UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Asignatura: **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**.
Campus: **LEGANÉS**

EVALUACIÓN CONTINUA 2013/14: BLOQUE 2

NOTAS A TENER EN CUENTA ANTES DE LA REALIZACIÓN DEL EXAMEN

Antes de comenzar a responder a las preguntas lea detenidamente estas indicaciones:

1. El examen tendrá una duración de 1h40m.
2. No se permiten libros ni apuntes
3. Lea atentamente las preguntas fijándose con mucho detalle en la cuestión o cuestiones que se le plantean.
4. Ponga mucha atención al escribir sus datos personales.
5. No se responden dudas durante la celebración del examen
6. Habrá de esperar 30m antes de abandonar el aula una vez comenzado el examen.

Tras su éxito como robot de rescate, los nuevos modelos de IA83 fueron reconfigurados para la exploración espacial. Con este fin se les dotó de mecanismos de razonamiento y decisión en condiciones de incertidumbre

Ejercicio 1 (4 puntos)

Los robots IA83 están diseñados para descubrir civilizaciones inteligentes en los planetas que se exploran. Cuando IA83 llega a un sistema analiza varias medidas; supondremos a partir de ahora un sistema con **dos** planetas. Un planeta puede ser de tres tipos: sin vida, con vida no inteligente y con una civilización.

Sabemos que si un planeta alberga vida no inteligente, en un 50% de los casos se puede observar una cantidad elevada de gases de efecto invernadero, porcentaje que sube al 75% en caso de civilizaciones inteligentes; pero estos gases se pueden deber a otras razones. Estas emisiones se pueden medir de forma independiente para cada planeta del sistema.

Por otro lado, IA83 puede medir si hay emisiones de radiofrecuencia **en el sistema** pero no determinar de qué planeta vienen. Estas señales indican con bastante seguridad la presencia de una civilización en el sistema. Tampoco este dato es definitivo, porque existen estrellas que emiten radiación en el espectro radioeléctrico similar a la de una civilización; afortunadamente estas estrellas suelen ser incapaces de albergar planetas con vida (de ningún tipo).

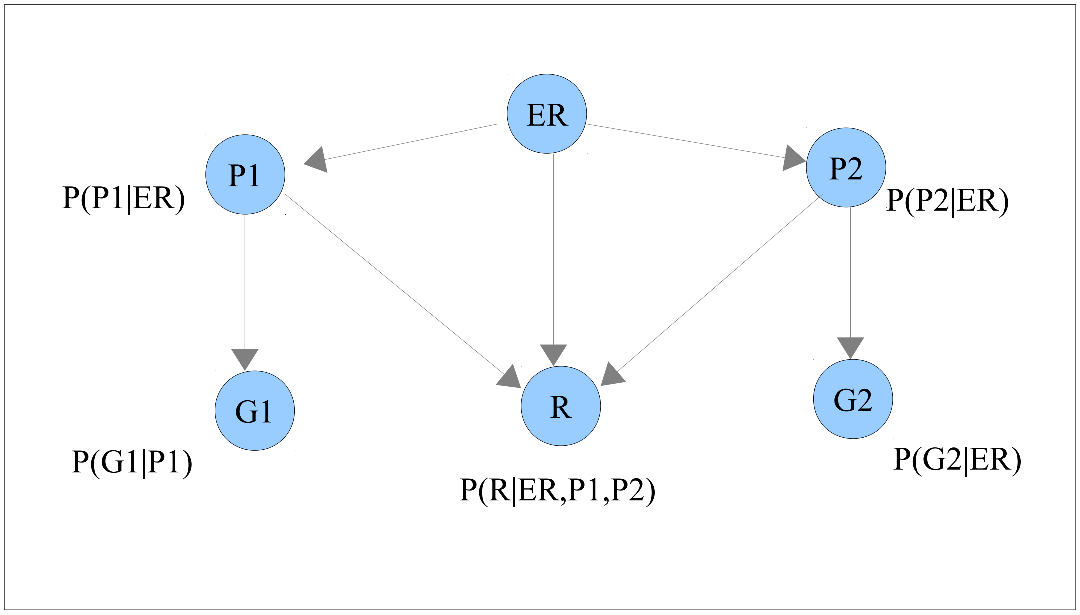
Se pide:

