma en que razonas en el problema?
- ✓ ¿Qué tipo de valores puede tener ese objeto?, ¿qué rango de valores está permitido?
- ✓ ¿Este valor depende de otros factores? En caso afirmativo, ¿cuáles son?
- ✓ ¿Es este factor necesario para resolver todos los problemas en el dominio, o sólo para algunos? En este caso, ¿cuáles?

Ejemplos de entrevistas. Entrevista estructurada

Primera Entrevista estructurada:

Primer aspecto

InC: ¿Por qué algunos alumnos repiten los tests del libro y otros no?

EX: Depende de los fallos que tengan.

InC: ¿Cómo sabe si tienen que repetirlos?

EX: Por el número de fallos, si tienen pocos fallos no tienen que repetirlos.

InC: ¿Cuál sería el número máximo de fallos que podría tener un alumno para no repetirlos, si es que puede poner ese tope?

EX: Hay un tope, pero depende del alumno.

InC: ¿Por ejemplo?

EX: No sé.

InC: Una persona joven ¿qué tope tendría?

EX: Sobre 10 fallos.

InC: ¿Es cierta la regla siempre?

EX: Sí. Todos los alumnos suelen repetirlos una vez para verificar que los han entendido.

InC: ¿Qué otras posibilidades habría?

EX: No entiendo.

InC: ¿Qué tope tendría una persona mayor?

EX: Una persona mayor tendría que tener sobre 5.

InC: ¿Y con menos fallos, tiene que repetirlos?

EX: Pasan directamente a la siguiente fase.

InC: ¿Puede decirme algo más acerca de eso?

EX: Tiene que salir del alumno. Ellos deben mostrar interés por aprender. Si no, la única forma de que aprendan será a base de repetirlos.

Segundo aspecto

InC: ¿Todos los alumnos hacen los tests fáciles?

EX: Sí.

InC: ¿Cómo sabe si tienen que repetirlos?

EX: Seguimos los del libro, hasta que tengan pocos fallos.

InC: ¿Qué son pocos fallos, en estos tests?

EX: Diez ya son muchos.

InC: ¿Entonces?

EX: Los repiten hasta tener menos de 4.

InC: ¿Es cierta la regla siempre?

EX: Sí, para todos.

InC: ¿Qué otras posibilidades habría?

EX: Si la primera vez que los hace tiene pocos fallos, 5 o 6, ya no los repite.

InC: ¿Y si no tiene que repetirlos?

EX: Hace los difíciles como si fuese un examen. Según los fallos que tenga puede ir a examen o tiene que repetir todos los del aula otra vez.

InC: ¿Puede decirme algo más acerca de eso?

EX: No.

Tercer aspecto:

InC: ¿Por qué algunos alumnos repiten los tests difíciles?

EX: Si tienen muchos fallos, hacen algunos del nivel anterior y luego vuelven a repetir estos difíciles.

InC: ¿Cómo sabe si tienen que repetirlos?

EX: Si comete unos 10 fallos.

InC: Entonces ¿cuántos fallos tendría que tener en los anteriores para volver a repetir éstos?

EX: Otra vez menos de 4.

InC: ¿Es cierta la regla siempre?

EX: No.

InC: ¿Qué otras posibilidades habría?

EX: Repetiría sólo aquellos en los que tiene más fallos, en vez de todos.

InC: ¿Y si no tiene que repetirlos?

EX: Se puede mandar a examen.

InC: ¿Puede decirme algo más acerca de eso?

EX: No.

InC: ¿Por qué sabe si el alumno está preparado para ir a examen?

EX: Porque entiende bien las preguntas en el momento en el que no las falla. Sabemos eso si no la falla aunque le hagas la misma pregunta de distinta forma.

InC: ¿Hay diferencia entre estos tests y luego el examen de la DGT?

EX: Se procura que haya la menor diferencia posible informándonos del tipo de exámenes que hace tráfico.

Resumen del conocimiento extraído de esta entrevista:

En esta entrevista hemos podido adquirir conocimiento específico del número de fallos posibles de cada tipo de alumno, de cuál es la velocidad de aprendizaje que se espera de ellos, y de cuál es el procedimiento a realizar dependiendo del número de fallos de cada alumno particular.

- **1 Ing. Conoc. - Varios Exp.**
 - El grupo de expertos trabaja en equipo
 - Sinergia y Complementariedad
 - Completitud
 - No apropiadas en:
 - Sesiones de AC general
 - Ing. Conoc. con poca experiencia
 - Ing. Conoc. sin capacidad de concentración

- **Var. Ing. Conoc.- 1 Exp.**
 - Equipo de Ingenieros de Conocimiento
 - Perspectiva personal
 - Desventajas:
 - Falta de concentración del experto
 - Discusiones/desacuerdos en el equipo de Ing. Conoc.

- **Varios Ingenieros-Varios Expertos**
 - 2/2- 2/3 convergencia de sinergia y múltiples observadores
 - Nombrar moderador

- Usar lugar trabajo experto durante las primeras sesiones
- Ocasionalmente, al centro de trabajo de ingeniero de conocimiento
 - progresos sistema.
- Adoptar una rutina si es posible
- Mantener una duración adecuada (1-3 horas)
- Digerir contenidos de sesiones previas, transfiriendo a estructura inteligible para experto

Ventajas e inconvenientes de la técnica

■ Ventajas:

- Técnica muy general, permite adquirir gran cantidad de conocimiento, en muchos dominios y en distintas fases
- No requiere un entrenamiento especial del Ingeniero de conocimiento

■ Inconvenientes:

- Consume mucho tiempo de ambos grupos, encareciendo la AC.
- Es una técnica introspectiva
 - Peligro de falta de objetividad e incompletitud
- En la práctica, se adquiere únicamente conocimiento verbalizable.
- Requiere un esfuerzo importante del Ingeniero, para aprender y manejar el vocabulario del experto.

Análisis de protocolos

- El experto debe verbalizar en voz alta su pensamiento mientras resuelve un problema típico del dominio.
- Se graba la verbalización
- Se transcribe para obtener el protocolo
- Cuatro fases:
 - Obtención del protocolo
 - Transcripción y segmentación del protocolo
 - Codificación del protocolo
 - Interpretación

Fases del análisis de protocolos (I)

Obtención del protocolo

- Instrucciones
 - Importante: El experto NO debe tratar de explicar lo que hace o analizar su razonamiento.
 - El Ingeniero toma notas

EJEMPLO

De entrada hay los colores venecianos, con los tonos azules y rojos muy particulares de Venecia. La composición es piramidal y simétrica, características del Renacimiento tardío con una descripción de la Virgen y unos cuerpos de niños muy bonita y con contornos difuminados, que cambian los contornos precisos de las primeras etapas del Renacimiento. El triángulo equilátero perfecto formado por la Virgen y los dos niños y la diagonal de abajo a la derecha hacia arriba a la izquierda, que le da una especie de asimetría al cuadro..... Aunque la Virgen esté en el centro... son típicos de Tiziano

Transcripción y segmentación

- Escuchar la grabación, dividiéndola en frases que tengan sentido independientemente.
- Añadir las observaciones realizadas en la fase anterior

EJEMPLO

[De entrada hay los colores venecianos], [con los tonos azules y rojos muy particulares de Venecia]. [La composición es piramidal y simétrica], [características del Renacimiento tardío] [con una descripción de la Virgen y unos cuerpos de niños] muy bonita y [con contornos difuminados], [que cambian los contornos precisos de las primeras etapas del Renacimiento]. [El triángulo equilátero perfecto formado por la Virgen y los dos niños] y [la diagonal de abajo a la derecha hacia arriba a la izquierda], [que le da una especie de asimetría al cuadro]..... [Aunque la Virgen esté en el centro]... [son típicos de Tiziano]

Codificación del protocolo

- Identificar objetos, valores de los objetos, relaciones entre objetos y operadores.
- Identificar las reglas inferenciales explicitadas por el experto.

OBJETOS

- Cuadro
- Composición
- Colores
- Tonos
- Contornos
- Lugar
- Período
- Autor
- Elementos del cuadro:
Virgen, niños, etc.

OBJETO	VALORES
Tono	Azules y rojos
Color	Venecianos
Composición	Piramidal y simétrica; cierta asimetría
Contornos	Difuminados, precisos
Lugar	Venecia
Período	Primeras etapas del Renacimiento; Renacimiento tardío
Autor	Tiziano

Reglas explícitas

- R1: Si los tonos son azules y rojos, entonces el lugar es Venecia. Aumenta credibilidad.
- R2: Si la composición es piramidal y simétrica entonces el período es el Renacimiento tardío. Aumenta la credibilidad.
- R3: Si los contornos están difuminados, entonces el período es la primera etapa del Renacimiento. Pierde credibilidad.
- R4: Si hay una diagonal de abajo a la derecha hacia arriba a la izquierda entonces hay una (especie de) asimetría.
- R5: Si hay asimetría y hay un triángulo equilátero perfecto entonces el autor es Tiziano. Aumenta credibilidad.

Interpretación

- Identificar las reglas inferenciales implícitas en el proceso de razonamiento.
 - Buscar las estrategias del experto
- Se divide el protocolo en etapas, que correspondan a la aplicación de una o más reglas, según la granularidad del análisis.

Reglas implícitas

- El experto divide el problema en subproblemas
- Los subproblemas los trata de modo secuencial
- Plantea primero las submetas de averiguar lugar y período temporal, antes que autor.
- Usa una estrategia general de encadenamiento progresivo, partiendo de los datos hasta llegar a una hipótesis.

Es necesario analizar más protocolos del mismo experto para averiguar si se mantiene la estrategia, o qué hace si llega a una hipótesis incongruente.

❑ Análisis de las dos fases

- Se recoge el protocolo
- Se analiza en colaboración con el experto en dos fases
 1. Lista con las decisiones que toma el experto → parte derecha (consecuente) de las reglas.
 2. Lista con las decisiones que permiten tomar cada decisión → parte izquierda (antecedente) de las reglas.

❑ Análisis del recuerdo

- El experto no verbaliza pensamientos, sino que resuelve el problema y describe sus recuerdos del proceso de razonamiento.

❑ Análisis de casos difíciles

- El ingeniero debe conocer el dominio lo suficiente para poder entender las tareas que realiza el experto
- Seleccionar cuidadosamente el problema a tratar
 - La sesión es larga y la adquisición es costosa en tiempo
- Debemos asegurarnos de que el experto entienda lo que tiene que hacer y que esté cómodo con ello.

VENTAJAS

- El flujo de información es unidireccional
- El protocolo puede ser analizado por otros ingenieros de conocimiento.
- La técnica puede aportar conocimiento de difícil acceso:
 - heurísticas de toma de decisiones y estrategias de resolución de problemas.
- Es útil para extraer información sobre procedimientos mentales que usa el experto, pero que no sabe explicar cómo o por qué los usa.

INCONVENIENTES

- Introducción inconsciente de errores o juicios subjetivos en el análisis.
- Uso es muy costoso en tiempo para el ingeniero ($t_{\text{transcripción}} \approx 10t_{\text{registro}}$, codificación e interpretación de los primeros protocolos muy lenta)
- Algunos aspectos del razonamiento permanecen inaccesibles con esta técnica (ej. Acceso a memoria, percepción, reconocimiento de formas, etc.)

- Es una entrevista estructurada indirecta
- Método introspectivo
- Consiste en presentar al experto una serie de fichas en dónde se le plantean cuestiones concretas a resolver

EJEMPLO CUESTIONARIO

- Circuito x24
 - Haz una lista con las averías más típicas del circuito X24 que trata el servicio de mantenimiento.
 - Ordena esas avería por orden de mayor a menor frecuencia de aparición
 -

■ **Ventajas**

- No se necesita reunir al Ingeniero de Conocimiento y al Experto
- Es útil para describir los objetos del dominio y sus relaciones
- Es útil para obtener factores de certeza o verosimilitud asociados a las reglas que usa el experto
- El experto puede contestar al cuestionario en un ambiente adecuado, con el tiempo y material necesarios.

■ **Inconvenientes**

- Necesidad de familiarización del Ing. con. con el dominio
- Necesidad de experiencia con la técnica
- Sólo se puede adquirir conocimiento consciente del experto.

- Se debe utilizar la técnica en todos los trabajos de adquisición de conocimiento.
- La técnica consiste en observar al experto mientras trabaja en sus tareas habituales, en una situación real.
 - Se intenta tener una visión lo más real posible del trabajo del experto.
- La técnica no es introspectiva
- Es útil para captar conocimiento procesal
- Se intentan eliminar:
 - Las interpretaciones subjetivas que puede tener el Ingeniero de Conocimiento del trabajo del experto.
 - Las deformaciones que el propio experto puede tener de su trabajo, y que transmite al Ingeniero de Conocimiento.