1. **Representar este conocimiento mediante una red bayesiana, detallando con cuidado las variables aleatorias que se usan, sus valores posibles, y los nombres de las probabilidades que van asociadas a cada nodo.**

Las variables aleatorias que aparecen en el enunciado son las siguientes:

- Situación del planeta 1: P1, puede ser {Sin Vida, Vida, Civilización}
- Situación del planeta 2: P2, igual que el anterior
- Presencia de una estrella de tipo “radioemisor” en el sistema: ER, puede ser SI o NO
- Emisión de gases de efecto invernadero en los planetas: G1 y G2, pueden ser SI o NO
- Detección de radiación en el sistema (R)

Las relaciones causales y TPC necesarias se muestran en el diagrama de la red:



2. **Intentar presentar unas tablas de probabilidad adecuadas a la descripción, tomando en cuenta expresiones como "con bastante seguridad" o se proporciona una cifra. Justificar los números.**

La probabilidad de que se detecten gases es baja si no hay vida (se deben a volcanes y otras causas), algo más alta si hay vida, y muy alta si hay una civilización. Es idéntica para los dos planetas: P(G1|P1) = P(G2|P2).

P1	P(G1=SI| P1)	P(G1=NO|P1)
SV	0.15	0.85
V	0.50	0.50
C	0.75	0.25

El tipo de vida de un planeta depende del tipo de estrella. Pondremos que encontrar civilizaciones es menos frecuente que encontrar vida simplemente. Es igual de nuevo para los dos planetas: P(P1|ER)=P(P2|ER).

ER	P(P1=SV|ER)	P(P1=V|ER)	P(P1=C|ER)
SI	0.90	0.09	0.01
NO	0.60	0.35	0.05

La probabilidad de detección de radiación es muy alta si hay estrella tipo ER=SI, y depende de si hay o no civilización si no la hay. Un ejemplo podría ser el siguiente.

ER	P1	P2	P(R=SI|ER,P1,P2)	P(R=NO|ER,P1,P2)
SI	*	*	0.999	0.001
NO	SV	SV	0.01	0.99
NO	SV	V	0.01	0.99
NO	SV	C	0.90	0.10
NO	V	SV	0.10	0.90
NO	V	V	0.10	0.90
NO	V	C	0.90	0.10
NO	C	SV	0.10	0.90
NO	C	V	0.10	0.90
NO	C	C	0.99	0.01

La probabilidad de haya una estrella tipo ER=SI o ER=NO nos es desconocida, pondríamos P(ER=SI)=P(ER=NO)=0.5.

3. **Escriba la fórmula de la probabilidad conjunta de todas las variables en esta red bayesiana.**

Directamente de la figura: P(ER,P1,P2,G1,G2,R) =

P(ER) P(P1|ER) P(P2|ER) P (G1|P1) P(G2|P2) P(R|ER,P1,P2)

4. **Supongamos que IA83 detecta gases de efecto invernadero en uno de los planetas, pero no en el otro, y también emisiones de radiofrecuencia. ¿Cuál es la expresión que nos daría la probabilidad de que haya una civilización inteligente en el primer planeta? Escribir la fórmula con la que la calcularíamos, dejándola en función de probabilidades de sucesos concretos (es decir, sin sumatorios). No hace falta realizar el cálculo.**

La expresión de la probabilidad buscada es:

P(P1=C|ER,P2,G1=SI,G2=NO,R=SI) = α P(P1=C,ER,P2,G1=SI,G2=NO,R=SI)

Si se quiere calcular por enumeración la probabilidad conjunta habría que sumar los siguientes seis casos. Cada caso es simplemente sustituir valores en la expresión del punto 3.