- No se deben de perturbar las condiciones de trabajo del experto.
- Se puede conjugar con otras técnicas:
 - realizar entrevistas al finalizar la observación directa.
 - Se puede conjugar con el análisis de protocolos.
- Inconveniente principal:
 - Consume mucho tiempo del Ingeniero de Conocimiento

Extracción de curvas cerradas

- Se utiliza si el dominio tiene un componente importante de reconocimiento de patrones visuales.
- Permite adquirir las relaciones entre los objetos del dominio.
- Consigue una representación espacial de los mismos.
- El Ingeniero de Conocimiento presenta al experto una cierta cantidad de figuras de los objetos utilizados en el campo (radiografías, piezas de ajedrez, etc.)
- El experto debe de encerrar en un círculo los elementos que guarden relación, o formen un patrón, y debe poner un nombre a tal patrón.
 - Ej. Un experto puede trazar una curva en una imagen encerrando árboles de una determinada especie, piezas de ajedrez en un tipo de ataque, etc.)

TÉCNICAS SEMI-AUTOMÁTICAS

- Producen representaciones estructuradas del conocimiento adquirido
- Dos tipos principales para la IC:
 - Escalamiento multidimensional (EMD)
 - Agrupamiento o Clustering jerárquico
- Datos necesarios
 - Elementos del dominio E_i
 - Juicios de distancia d_{ij} entre elementos
- Cada técnica actúa sobre los juicios de distancias y obtiene relaciones entre elementos.

■ Elementos del dominio

- Conjunto de elementos representativo, sin elementos irrelevantes, y suficientemente reducido para poder realizar los juicios de distancias.
- Si no es adecuado, el conocimiento puede ser incompleto, inconsistente o incorrecto.
- Los juicios de distancias se ven afectados por el contexto que crean los elementos entre sí
- Técnica de adquisición habitual: entrevistas.

■ Juicios de distancias

- Se necesitan estimar $m(m-1)/2$ distancias
- Técnicas de ayuda
 - Clasificaciones:
 - Seleccionar conjuntos disjuntos de elementos, separando los que tengan algo en común, varias veces con criterios diferentes.
 - La distancia entre dos elementos es el inverso del nº veces que esos elementos se clasificaron en el mismo conjunto
 - Emparrillado

- Datos de entrada a las técnicas
 - Matriz triangular superior (en realidad, matriz simétrica) con juicios de distancia d_{ij} entre elementos

	E_1	E_2	...	...	E_m
E_1	0	d_{12}	...	...	d_{1m}
E_2	d_{21}	0	...	...	d_{2m}
E_3	d_{31}	d_{32}	0	...	d_{3m}
...
E_m	d_{m1}	d_{m2}	...	...	0

- Salida: diferentes en cada técnica, pero relacionadas.

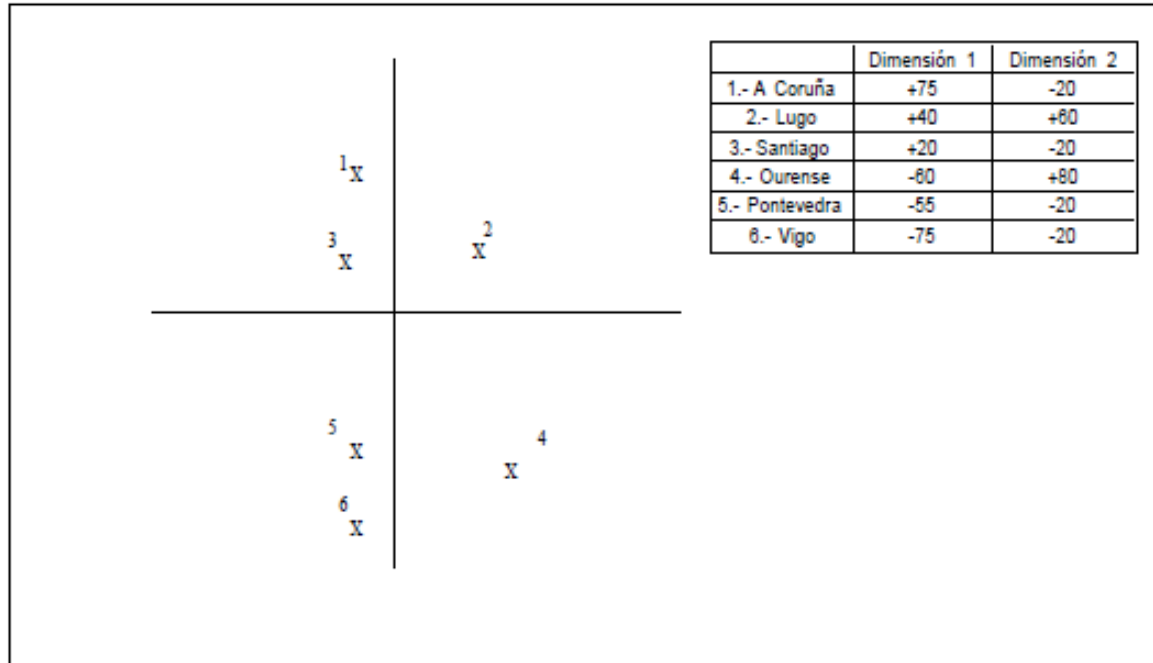
Escalamiento multidimensional (EMD)

- Usa algoritmos estadísticos que operan sobre la matriz de entrada (SPSS).
- Trata de situar los elementos de la matriz de entrada en un espacio de la menor dimensionalidad posible.
- Ejemplo: Entrada

	<i>A Coruña</i>	<i>Lugo</i>	<i>Santiago</i>	<i>Ourense</i>	<i>Pontevedra</i>	<i>Vigo</i>
<i>A Coruña</i>	0	90	60	170	130	150
<i>Lugo</i>		0	120	110	190	210
<i>Santiago</i>			0	120	70	90
<i>Ourense</i>				0	100	100
<i>Pontevedra</i>					0	20
<i>Vigo</i>						0

Escalamiento multidimensional (EMD) (II)

- Salida, el programa fija el centro del eje de coordenadas



Problemas:

- Difícil interpretar el significado de las dimensiones de salida en un problema real.
- Existen infinitas soluciones válidas, en teoría, para una matriz de entrada.

- Las más utilizadas son las de agrupamiento jerárquico
- Existen programas que contienen análisis cluster con diferentes técnicas.
- Consisten en agrupar los elementos de la matriz más próximos entre sí, y recalcular la distancia a los demás, según criterio (máximo, mínimo, media).
- La salida es un árbol jerárquico, con los diferentes niveles de los agrupamientos y una escala lateral de distancias.

Ejemplo

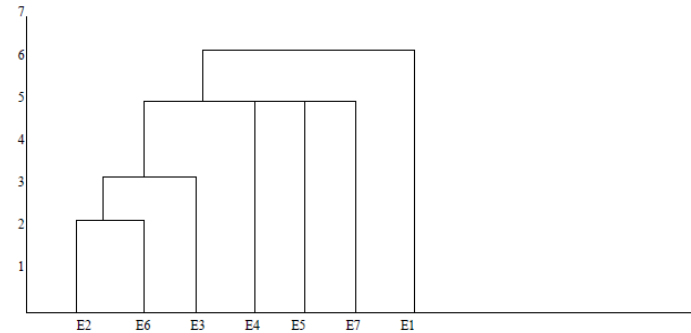
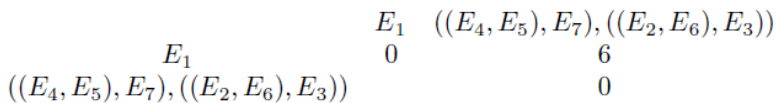
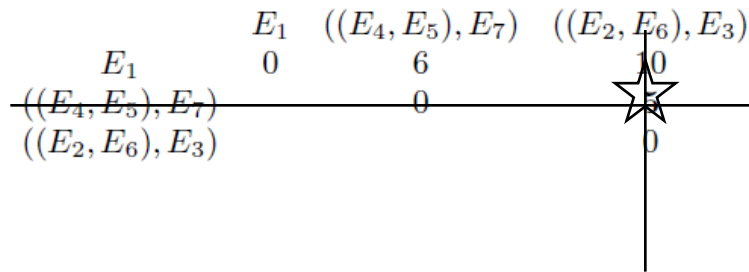
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
E_1	0	10	10	7	6	18	8
E_2		0	4	7	8	2	8
E_3			0	9	12	3	8
E_4				0	5	5	5
E_5					0	6	6
E_6						0	9
E_7							0

	E_1	E_4	E_5	E_7	$((E_2, E_6), E_3)$
E_1	0	7	6	8	10
E_4		0	5	5	5
E_5			0	6	6
E_7				0	8
$((E_2, E_6), E_3)$					0

	E_1	E_3	E_4	E_5	E_7	(E_2, E_6)
E_1	0	10	7	6	8	10
E_3		0	9	12	8	3
E_4			0	5	5	5
E_5				0	6	6
E_7					0	8
(E_2, E_6)						0

	E_1	(E_4, E_5)	E_7	$((E_2, E_6), E_3)$
E_1	0	6	8	10
(E_4, E_5)		0	5	5
E_7			0	8
$((E_2, E_6), E_3)$				0

Ejemplo



El resultado varía con el criterio
(media, mín, max)

Ventajas e inconvenientes de la técnica

- Proporcionan contenido y arquitectura de la base de conocimiento.
- Método riguroso para combinar conocimiento procedente de varios expertos.
- Requieren menor introspección del experto que las entrevistas o análisis de protocolos.
- Están libres de las interpretaciones subjetivas del Ingeniero de Conocimiento.
- La salida de la técnicas es estándar, en un formato definido y riguroso→
 - Homogenización
 - Automatización de la implementación de conocimiento en el SBC.
 - Diseño de bases de conocimiento reutilizables
- Útil para otros aspectos de los SBCs:
 - Diseño de interfaz hombre-máquina
 - Validación de sistemas inteligentes

- Dificultades para
 - Encontrar la rotación adecuada de los ejes.
 - Etiquetado de los ejes
 - Nº de dimensiones efectivo
 - Criterio a usar en el análisis de clusters (máximo, medio, mínimo)
- El ingeniero necesita conocer los fundamentos estadísticos de los algoritmos usados
- El ingeniero debe saber manejar el software necesario.
- La técnica no es aplicable en dominios en los que no hay una estructura subyacente fuerte entre conceptos.
 - Útil en temas de clasificación

Emparillado o teoría de constructos personalizados

- Se basa en la teoría de constructos personalizados de G. Kelly.
- Ayuda a estructurar el conocimiento de un experto.
- Una parrilla es una matriz que relaciona:
 - Características del dominio (elementos)
 - Constructos bipolares
 - La puntuación puede ser binaria, o venir dada por un rango de valores.

10 Elementos ; 14 Constructos ; RANGO 1-5
PROPÓSITO : Clasificación de personal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.- Inteligente	1	1	4	5	3	3	5	2	3	5	1.- Poco inteligente
2.- Servicial	1	2	4	5	1	1	4	3	1	2	2.- No servicial
3.- Nuevo	1	2	3	5	4	4	4	1	4	3	3.- Antiguo
4.- Poca supervisión	3	1	4	5	2	1	5	2	2	3	4.- Supervisión necesaria
5.- Motivado	1	1	4	5	2	2	5	3	3	2	5.- Poco motivado
6.- Fiable	3	2	2	5	1	1	5	1	2	3	6.- No fiable
7.- Suave	3	4	5	2	2	3	1	5	4	5	7.- Abrasivo
8.- Con ideas	1	1	5	4	2	3	1	3	4	4	8.- Formal
9.- Con iniciativa	2	1	5	5	1	3	5	3	4	5	9.- Necesita empujón
10.- Creativo	1	1	5	5	2	3	4	3	4	5	10.- No creativo
11.- Le gusta ayudar	4	3	4	2	3	5	1	4	5	5	11.- No ayuda
12.- Profesional	1	2	3	3	2	1	5	2	4	4	12.- Poco profesional
13.- Alta puntuación global	2	1	3	4	5	2	5	2	3	4	13.- Baja puntuación global
14.- Desordenado	2	2	5	4	3	5	1	5	3	1	14.- Ordenado

1. Identificación de elementos

- Etapa manual
- Objetivo: Identificar un conjunto homogéneo y representativo de elementos del dominio.
- Técnica más usada:
 - Entrevistas