P(P1=C,ER=SI,P2=SV,G1=SI,G2=NO,R=SI) =
P(ER=SI) x P(P1=CI|ER=SI) x P(P2=SV|ER=SI) x P (G1=SI|P1=C) x
P(G2=NO|P2=SV) x P(R=SI|ER=SI,P1=C,P2=SV)

P(P1=C,ER=SI,P2=V,G1=SI,G2=NO,R=SI) =
P(ER=SI) x P(P1=CI|ER=SI) x P(P2=V|ER=SI) x P (G1=SI|P1=C) x
P(G2=NO|P2=V) x P(R=SI|ER=SI,P1=C,P2=V)

P(P1=C,ER=SI,P2=C,G1=SI,G2=NO,R=SI) =
P(ER=SI) x P(P1=CI|ER=SI) x P(P2=C|ER=SI) x P (G1=SI|P1=C) x
P(G2=NO|P2=C) x P(R=SI|ER=SI,P1=C,P2=C)

P(P1=C,ER=NO,P2=SV,G1=SI,G2=NO,R=SI) =
P(ER=NO) x P(P1=CI|ER=NO) x P(P2=SV|ER=NO) x P (G1=SI|P1=C) x
P(G2=NO|P2=SV) x P(R=SI|ER=NO,P1=C,P2=SV)

P(P1=C,ER=NO,P2=V,G1=SI,G2=NO,R=SI) =
P(ER=NO) x P(P1=CI|ER=NO) x P(P2=V|ER=NO) x P (G1=SI|P1=C) x
P(G2=NO|P2=V) x P(R=SI|ER=NO,P1=C,P2=V)

P(P1=C,ER=NO,P2=C,G1=SI,G2=NO,R=SI) =
P(ER=NO) x P(P1=CI|ER=NO) x P(P2=C|ER=NO) x P (G1=SI|P1=C) x
P(G2=NO|P2=C) x P(R=SI|ER=NO,P1=C,P2=C)

Para eliminar la constante de normalización habría que hacer esos productos para P1=V y P=C y normalizar.

Ejercicio 2 (2 puntos)

IA83 ha detectado la civilización inteligente en el planeta IAD y desea iniciar el contacto. Para ello estudiar la estructura de su lenguaje a partir de sus emisiones de video. Los iaditas se comunican mediante gestos de sus dos cejas, que expresan su estado de ánimo. Pueden alzar la izquierda (I), la derecha (D), o las dos a la vez (A), y cada uno de estos gestos representa uno de los tres símbolos con los que construyen sus palabras, que son siempre de tres letras.

a) Al analizar las expresiones faciales a lo largo de varias grabaciones, IA83 descubre que **nunca se repite el mismo símbolo de forma consecutiva en una palabra** (es decir no tienen la palabra IIA, o DAA). Las palabras empiezan siempre alzando una ceja (no las dos); ambas posibilidades son equiprobables. Además, siempre tras los símbolos I y D, la probabilidad de que el símbolo siguiente sea A es doble que la del resto de las opciones. Tras A, el símbolo siguiente es equiprobable entre las dos opciones posibles.

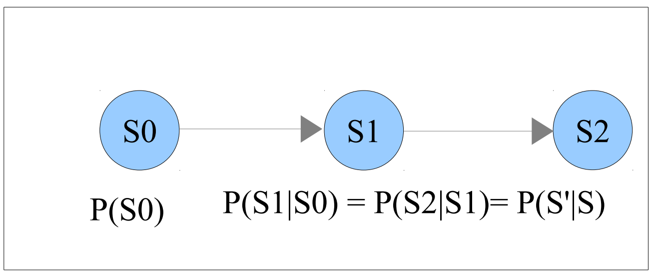
1. ¿Con qué técnica se modelaría este problema para poder qué probabilidad hay de que el símbolo A sea el intermedio en la palabra D_D ? Representarlo y escribir las tablas de probabilidad necesarias con los datos indicados.

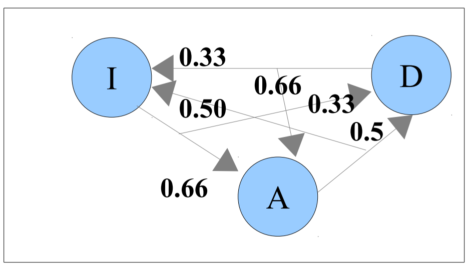
Sería un Modelo de Markov (o Cadena de Markov). En este caso está limitado a tres estados. La variable de estado es simplemente el símbolo. Lo llamaremos S y tiene tres posibles valores {I,A,D}.