2. Identificación de características

3. Diseño de la parrilla

4. Formalización

5. Análisis de resultados

1. Identificación de elementos

2. Identificación de características

- Etapa manual
- Objetivo: Adquirir cualidades de elementos formando constructos bipolares.
 - Bipolaridad centrada en oposición, no necesariamente lógica.
- Técnicas usadas:
 - Método de las triadas
 - Extracción de curvas cerradas
 - Entrevistas

3. Diseño de la parrilla

4. Formalización

5. Análisis de resultados

1. Identificación de elementos
2. Identificación de características

3. Diseño de la parrilla

- Etapa manual
- Matriz $n \times m$, n elementos, m características
- Tipos: En función del tipo de asignación para los valores v_{ij} de cada par (E_{in}, C_{jm}) .
 - Dicotómica: Asignación binaria (0,1)
 - Clasificatoria: Asignación escala [1,n]
 - Evaluativa: Asignación en una escala [x,y]

4. Formalización
5. Análisis de resultados

1. Identificación de elementos
2. Identificación de características
3. Diseño de la parrilla
4. **Formalización**
 - Etapa automática
 - Clasificación de los elementos: construir matriz de distancia entre conceptos → Matriz triangular superior
 - Clasificación de las características: construir matriz no simétrica de diagonal 0 y escoger el valor menor entre d1 y d2 → Matriz triangular superior
5. Análisis de resultados

1. Identificación de elementos
2. Identificación de características
3. Diseño de la parrilla
4. Formalización

5. Análisis de resultados

- Etapa manual conjunta con el experto
- Anomalías (el experto no está de acuerdo):
 - Dos elementos aparecen muy juntos
 - Dos elementos aparecen muy separados
 - Dos características aparecen muy juntas
 - Relaciones entre características (dos a dos): relaciones recíprocas, paralelas, ortogonales, ambiguas, etc.

TÉCNICAS ESPECÍFICAS PARA GRUPOS DE EXPERTOS

VENTAJAS E INCONVENIENTES

- Ventajas
 - Completitud
 - Calidad
 - Comprensión
 - Cantidad

- Desventajas
 - Complejidad

TIPOS DE TÉCNICAS

- Brainstorming o tormenta de ideas
- Técnica nominal de grupo
- Método Delphi

- Generación en grupo de ideas sobre un determinado área de interés
- Es necesario nombrar moderador
- Dos fases:
 - Generación de ideas y
 - Juicios de ideas

FASE DE GENERACIÓN DE IDEAS

- Es necesario que el problema esté bien definido y entendido por el grupo.
- Se nombra un moderador que recoge por escrito las ideas.
- No se deben evaluar o criticar las ideas en esta fase
 - Cantidad, no calidad
- Animar al grupo para modificar o combinar las ideas ya propuestas

FASE DE SELECCIÓN

- Elegir las ideas calificadas como excelentes:
 - Se pueden poner en funcionamiento inmediatamente
 - No incumplen ninguna de las restricciones del problema
 - Son compatibles con otras ideas ya admitidas.
- Ideas interesantes
 - Necesitan más reflexión y reformas
- Ideas no útiles

GENERACIÓN DE IDEAS

- Es necesaria una reunión estructural
- Fase inicial.
 - Los expertos se reúnen en una mesa, con un cuaderno individual, y se les explica el problema.
- Fase de tormenta de ideas individual
 - 5-10 minutos
 - Se presenta al final por turnos la(s) idea(s) individuales
- Puesta en común
 - Un registrador recoge las ideas en una pizarra común a todos

FASE DE ANÁLISIS

- Clarificación
 - Discusión estructurada de cada idea de la pizarra común
- Clasificación
 - Individual: Votación individual anónima de cada idea
 - Conjunta: La decisión del grupo es la suma de los votos individuales
- Recogida de información

- Ventajas
 - Asegurar la creatividad en los diferentes procesos
 - Equilibrar la participación de todos los miembros
 - Incorporar técnicas matemáticas en la recopilación de los juicios

- Proceso iterativo cuestionario-resultados-cuestionario
- Se elige un moderador que se encarga de recoger las respuestas del panel de expertos
- Características del método:
 - Anonimato
 - Iteración y realimentación controladas
 - Respuesta del grupo en forma estadística
- Cuestiones: Delimitar el problema, Seleccionar panel plural, Explicar adecuadamente el método, Elaborar cuestionarios con blancos
- Cuatro circulaciones o fases

- **Primera circulación**
 - Se envía el cuestionario a los expertos con plazo 15-20 días
 - Síntesis y selección de comentarios
- **Segunda circulación**
 - Nuevo cuestionario, incluyendo comentarios, contestación del grupo (mediana), y dispersión (primer y tercer cuartil).
 - Contrastar respuestas
- **Tercera circulación**
 - Repetir cuestionario
 - Si se reafirma el experto en opinión fuera de márgenes, dar explicación por escrito.
 - Análisis estadístico del moderador y resumen de argumentos
- **Cuarta circulación**
 - Repetir cuestionario, dando opinión sobre las discrepancias
- **Tabulación y análisis de resultados finales**
 - Elaboración de informe final

TÉCNICAS AUTOMÁTICAS

- Una de las características que definen la inteligencia es la capacidad de aprender
- El interés de la computación en el aprendizaje data de mediados del siglo pasado.
 - Las primeras aproximaciones se centralizaban en codificaciones numéricas y en ajuste de parámetros.
 - Posteriormente, el interés en sistemas más simbólicos deriva hacia el aprendizaje de conceptos
- El aprendizaje es esencial en entornos desconocidos
 - En partes del sistema en las que no es posible adquirir conocimiento explícito.
 - Se desarrolla la parte del sistema implicada, exponiendo el agente a la realidad del entorno

- Aprendizaje supervisado.
 - Tenemos un “maestro” que le presenta a un algoritmo una serie de ejemplos de un concepto, cuyas propiedades están representadas por pares atributo-valor.
 - El algoritmo debe identificar qué colección de atributos y valores definen el concepto.
 - Forma más común: Inducción
 - Un algoritmo de aprendizaje inductivo aprende de los ejemplos presentados mediante un proceso de generalización.
 - El aprendizaje inductivo es una búsqueda heurística en un espacio de descripciones simbólicas, generado por la aplicación de varias reglas de inferencia sobre las observaciones iniciales.