La tabla de probabilidad (de transición) necesaria es P(S'|S), donde S' es el estado futuro y S el estado pasado:

S	**P(S'= I | S)**	**P(S'= A | S)**	**P(S'=D | S)**
I	0	0.66	0.33
A	0.50	0	0.50
D	0.33	0.66	0

Para especificarlo completamente falta solo la probabildad del primer símbolo, que según el enunciado es: $P(S_0=I)=P(S_0=D)=0.50$, $P(S_0=A)=0$.





b) IA83 verifica que existe incertidumbre al detectar los símbolos cuando se suceden con rapidez. Es importante saber cómo termina una palabra, porque el símbolo final indica si el alienígena será hostil o no. Hemos medido un índice de fallo que depende del símbolo: cuando el iadita quiere expresar A confundimos este gesto de forma equiprobable con I o D con un 20% total de probabilidad; I o D se confunden con A con un 10% de probabilidad. I y D se distinguen entre sí sin problema (cuando quiere decir I nunca entendemos D y viceversa).

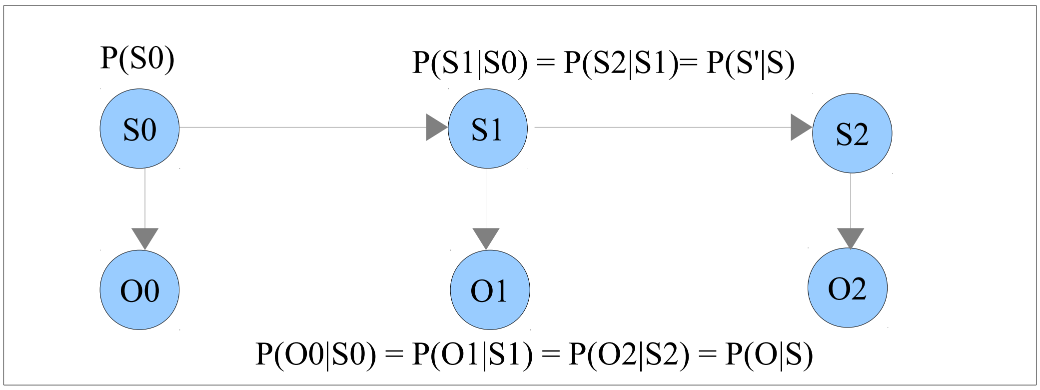
2. **¿Con qué técnica se modelaría este segundo problema para poder predecir cómo termina una palabra cuando ya hemos visto los tres primeros símbolos?**

Como aparece un estado desconocido (el símbolo) pero una observación (el gesto que percibimos) se trata de un Modelo Oculto de Markov.

3. **Representarlo y escribir las tablas de probabilidad necesarias con los datos indicados.**

El estado será igual que antes, pero aparece la evidencia (observación) O, que tiene los valores OI, OA, OD (ponemos nombres diferentes para que la tabla quede más clara). Al ejemplo anterior hay que añadir la probabilidad de detectar un gesto u otro según el estado (oculto): P(O|S).

S	**P(**O= OI **| S)**	**P(**O= OA **| S)**	**P(**O =OD **| S)**
I	0.90	0.10	0
A	0.10	0.80	0.10
D	0	0.10	0.90

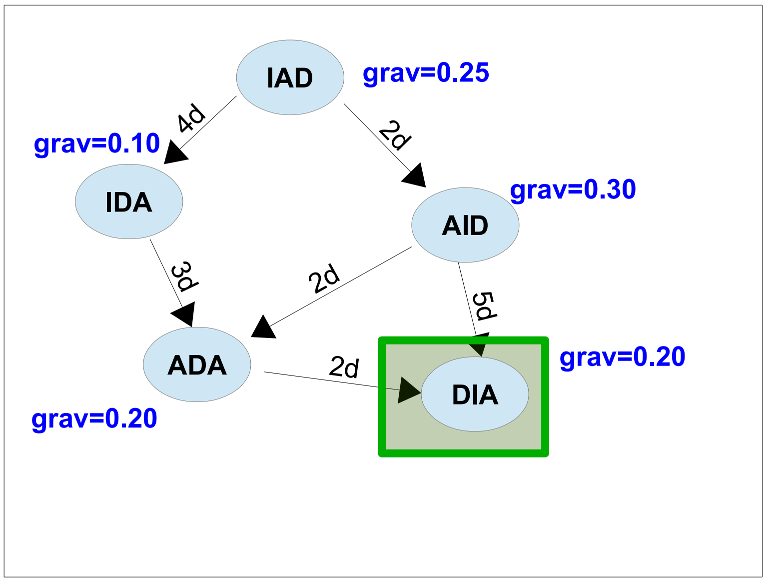


4. **¿Qué probabilidad tendríamos que calcular para predecir ese símbolo final? (Enunciar qué probabilidad, no hacer ningún cálculo)**

P(S2|O0,O1,O2) (filtrado), si vemos los tres símbolos o (S2|O0,O1) (predicción) si predecimos con solo ver los dos primeros.

Ejercicio 3 (2 puntos)

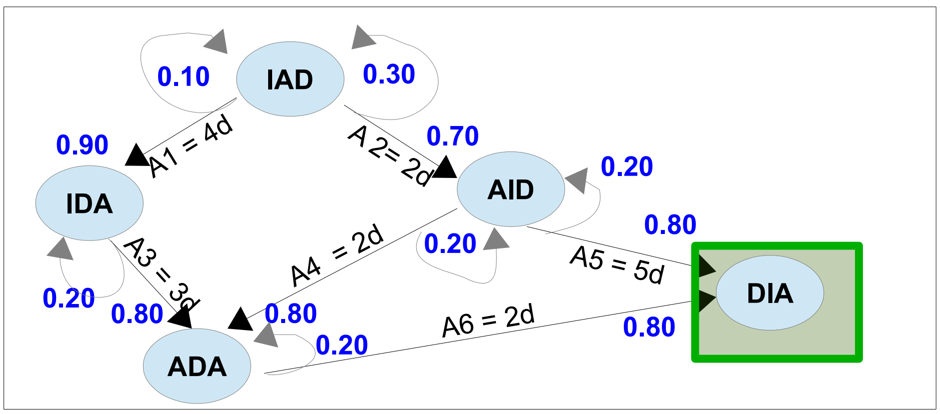
La civilización IAD ha indicado a IA83 toda la información necesaria para calcular su trayectoria hacia otro planeta habitado por una civilización de interés, los DIA. Para ello debe realizar saltos hiperespaciales conforme a la carta de navegación que le han entregado, que indican las saltos posibles y el tiempo de salto en días. Un salto hiperespacial permite viajar de una estrella a otra adyacente y tiene la probabilidad de fracasar igual a la gravedad de la estrella destino (indicada en la figura). Si el salto fracasa, la nave reaparece en el mismo sistema del que salía.



Se pide:

1. **Representar el problema con un PDM que permita calcular la mejor decisión (en tiempo) para llegar a un destino en función del origen.**

El PDM se describe mediante la siguiente figura, en la que cada transición se debe a una acción diferente (A1 a A6), cada una con su coste.



2. **Supongamos que se quiere aplicar el método de iteración de valores para llegar al sistema DIA desde IAD. Plantear (NO resolver) las ecuaciones de Bellman para determinar el valor de cada estado.**

Hay una sola variable, la posición del explorador. Para simplificar la notación, P(Sistema2|Sistema1) será la probabilidad de transitar al estado "Estamos en el sistema 2" si el estado actual es "Estamos el en Sistema 1". C(Acción) es el coste de la acción, V(Estado) el valor del estado. El valor del estado DIA será siempre cero, ya que es la meta.

$V(DIA) = 0$

$V(ADA) = C(A6) + V(ADA) * P_{A6}(ADA|ADA) + V(DIA) * P_{A6}(DIA|ADA) = 2 + 0.20 * V(ADA) + 0$

$$V(IDA) = C(A3) + V(IDA) * P_{A3}(IDA|IDA) + V(ADA) * P_{A3}(ADA|IDA) = 3 + 0.20 * V(IDA) + 0.80 * V(ADA)$$

$$V(AID) = \min (C(A4) + V(AID) * P_{A4}(AID|AID) + V(ADA) * P_{A4}(ADA|AID), C(A5) + V(AID) * P_{A5}(AID|AID) + V(DIA) * P_{A5}(DIA|AID)) = \min (2 + 0.20 * V(AID) + 0.80 * V(ADA), 5 + 0.20 * V(AID) + 0)$$

$$V(IAD) = \min (C(A1) + V(IAD) * P_{A1}(IAD|IAD) + V(IDA) * P_{A1}(IDA|IAD), C(A2) + V(IAD) * P_{A2}(IAD|IAD) + V(AID) * P_{A2}(AID|IAD)) = \min (4 + 0.10 * V(IAD) + 0.90 * V(IDA), 2 + 0.30 * V(IAD) + 0.70 * V(AID))$$