- Forma más simple: Aprender una función usando ejemplos
- f es la función a aprender, y cada ejemplo es un par $x, f(x)$. Por ejemplo:

O	O	X
	X	
X		

, +1

- Si tenemos:
 - un conjunto de entrenamiento de N ejemplos, (x_i, y_i) donde cada y_j se ha generado mediante una función desconocida $y=F(x)$
 - el problema consiste en encontrar una función h (hipótesis) que aproxime la función verdadera f .
 - El aprendizaje es un proceso de búsqueda a través del espacio de hipótesis posibles, para encontrar una que tenga un buen rendimiento, incluso en ejemplos diferentes de los del conjunto de entrenamiento.
 - Para medir la exactitud de una hipótesis, se usa un conjunto de test que contiene ejemplos diferentes de los de entrenamiento.
 - Decimos que la hipótesis generaliza bien si predice correctamente el valor de y para los ejemplos nuevos.

- Una de las formas más simples y útiles de aprendizaje automático
- Un árbol de decisión representa una función:
 - Entrada: vector de valores de atributos
 - Salida: una decisión, un valor único de salida
 - Ambos pueden ser discretos o continuos
 - Simple: Valores discretos y salida booleana (true/falso)
- La decisión en el árbol se obtiene realizando una secuencia de tests.
 - Cada nodo interno del árbol corresponde a un test del valor de uno de los atributos de entrada, A_i .
 - Las ramas del árbol que salen de cada nodo se etiquetan con los valores posibles de los atributos $A_i = v_{ik}$
 - Cada nodo hoja especifica un valor que devuelve la función
 - Es un tipo de representación muy natural para los humanos

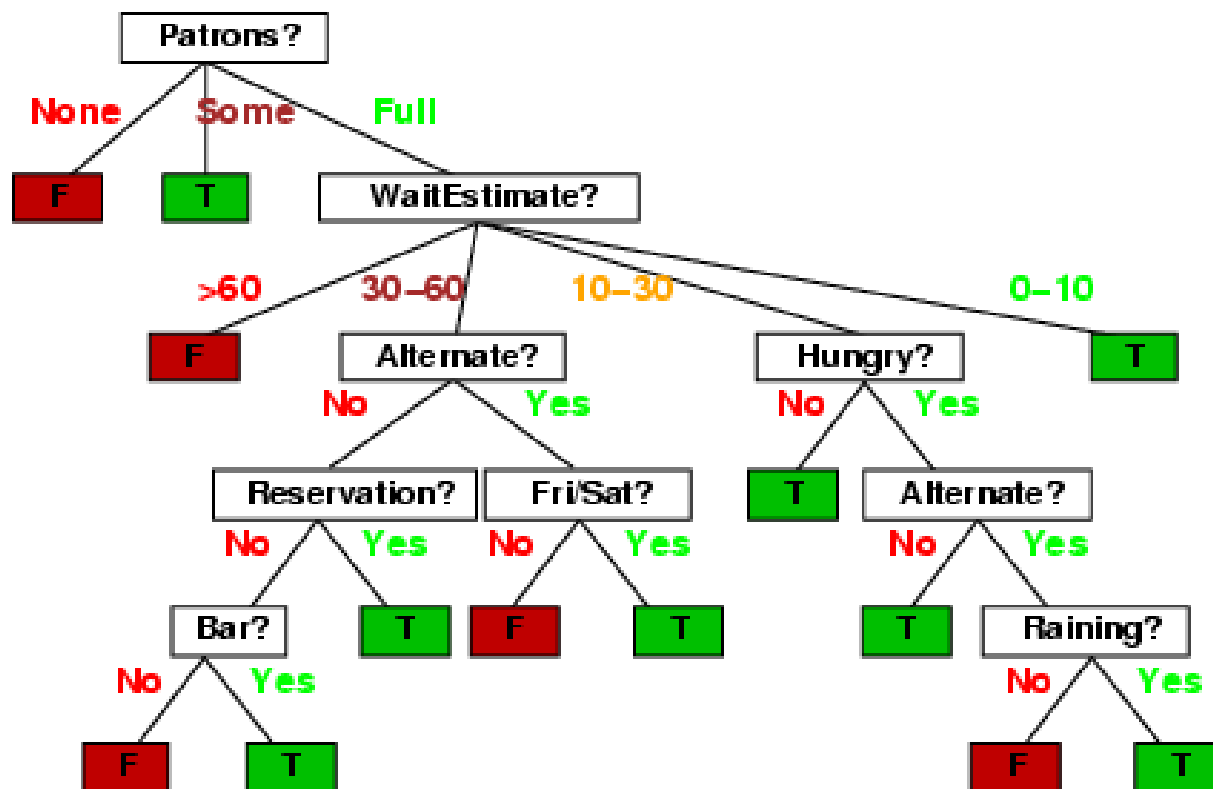
Árboles de decisión. Ejemplo

- Decisión: Esperar por una mesa en el restaurante: Aprender una definición del predicado meta *WillWait*.
- Ejemplos descritos por valores de atributos (booleanos, discretos, continuos)

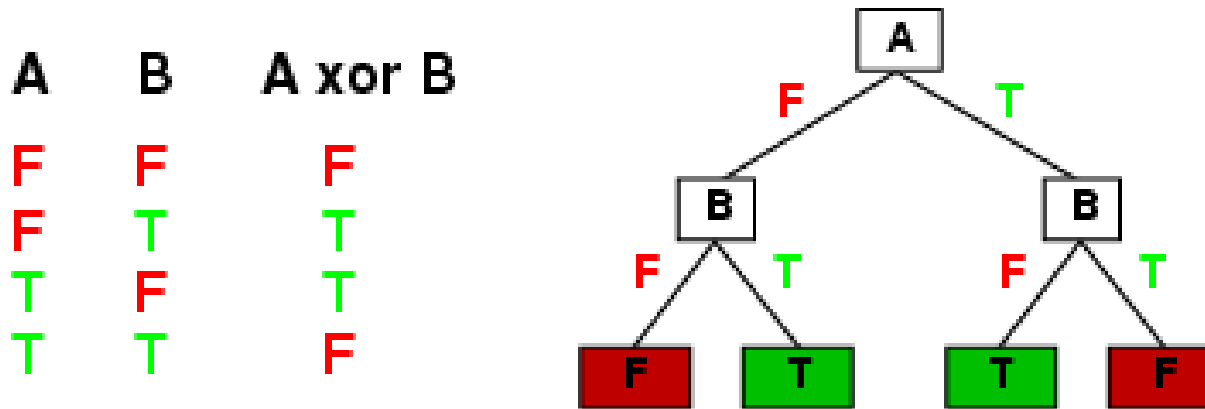
Example	Attributes										Target Wait
	Alt	Bar	Fri	Hun	Pat	Price	Rain	Res	Type	Est	
X ₁	T	F	F	T	Some	\$\$\$	F	T	French	0-10	T
X ₂	T	F	F	T	Full	\$	F	F	Thai	30-60	F
X ₃	F	T	F	F	Some	\$	F	F	Burger	0-10	T
X ₄	T	F	T	T	Full	\$	F	F	Thai	10-30	T
X ₅	T	F	T	F	Full	\$\$\$	F	T	French	>60	F
X ₆	F	T	F	T	Some	\$\$	T	T	Italian	0-10	T
X ₇	F	T	F	F	None	\$	T	F	Burger	0-10	F
X ₈	F	F	F	T	Some	\$\$	T	T	Thai	0-10	T
X ₉	F	T	T	F	Full	\$	T	F	Burger	>60	F
X ₁₀	T	T	T	T	Full	\$\$\$	F	T	Italian	10-30	F
X ₁₁	F	F	F	F	None	\$	F	F	Thai	0-10	F
X ₁₂	T	T	T	T	Full	\$	F	F	Burger	30-60	T