3. **Supongamos que los valores calculados para los estados son V(IAD)=12, V(IDA)=8, V(AID)=7 y V(ADA)=3 (NO corresponden con la solución del paso anterior). Calcule, si se puede, la política óptima en IAD.**

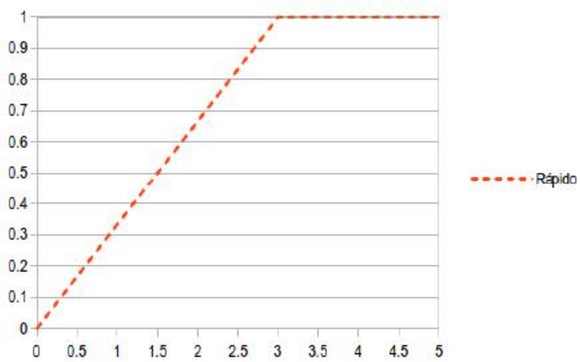
La política óptima será la que resulta en el mínimo coste entre las dos opciones que hay en el estado IAD: A1 y A2. De las dos expresiones del valor de IAD, la acción que dé menor valor.

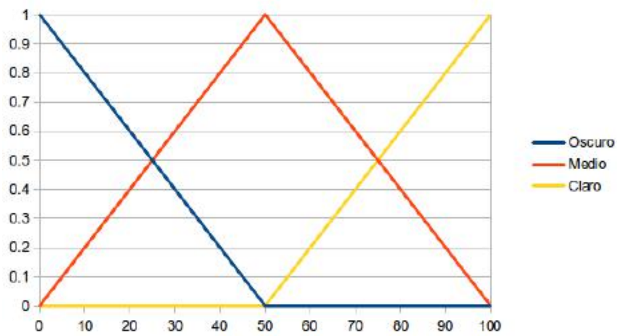
$$Politica(IAD) = \arg\min (C(A1) + V(IAD) * P_{A1}(IAD|IAD) + V(IDA) * P_{A1}(IDA|IAD), C(A2) + V(IAD) * P_{A2}(IAD|IAD) + V(AID) * P_{A2}(AID|IAD)) = \arg\min (4 + 0.10 * V(IAD) + 0.90 * V(IDA), 2 + 0.30 * V(IAD) + 0.70 * V(AID)) = \arg\min (4 + 0.10 * 12 + 0.90 * 8, 2 + 0.30 * 12 + 0.70 * 7) = \arg\min (12.4, 10.5)$$

Como el valor mínimo (10.5) se consigue con la acción A2, ésta es la política óptima en IAD.

Ejercicio 4 (2 puntos)

Según los principios de Computación Afectiva, los IAD83 son capaces de reconocer y expresar emociones, para lo cual utiliza técnicas de computación borrosa. El sistema que reconoce emociones se basa en la medida de la velocidad de gesticulación (V, en símbolos por segundo) y el tono de la piel (en porcentaje de luminosidad L, de 0 a 100, donde el 100 es más claro). El sistema utiliza los siguientes conjuntos borrosos y reglas para realizar el razonamiento y asignar una emoción (tranquilo o enfadado) a un iadita.





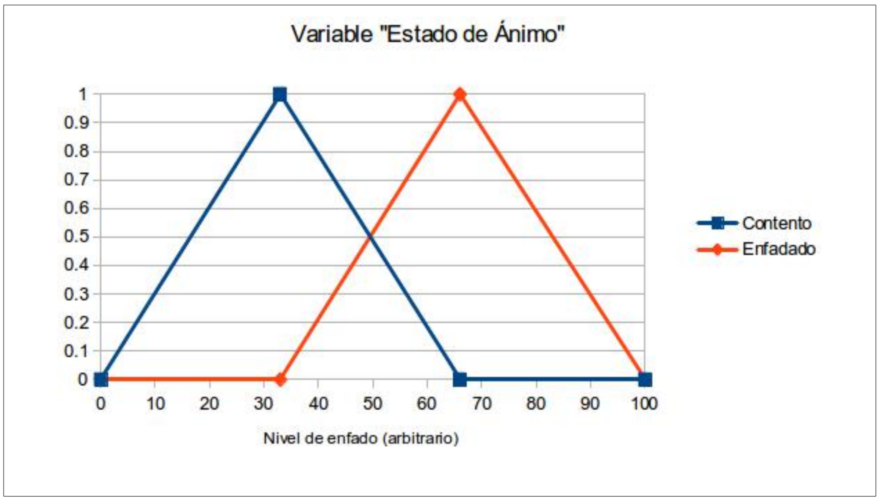
Se ha averiguado que se cumple que:

- R1. Si la velocidad es rápida y la luminosidad es medio o claro, el iadita está enfadado
- R2. Si la velocidad es lenta (no rápida) y el valor de luminosidad es oscuro, el iadita está tranquilo

Se pide:

1. **Definir los conjuntos borrosos necesarios para la salida del sistema (la emoción correspondiente)**

Podemos definirlo con total libertad, escogemos dos valores porque en las reglas sólo aparecen dos. A la izquierda estarán estados menos enfadados, a la derecha más enfadados.



2. **Explicar (gráficamente) paso a paso cómo se obtendría la salida para los dos casos siguientes: V=2.5 y L=70 , V=1 y L=25.**

Hay que aplicar las dos reglas para cada uno de los dos casos. El conjunto (medio o claro) es la unión de los dos conjuntos medio y claro. El conjunto lenta (no rápida) tiene como función $\mu_{lenta} = \mu_{1\text{-}rapida} = 1 - \mu_{rapida}$

Caso 1: **V=2.5 y L=70**

- R1. Si la velocidad es rápida y el valor es medio o claro, el iadita está enfadado

  $\mu_{rapida}(2.5) = 0.8$, $\mu_{medio\ o\ claro}(70) = 0.6$

  El resultado de la primera regla será el conjunto “enfadado” cortado en el nivel 0.6 (mínimo de los anteriores).

- R2. Si la velocidad es lenta (no rápida) y el valor es oscuro, el iadita está tranquilo

  $\mu_{lenta}(2.5) = 1- \mu_{rapida}(2.5) = 0.2$, $\mu_{oscuro}(70) = 0$

  El resultado de la segunda regla será el conjunto “tranquilo” cortado en el nivel 0 (mínimo de los anteriores). Es decir, no da salida.

  El resultado de las dos reglas es la unión de ambos conjuntos resultados, así que queda simplemente **el conjunto “enfadado” cortado en el nivel 0.6**.

Caso 2: **V=1 y L=25**

- R1. Si la velocidad es rápida y el valor es medio o claro, el iadita está enfadado
  $\mu_{rapida}(1) = 0.3$, $\mu_{medio\ o\ claro}(25) = 0.5$

  El resultado de la primera regla será el conjunto "enfadado" cortado en el nivel 0.3 (mínimo de los anteriores).

- R2. Si la velocidad es lenta (no rápida) y el valor es oscuro, el iadita está tranquilo
  $\mu_{lenta}(1) = 1- \mu_{rapida}(0.3) = 0.7$, $\mu_{oscuro}(25) = 0.5$

  El resultado de la segunda regla será el conjunto "tranquilo" cortado en el nivel 0.5 (mínimo de los anteriores).

  El resultado de las dos reglas es la **unión** de ambos conjuntos resultados, así que hay calcular **la unión del conjunto "enfadado" cortado en el nivel 0.3 con el conjunto "tranquilo" cortado en el nivel 0.5.**

Si usamos la definición que dimos antes para la variable resultado, nos quedan las dos soluciones de las figuras siguientes.

Solución caso 1: **V=2.5 y L=70**	Solución caso 2: **V=1 y L=25**