ATRIBUTOS	VALORES
Alternate	Restaurante alternativo cerca
Bar	Si el restaurante tiene un bar para esperar
Fri/Sat	Si es Viernes/Sábado
Hungry	Si tenemos hambre
Patrons	Gente que hay en el restaurante: Nadie, Alguna, Lleno
Price	Rango de precios: Bajo, Medio, Alto
Lluvia	Si llueve
Reservation	Si tenemos reserva
Type	Tipo: francés, italiano, gallego, burger
Wait Estimate	Tiempo estimado de espera indicado: 0-10; 10-30; 30-60; >60.

Una posibilidad del espacio de hipótesis



- Los árboles de decisión pueden expresar cualquier función de los atributos de entrada.



- Trivialmente, hay un árbol de decisión consistente para cualquier conjunto de entrenamiento con un camino a un nodo hoja para cada ejemplo (a menos que f no determinístico en x), pero probablemente no generalizará a nuevas muestras.
 - En lógica de proposiciones: $\text{Meta} \Leftrightarrow (\text{Path 1} \vee \text{Path 2} \vee \dots)$
 - Path es una conjunción de tests atributo-valor
 - La expresión es equivalente a una forma normal disyuntiva (i.e. cualquier función en lógica proposicional se puede expresar como un árbol de decisión)
- Preferible encontrar árboles de decisión **compactos**

¿Cuántos árboles distintos con n atributos booleanos?

= número de funciones booleanas

= número de tablas de verdad diferentes que podemos escribir.

Una tabla de valor de n atributos tiene 2^n filas, una por cada combinación de valores de atributos $\Rightarrow 2^{2^n}$

- Para el ejemplo del restaurante, 2^{1024} , aprox. 10 308 funciones diferentes a elegir
- Necesitamos un algoritmo que encuentre hipótesis adecuadas en ese espacio de búsqueda

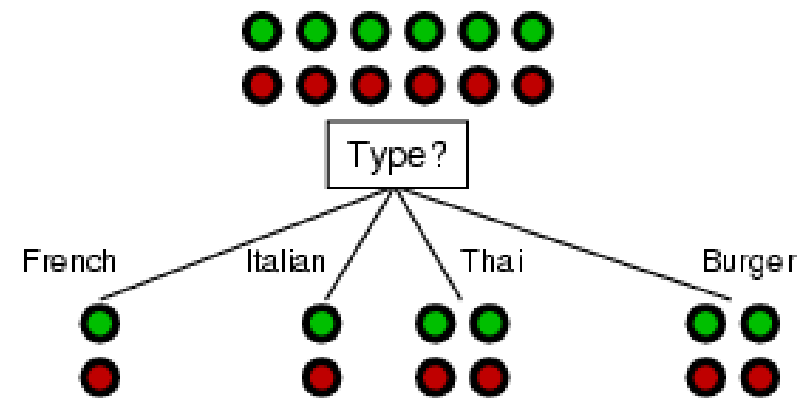
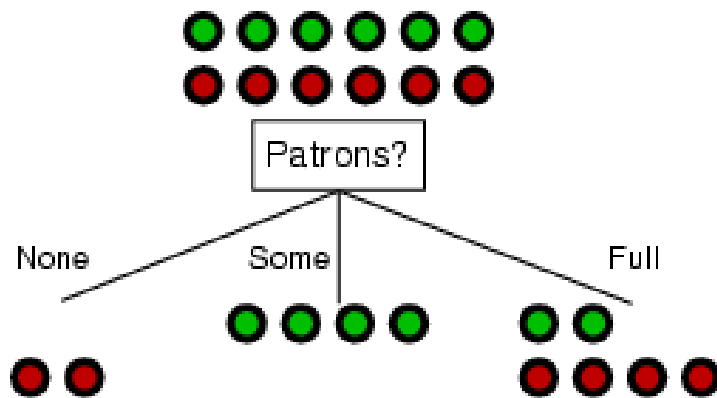
- Objetivo: Encontrar un árbol pequeño consistente con los ejemplos de entrenamiento.
- Idea: (recursivamente) escoger el atributo “más significativo” como raíz del (sub)árbol

```

function DTL(examples, attributes, default) returns a decision tree
    if examples is empty then return default
    else if all examples have the same classification then return the classification
    else if attributes is empty then return MODE(examples)
    else
        best ← CHOOSE-ATTRIBUTE(attributes, examples)
        tree ← a new decision tree with root test best
        for each value  $v_i$  of best do
            examplesi ← {elements of examples with best =  $v_i$ }
            subtree ← DTL(examplesi, attributes – best, MODE(examples))
            add a branch to tree with label  $v_i$  and subtree subtree
        return tree
    
```

Elegir un atributo

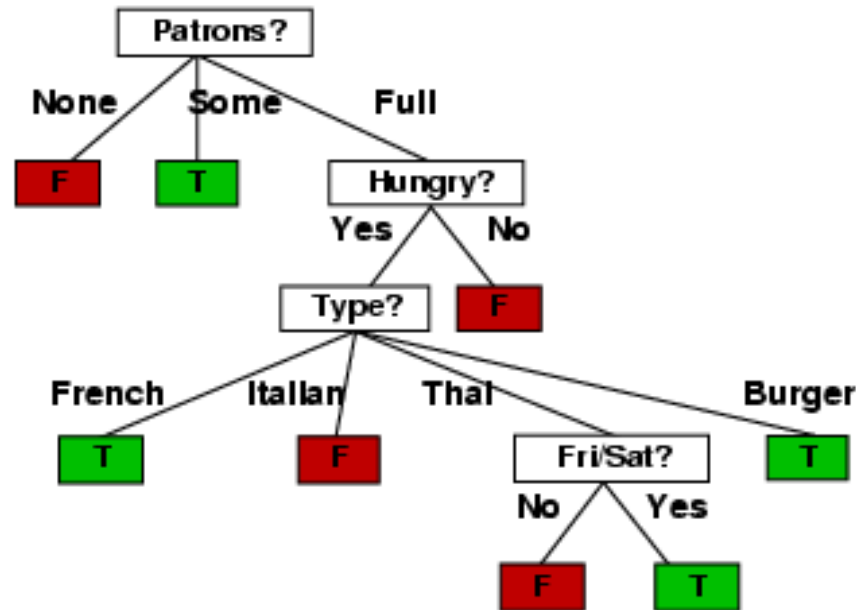
- Idea: un buen atributo separa los ejemplos en subconjuntos que son (idealmente) “todos positivos” o “todos negativos”



- Patrons?* Es la mejor elección

Árbol de decisión del ejemplo

- El árbol de decisión que se aprende es:

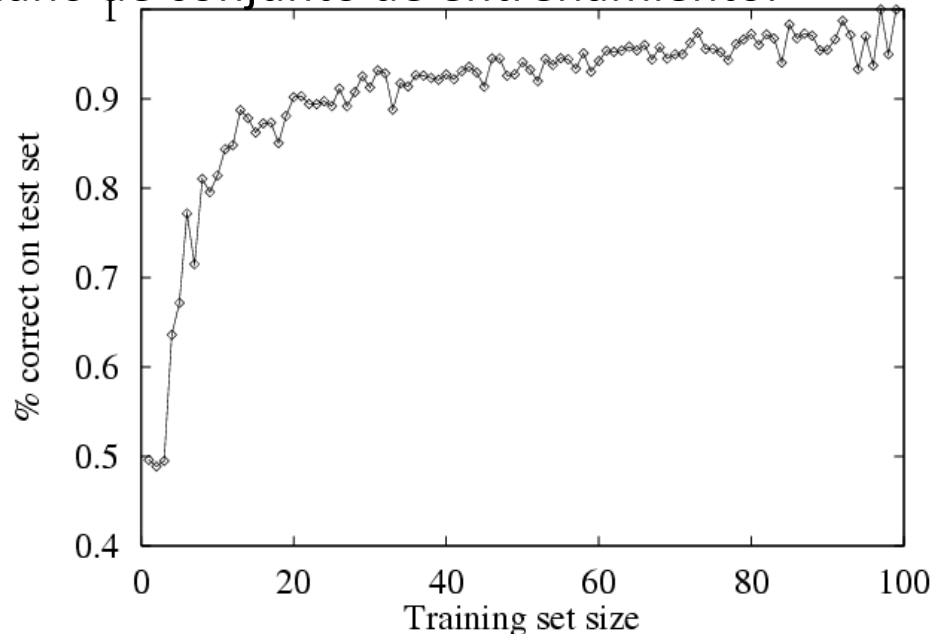


- Mucho más simple que el árbol real
- El algoritmo mira los ejemplos, no la función real → puede cometer errores para casos de los que no tiene ejemplos.

■ Cómo sabemos que $h \approx f$?

1. Uso de teoremas de teoría de aprendizaje computacional/estadístico
2. Probar h en un nuevo conjunto de ejemplos de **test**
(use **misma** distribución sobre el espacio de ejemplos que el conjunto de entrenamiento)

Curva de aprendizaje = % corrección en el conjunto de test como una función del tamaño de conjunto de entrenamiento.



- Para implementar Choose-Attribute en el algoritmo DTL
- Contenido de Información (Entropía):

$$I(P(v_1), \dots, P(v_n)) = \sum_{i=1}^n -P(v_i) \log_2 P(v_i)$$

$$\text{Para } I(\text{moneda}) = -(0.5 \log_2 0.5 + 0.5 \log_2 0.5) = 1$$

$$\text{Moneda trucada, 99\% cruz } I(\text{moneda}) = -(0.99 \log_2 0.99 + 0.01 \log_2 0.01) = 0.08 \text{ bits}$$

- Para un conjunto de entrenamiento que tenga p ejemplos positivos y n negativos:

$$I\left(\frac{p}{p+n}, \frac{n}{p+n}\right) = -\frac{p}{p+n} \log_2 \frac{p}{p+n} - \frac{n}{p+n} \log_2 \frac{n}{p+n}$$

- Un atributo dado A divide el conjunto de entrenamiento E en subconjuntos E_1, \dots, E_v de acuerdo a los valores de A , donde A tiene v valores distintos:

$$remainder(A) = \sum_{i=1}^v \frac{p_i + n_i}{p + n} I\left(\frac{p_i}{p_i + n_i}, \frac{n_i}{p_i + n_i}\right)$$

- La Ganancia de Información (IG) o reducción en entropía que se obtiene del test al atributo:

$$IG(A) = I\left(\frac{p}{p + n}, \frac{n}{p + n}\right) - remainder(A)$$

- Elegir el atributo con la IG más grande

Para el ejemplo de entrenamiento, $p = n = 6$, $I(6/12, 6/12) = 1$ bit

Consideremos los atributos *Patrons* y *Type*, por ejemplo:

$$IG(Patrons) = 1 - \left[\frac{2}{12} I(0,1) + \frac{4}{12} I(1,0) + \frac{6}{12} I\left(\frac{2}{6}, \frac{4}{6}\right) \right] = .0541 \text{ bits}$$

$$IG(Type) = 1 - \left[\frac{2}{12} I\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) + \frac{2}{12} I\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) + \frac{4}{12} I\left(\frac{2}{4}, \frac{2}{4}\right) + \frac{4}{12} I\left(\frac{2}{4}, \frac{2}{4}\right) \right] = 0 \text{ bits}$$

Patrons tiene el IG más alto de los atributos (de todos los de la tabla) y por tanto, el algoritmo DTL lo elige como raíz.

TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO