



## CAPITULO 2

# EL USUARIO

---

### CAPITULO 2

2.1.	NIVELES DE EXPLICACIÓN DE LA CONDUCTA INTERACTIVA .....	- 16 -
2.1.1.	<i>Socio-Cultural.</i> .....	- 17 -
2.1.2.	<i>Cooperación.</i> .....	- 17 -
2.1.3.	<i>Procesamiento de la información compleja de un individuo.</i> .....	- 17 -
2.1.4.	<i>Cuarto Nivel.- Percepción Individual.</i> .....	- 17 -
2.1.5.	<i>5TO. NIVEL. Sensorio-Motor.</i> .....	- 18 -
2.2.	COGNICIÓN INDIVIDUAL Y DISTRIBUIDA .....	- 18 -
2.2.1.	<i>Cognición Individual</i> .....	- 18 -
2.2.2.	<i>Cognición Distribuida</i> .....	- 21 -
2.3.	ARQUITECTURAS COGNITIVAS .....	- 23 -
2.3.1.	<i>Arquitecturas Cognitivas Relevantes.</i> .....	- 24 -
2.4.	SENSACION .....	- 27 -
2.4.1.	<i>Sistema Visual</i> .....	- 28 -
2.4.2.	<i>Sistema Auditivo</i> .....	- 35 -
2.4.3.	<i>El Tacto</i> .....	- 37 -
2.4.4.	<i>Sistema Cenestésico Y Vestibular</i> .....	- 38 -
2.4.5.	<i>Sistema Olfativo</i> .....	- 39 -
2.5.	PERCEPCION .....	- 40 -
2.5.1.	<i>Organización Perceptual de Objetos y Escenas</i> .....	- 40 -
2.5.2.	<i>Percepción de la Profundidad</i> .....	- 44 -
2.5.3.	<i>Percepción y Reconocimiento de Objetos</i> .....	- 45 -
2.5.4.	<i>Percepción y Atención</i> .....	- 47 -
2.5.5.	<i>Percepción y Acceso al Conocimiento</i> .....	- 48 -
2.6.	MEMORIA .....	- 52 -
2.6.1.	<i>Memoria Sensorial</i> .....	- 52 -
2.6.2.	<i>Memoria a Corto Plazo</i> .....	- 53 -
2.6.3.	<i>Memoria a Largo Plazo</i> .....	- 54 -
2.7.	REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO.....	- 54 -
2.7.1.	<i>Modelos Mentales</i> .....	- 55 -
2.7.2.	<i>Redes Semánticas</i> .....	- 55 -
2.7.3.	<i>Procesos de Recuperación</i> .....	- 57 -

**En este capítulo empezaremos por plantear un marco referencia donde encuadrar los diferentes niveles en los que se puede analizar el componente humano en la interacción. Este marco nos servirá para enfocar los aspectos sensoriales, perceptuales, de memoria, etc. de los siguientes temas.**

**2.1. NIVELES DE EXPLICACIÓN DE LA CONDUCTA INTERACTIVA**

El ser humano es un sistema complejo cuya conducta puede ser explicada como el resultado de diferentes procesos. En particular, cuando hablamos de la interacción entre una persona y un sistema informático podemos analizar la conducta interactiva desde diferentes niveles.

En este sentido, Cañas y Waern han establecido un marco de referencia desde el que es posible clasificar los diferentes tipos de artefactos informáticos y los temas de factores humanos que deben ser estudiados en relación con ellos. [LIB010].

La *tabla 2.1.*, muestra los Niveles de explicación de la conducta interactiva según Cañas y Waern.

Artefactos Informáticos	Niveles	Temas de interés
CMC <sup>9</sup> , tal como e-mail, e-conferencias, MUD <sup>10</sup>	Socio-Cultural	Organización, Historia, Cultura, Trabajo a distancia, Comunidades virtuales
CSCW <sup>11</sup> , workflow	Cooperación	Comunicación y coordinación
Sistemas basados en conocimiento, sistemas de apoyo en la toma de decisiones individuales	Procesamiento de la información compleja de un individuo	Representación, interpretación, búsqueda, modelos mentales, toma de decisiones, solución de problemas.
Sistemas de presentación de datos (visuales, auditivos, táctiles, etc.), sistemas de output, manipulación directa	Percepción individual	Leyes de la Gestalt, Atención, Afrontamiento, lectura, comprensión auditiva.
Interacción motora, realidad Virtual	Sensorio-Motor	Diseño de instrumentos de input, feedback relacionado con el input, problemas físicos, náusea, interacción con el mundo real.

*Tabla 2.1.* Niveles de explicación de la conducta interactiva según Cañas y Waern

<sup>9</sup> CMC. Computer Mediated Communication.

<sup>10</sup> MUD. Multi User Dungeon/ Multi User Dimension.

<sup>11</sup> CSCW. Computer Supported Cooperative Work.

### **2.1.1. Socio-Cultural.**

En este nivel se encuentran todos los temas relacionados con el papel que la tecnología de la información tiene en la organización de una sociedad, así como la influencia que la sociedad tiene en el diseño de esta tecnología. Los sistemas informáticos pueden ayudar a construir una sociedad y guardar la memoria histórica de ella. Por ejemplo, un tema interesante en este nivel, sería como Internet y el correo electrónico han creado una comunidad virtual que tiene una estructura y unas reglas propias y diferentes a otras comunidades.

### **2.1.2. Cooperación.**

Este nivel se ocupa de la interacción en las tareas donde cooperan varias personas. Los sistemas informáticos que se utilizan para la cooperación y la comunicación entre las personas de un grupo que trabajan juntos para realizar una tarea se conocen con las siglas inglesas CSCW que corresponden a lo que se podría traducir en castellano como apoyo por computador al trabajo en equipo.

### **2.1.3. Procesamiento de la información compleja de un individuo.**

Este nivel corresponde a la interacción de una sola persona con un sistema informático. En este nivel se estudiarían los temas clásicos del sistema cognitivo humano: memoria, razonamiento, toma de decisiones, etc. Entre estos temas cabe destacar por su importancia a la hora del diseño de interfaces el de los modelos mentales. Es muy importante conocer como el usuario adquiere y almacena en su memoria un modelo del sistema con el que está interactuando.

### **2.1.4. Cuarto Nivel.- Percepción Individual.**

Es el que hace referencia a aspectos tan importantes como las características de las interfaces visuales y las auditivas y las interfaces de manipulación directa.

---

### **2.1.5. 5TO. NIVEL. Sensorio-Motor.**

Aquí se estudian las interfaces de los sistemas de input output en relación con los sistemas sensoriales y motores del ser humano.

## **2.2. COGNICIÓN INDIVIDUAL Y DISTRIBUIDA**

Para estudiar el papel del ser humano en el diseño de sistemas interactivos debemos recurrir fundamentalmente a la Psicología Cognitiva que es la disciplina científica que se encarga del estudio del sistema de procesamiento de información humano. Los psicólogos cognitivos han acumulado datos empíricos y teorías explicativas sobre las capacidades y limitaciones del sistema cognitivo humano, cómo se percibe el mundo que nos rodea, cómo se almacena y recupera la información y cómo se resuelven problemas, etc.

Cognición hace referencia a la adquisición, mantenimiento y uso de conocimiento. Sin embargo se entiende este término de una forma amplia, que supera los límites de la Cognición individual, tal y como la estudia la Psicología Cognitiva. Por esta razón es necesario distinguir entre varios tipos de Cognición.

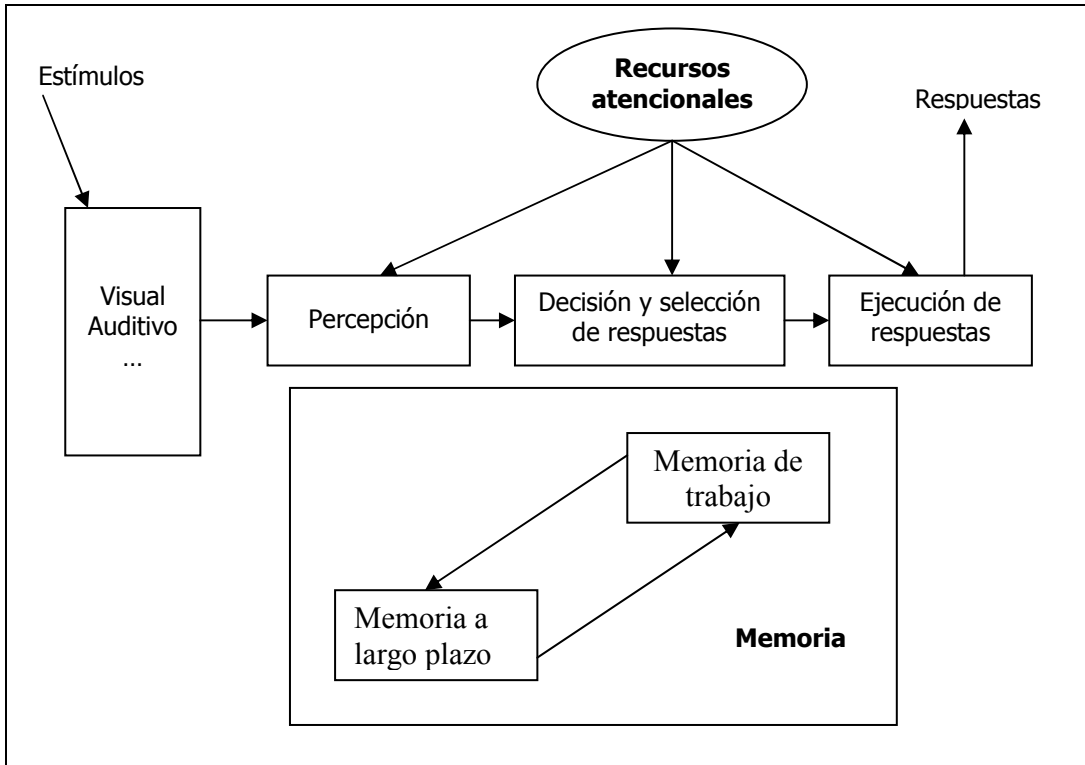
Se habla de Cognición Individual para referirse al conocimiento que una persona tiene y que afecta a su relación individual con un computador. Por otra parte, se utiliza el término Cognición Distribuida cuando se quiere estudiar la manera en que varias personas comparten y comunican sus conocimientos usando e interactuando con equipos. Por lo tanto, el término cognitivo incluirá aspectos individuales y de grupo.

### **2.2.1. Cognición Individual**

Los modelos cognitivos que se han propuesto para explicar la interacción entre una persona y un artefacto han seguido en general el esquema de procesamiento de información tal como hoy se entiende en Psicología Cognitiva. Un modelo

---

general que puede servir de referencia puede observarse en la *figura 2.1.*, propuesto por Wickens. [LIB011]



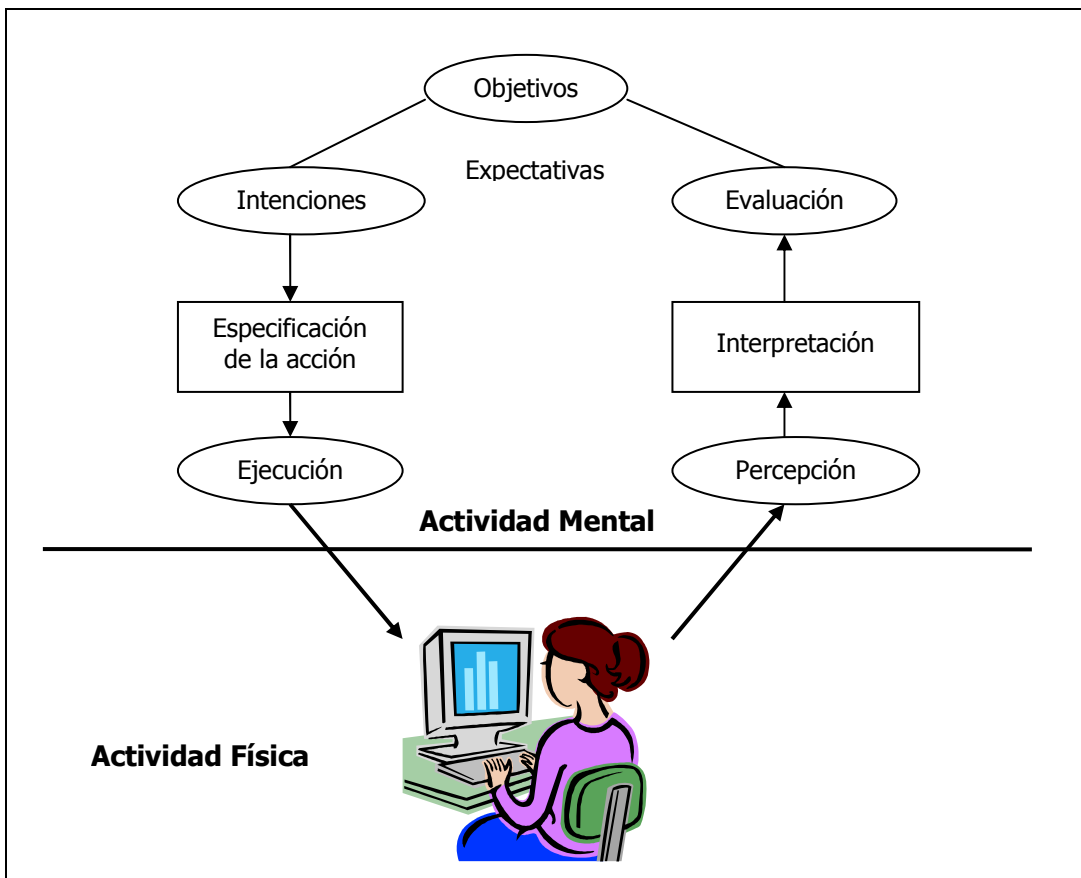
*Figura 2.1.* Modelo Cognitivo General.

Según este modelo se considera que el ser humano posee un sistema cognitivo compuesto por unos sistemas sensoriales encargados de extraer la información del ambiente. Esta información es analizada por los procesos perceptuales y almacenada en la memoria para poder ser recuperada y utilizada posteriormente.

La memoria humana está compuesta de varios subalmacenes: la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. A su vez, la memoria a largo plazo puede subdividirse en memoria declarativa, donde son almacenados los hechos conocidos, y la memoria procedimental, donde se encuentra almacenada la información sobre cómo se llevan a cabo ciertas tareas. [LIB012]

Norman ha señalado que un modelo psicológico de la interacción debe servir para especificar cómo las variables psicológicas se relacionan con las variables del

sistema. Según este autor un usuario realiza siete actividades cuando interactúa con un sistema, ilustrados en la *figura 2.2.*: [LIB013]



*Figura 2.2.* Actividades cognitivas de un usuario

1. Establecer un objetivo.
2. Formar una intención.
3. Especificar las secuencias de acciones.
4. Ejecutar la acción.
5. Percibir el estado del sistema.
6. Interpretar el estado.
7. Evaluar el estado del sistema con respecto a los Objetivos y a las Intenciones.

Los aspectos que los modelos deben considerar a la hora de explicar la interacción son según Howes los siguientes: [LIB014]

- **Conducta.** Los modelos deben explicar y predecir la conducta de los usuarios, así como los datos experimentales que se han obtenido en las investigaciones llevadas a cabo. Por ejemplo, los usuarios aprenden con más facilidad una interfaz con menús e íconos que una interfaz con comandos.
- **Conocimiento.** Para predecir la conducta de los usuarios es necesario describir cuáles son los conocimientos que éstos deben tener de la interfaz y de la interacción.
- **Representación del Conocimiento.** El conocimiento está representado en el sistema y los modelos han propuesto varios formalismos en los que puede estar representado. El formalismo impone restricciones sobre la forma de adquirir y usar este conocimiento. Por ello, es importante este nivel de descripción ya que estas restricciones conducen a hacer predicciones sobre la conducta.
- **Aprendizaje.** Los usuarios tienen que aprender el uso de la interfaz. Por lo tanto, los modelos cognitivos han prestado mucha atención a cómo se realiza este aprendizaje.

### 2.2.2. Cognición Distribuida

Cuando se estudia la interacción de un grupo de personas con los sistemas informáticos en el contexto de trabajos altamente organizados en sistemas complejos, se considera a las personas y a los sistemas informáticos como agentes dentro de un sistema común. El foco de atención se pone en la transferencia de información entre los agentes así como en la transformación de información dentro de y entre agentes. En este marco, la cognición es considerada como un fenómeno que emerge del trabajo del sistema como un todo. Los procesos de coordinación y colaboración no son el foco de atención en sí mismos, más bien son considerados como procesos que emergen del trabajo del sistema [LIB015].

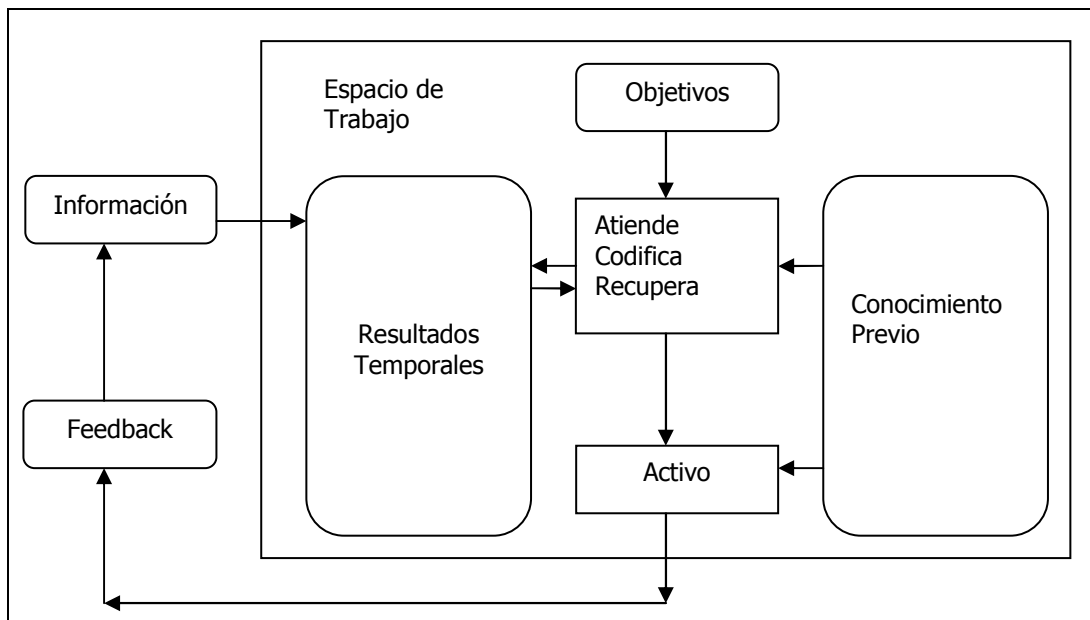
Un tema importante que se estudia en este contexto es el de la distribución de información entre las personas y los computadores. De esta manera, se pueden considerar varias aproximaciones a la distribución de la información y varios tipos de relaciones entre la distribución de la información y otras actividades tal cómo

---

la negociación de objetivos y la distribución del trabajo: comunicación en paralelo, comunicación jerárquica, coordinación a través de equipos comunes.

El paso de considerar la cognición individual a considerar el grupo como una unidad cognitiva es reciente, y ha sido llamado por Salomon la perspectiva de la “Persona Más” en cognición [LIB016].

Hinsz, Tilldale y Vollrath han propuesto un modelo general del procesamiento de la información ilustrado *figura 2.3.*, que puede ser adaptado para explicar el procesamiento de información distribuida.



**Figura 2.3.** Modelo general del procesamiento de la información.

En este modelo, existe un espacio de trabajo limitado, en los modelos de procesamiento de la información individual se les suele llamar Memoria a corto plazo, mientras que en un grupo puede ser considerado como la unión de lo que es lo individual y de lo que es compartido. Dentro del espacio de trabajo se lleva a cabo el procesamiento de la información, para interpretarla y decidir sobre la acción a tomar. La interpretación de la información depende del contexto, incluyendo el conocimiento previo de las personas implicadas. En un grupo, algunos de estos conocimientos previos son comunes, algunos tienen que ser



compartidos explícitamente, y algunos son personales. La información externa es seleccionada y transformada por los procesos atencionales y de codificación en el espacio de trabajo. Estos procesos están gobernados por el conocimiento previo procesamiento de arriba a abajo, así como por los resultados temporales procesamiento de abajo a arriba. Los procesos de codificación y recuperación del conocimiento previo están controlados por los objetivos del momento y continúan hasta que una acción relevante es derivada y ejecutada. En un grupo, las personas pueden negociar entre ellas sus objetivos, comunicar sus codificaciones y selecciones hasta que alcanzan un objetivo que no tiene por qué ser común y una interpretación compartida de la situación.

Las acciones pueden ser comunes o distribuidas de acuerdo con las características de la tarea. La información nueva que resulta de llevar a cabo estas acciones, es usada para una nueva ronda de procesamiento.

Este modelo implica un procesamiento secuencial de la información, donde las iteraciones de los procesos son ejecutadas hasta que se alcanza el objetivo, y puede ser usado para analizar los procesos implicados en el procesamiento de la información en grupo.

### **2.3. ARQUITECTURAS COGNITIVAS**

La Psicología Cognitiva desde sus comienzos ha estado dominada por programas de investigación sobre aspectos parciales del procesamiento de la información. Se han propuesto modelos y realizado experimentos sobre sensación, percepción, memoria, etc. muchas veces limitados a ciertas tareas especialmente diseñadas para realizarlas en el laboratorio y que poco tenían que ver con la vida real.

Los científicos cognitivos tienen que explicar y predecir la conducta humana en tareas complejas donde es sumamente difícil descomponer la tarea en unidades independientes que puedan atribuirse a procesos perceptuales o procesos atencionales, o procesos de memoria, o procesos de razonamiento. Al modelar la

---

---

conducta de una persona interactuando con un computador se reconoce que es imposible separar los componentes cognitivos: ¿Qué es memoria? ¿Qué es atención? Por ello, siguiendo la propuesta de Newell se han creado teorías lo más generales posibles que integran a la mayor parte de las estructuras y procesos cognitivos y son capaces de hacer predicciones sobre el mayor número de fenómenos conductuales posibles. [LIB019].

### 2.3.1. Arquitecturas Cognitivas Relevantes

Desde los años 60 son ACT-R<sup>12</sup>, SOAR<sup>13</sup> y CCT<sup>14</sup>. De las tres, ACT-R y SOAR han surgido de la Ciencia Cognitiva y CCT ha surgido de la investigación en Ergonomía. [LIB018], [LIB019], [LIB020].

SOAR y ACT-R son las mejor elaboradas y las que más investigación empírica han generado por ser su campo de aplicación más amplio. Las dos han sido elaboradas con el objetivo de poder explicar la conducta humana en cualquier circunstancia. Por el contrario CCT fue propuesta para explicar la interacción de una persona con un computador y, en bastante medida, es una adaptación de SOAR al caso específico de la IPC.

#### 2.3.1.1. SOAR

Se puede decir que la mayor aportación teórica de Newell y Simon y que constituye la idea central sobre la que están construidas las arquitecturas que han sido propuestas posteriormente es la regla de producción. Newell y Simon habían trabajado desde los años 50 en la construcción de un programa de computador, el Solucionador General de Problemas, que fuese capaz de solucionar problemas. Sus trabajos tuvieron una influencia capital en la fundación y desarrollo de la Inteligencia Artificial, la Ciencia Cognitiva y la Psicología Cognitiva. Este trabajo culminó con la publicación del libro Human Problem Solving. [LIB021]

---

<sup>12</sup> ACT-R. Adaptive Control of Thought-. Rational

<sup>13</sup> SOAR. Searchable Online Archive of Recipes.

<sup>14</sup> CCT. Cognitive Complexity Theory.

La aportación más importante de estos autores fue la de demostrar que el sistema cognitivo humano y artificial puede ser descrito como reglas de producción. Una regla de producción es una estructura de conocimiento que consta de dos partes, una condición y una acción.

### **SI** condición **Entonces** acción

Una regla de producción puede leerse de la siguiente manera: Si una condición se cumple, entonces el sistema lleva a cabo una acción. La condición puede ser externa o interna al sistema. Por ejemplo, una condición puede ser una configuración determinada llueve o un dato almacenado en memoria a corto plazo dos números que deben ser sumados. También una acción puede ser una respuesta motora coger un paraguas o una operación mental sumar los dos números y almacenar el resultado en memoria.

Las reglas de producción están almacenadas en memoria a largo plazo. Las condiciones son unidades de información almacenadas en la memoria a corto plazo. El origen de estas unidades de información puede ser externo, es decir, corresponden a los estímulos percibidos del exterior, o interno, son almacenadas en la memoria a corto plazo como consecuencia de la aplicación de una regla de producción.

Para Newell y Simon la solución de un problema es el proceso por el cual se pasa de un estado inicial en el espacio del problema a un estado final. La solución se alcanza mediante la aplicación de unas reglas de producción, pasando por estados intermedios de una forma secuencial. En cada paso solo se aplica una regla. Puesto que estando en un estado, existen varias reglas que pueden ser aplicadas y, por tanto, llegar a varios posibles estados, toda solución de problemas puede considerarse como una búsqueda en el espacio del problema para encontrar las reglas apropiadas que lleven a la secuencia de estados intermedios que desemboca en el estado final u objetivo. Los conceptos fundamentales que Newell y Simon utilizan para describir su modelo son los siguientes:

---

- 
- *Un objetivo* es una situación a la que se desea llegar. En una tarea existen varios objetivos organizados en una jerarquía. En primer lugar se tiene un objetivo general situado en el nivel superior de la jerarquía.
  - *Un estado* es una estructura de datos que define una situación en el camino para alcanzar el objetivo. En la resolución de un problema se suele hablar de un estado inicial, estados intermedios y estado final que es el objetivo.
  - *Un operador* es una función que transforma un estado en otro. Un operador es la acción que resulta de la aplicación de una regla.
  - *El espacio del problema* es el conjunto de estados y operadores que están disponibles para alcanzar el objetivo. Las dimensiones del espacio del problema pueden ser muy variables y dependen de la complejidad del problema.

En SOAR el procesamiento de la información ocurre en una estructura cognitiva como la que puede verse en la *figura 2.4.*, la información permanente está almacenada en forma de Reglas de Producción. En cada ciclo de procesamiento, las condiciones de las reglas de producción que están almacenadas en la memoria a largo plazo son comparadas con los contenidos de la memoria a corto plazo. Si una regla cumple su condición, es decir, la memoria a corto plazo contiene los datos especificados en su condición, la regla coloca su acción en la memoria de preferencias. Las acciones pueden ser de dos clases, actuaciones directas sobre el ambiente o modificaciones en los contenidos de la memoria a corto plazo. En ambos casos, sin embargo, suponen una modificación en los contenidos de la memoria corto plazo puesto que estos contenidos son, en gran parte, lo que el sistema perceptual capta del ambiente. Es posible que más de una regla cumpla sus condiciones.

El conocimiento almacenado en la memoria permanente es de dos tipos. Cuando el sistema se enfrenta a un problema nuevo, lo hace con reglas de producción generales que forman parte de la arquitectura. Sin embargo, nuevas reglas van siendo añadidas como resultado del aprendizaje. Este se lleva a cabo a través de un proceso llamado agrupamiento. Por ejemplo, cuando ocurre un problema porque

no se pueden elegir entre varios objetos sobre los que actuar, SOAR crea un subobjetivo para resolverlo. Entonces SOAR analiza cuales fueron las condiciones que llevaron al impasse y cual es la acción que lo ha solucionado, y crea una nueva regla con esa condición y esa acción. Esta nueva regla es añadida a la memoria permanente de tal manera que en la siguiente ocasión cuando se encuentre con las mismas condiciones el impasse no se produce y no es necesario generar un nuevo subobjetivo.

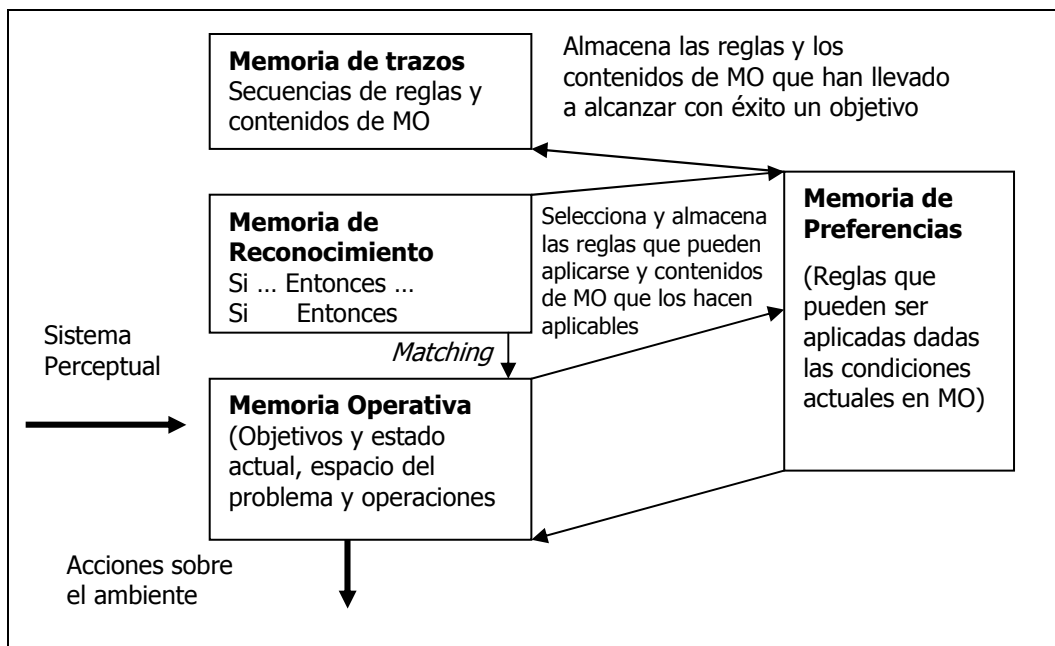


Figura 2.4. Estructura cognitiva en el modelo SOAR

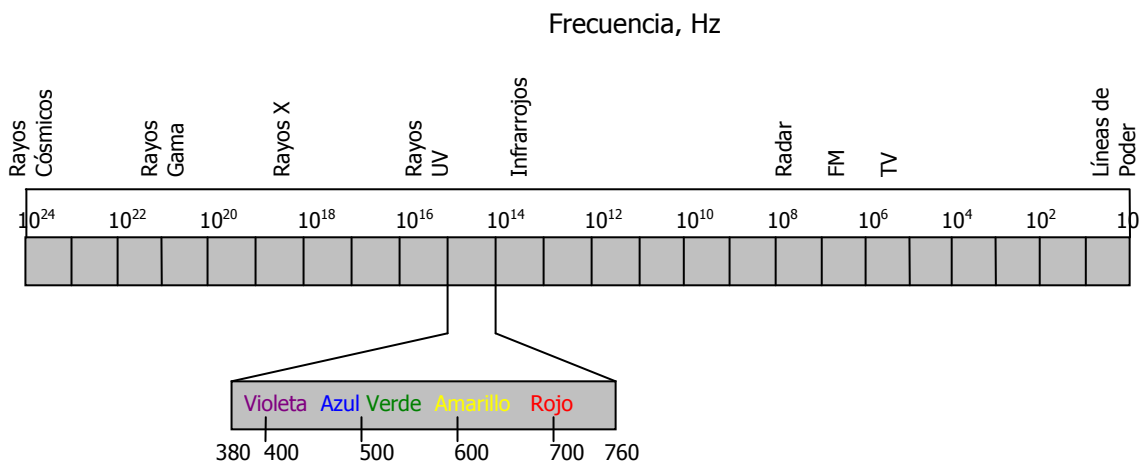
## 2.4. SENSACION

La interacción entre la persona y el computador ocurre cuando hay un intercambio de información entre ambos. El computador presenta cierta información en un formato físico determinado y la persona debe captarla a través de sus sentidos para después procesarla. De la misma manera, la persona transmite cierta información al computador quien la capta a través de sus sistemas de entrada. Al ocuparse de la transmisión de información del computador a la persona habrá que considerar el funcionamiento de los sistemas sensoriales humanos.

A continuación se verán los aspectos generales de los canales sensoriales, comenzando por el visual, mencionando algunos ejemplos del diseño de interfaces para mostrar como el conocimiento científico disponible puede ser aplicado.

**2.4.1. Sistema Visual**

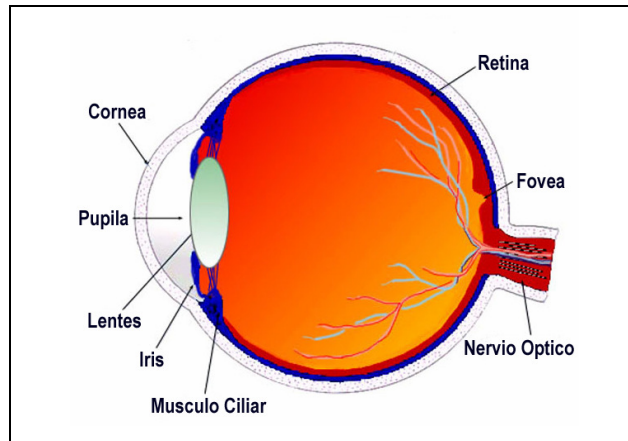
Ver es obtener información, a partir de la energía electromagnética que llega a los ojos desde la estructura espacial del mundo que nos rodea y los distintos aspectos que pueden distinguirse en él. Lo que se ve es la luz definida como la porción del espectro electromagnético que puede ser detectado por el sistema visual humano. El espectro es representado usando una escala no lineal donde cada unidad es un incremento de un factor de 10. Como puede verse en el la *figura 2.5.*, la escala entera de frecuencias es de  $10^{18}$  Hz de largo. Si se representa el espectro como una escala lineal con divisiones de 1mm para representar 1Hz, la escala entera mediría 1000 millones de kilómetros de largo. Pues bien, la porción visible sería de 40cm de largo solamente. [www035]



**Figura 2.5.** El espectro electromagnético. Las luces visibles se encuentran en el rango entre 380 y 760 nanómetros

Para que sea posible la recepción física de los estímulos son necesarias diferentes estructuras anatómicas. La *figura 2.6.*, muestra la estructura atómica del ojo. La primera capa que atraviesa la luz en su camino es la córnea, capa transparente que

se continúa con la esclerótica lateralmente. Después se encuentra la cámara anterior, entre la córnea y el cristalino, en la que hay un líquido transparente llamado humor vítreo.



*Figura 2.6.* Estructura anatómica del ojo

La pupila es un agujero que cambiando de tamaño consigue regular la luz que entra. La siguiente estructura con la que se encuentra la luz es el cristalino o lente, que mediante la variación de su curvatura a través de los músculos filiares produce el fenómeno de acomodación, proceso que permite que enfocar objetos a diferentes distancias. Finalmente, tras atravesar el denso fluido transparente que recibe el nombre de humor vítreo y ocupa la mayor parte del volumen del ojo, las radiaciones luminosas llegan a la retina, en la que se encuentran las células encargadas de realizar la transducción (formación de la imagen), generación de señales nerviosas en respuesta a la luz. En ella las imágenes se forman de manera invertida aunque el cerebro está capacitado para considerarlas como normales. En la retina existen dos puntos importantes, la fovea, que es el punto de máxima visión y el punto ciego, que es un lugar en el que no hay visión ya que de éste parte el nervio óptico. [www003]

El campo visual que tiene un sujeto al mirar a un punto es prácticamente de 180 grados y se puede dividir en dos partes, el semicampo visual izquierdo y el derecho. Los objetos del hemicampo visual izquierdo se proyectan sobre las hemirretinas derechas y los del hemicampo visual derecho sobre las hemirretinas

izquierdas. Hay una zona binocular, la zona central, donde todos los objetos se proyectarán sobre los dos ojos. En el campo visual, también hay dos zonas monoculares, en los extremos, que sólo se proyectan a un solo ojo y los objetos situados en esas zonas se proyectarán lateralmente al ojo del mismo lado. El hecho de que existan zonas monoculares se debe a la nariz.

Ahora bien, es necesario mencionar los aspectos del sistema visual que nos interesan desde el punto de vista de la IPC. Al hablar del sistema visual en este nivel sensorio-motor nos limitaremos a exponer dos temas fundamentales que hacen referencia a la cantidad y a la cualidad de la luz que llega a la retina. Estos temas son el color y la iluminación.

#### **2.4.1.1. El Color**

Para entender la forma en la que se perciben los colores es necesario explicar como la luz llega a la retina y es codificada por los fotorreceptores que existen en ella. La retina humana tiene dos tipos de fotorreceptores, los conos y los bastones, que al contacto con la luz segregan sustancias químicas que estimulan a las neuronas. Los conos son responsables de la visión diurna y los bastones median la visión nocturna, siendo éstos últimos extremadamente sensibles a la luz. Los conos permiten realizar mejor que los bastones cualquier tarea visual, excepto la detección de estímulos oscuros.

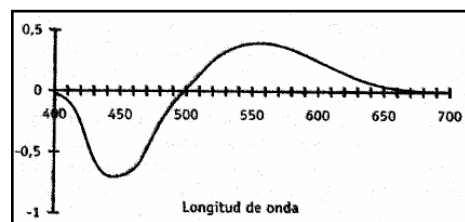
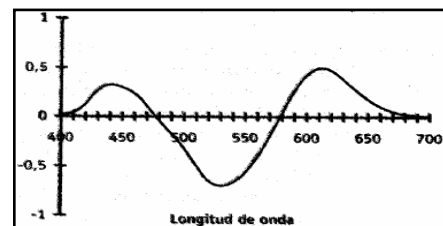
Se han identificado tres tipos de conos con pigmentos con diferentes sensibilidades espectrales. Puesto que la absorción del espectro de los tres pigmentos sensibles a la luz se solapa, una longitud de onda determinada que llegue a la retina causará respuestas en los tres conos pero en diferentes grados. El resultado es un patrón de salida formado por los tres conos que es el indicador de la longitud de onda que lo ha causado. Después el sistema nervioso central interpreta cada patrón de output como un color determinado. Las nociones de patrón de output y de cómo son interpretadas por el sistema nervioso central pueden ayudar a explicar algunas de las experiencias de nuestra vida cotidiana.

---



Por ejemplo, las luces roja y verde pueden combinarse para ver el color amarillo. La teoría que usa estas nociones se le conoce como la Teoría de los Componentes. La explicación en términos de esta teoría sería que las dos luces, roja y verde han estimulado a los tres conos para dar lugar a un patrón de output similar al que sería causado por la longitud de onda del amarillo. Sin embargo, ciertos fenómenos visuales no pueden ser explicados por la teoría de los componentes. Si el ojo se fija en una luz brillante por varios segundos, y después se retira, se ve una imagen retiniana con unas características interesantes. Una luz azul da lugar a una imagen amarilla después y viceversa. Una luz roja produce imágenes verdes. A este efecto se le llama el posefecto del color para el es necesario proponer un sistema, conocido como de los procesos oponentes. Se cree que en la retina existen unos procesos que tienen conos funcionalmente diferentes que producen respuestas máximas a diferentes longitudes de onda. Existen tres sistemas de procesos oponentes:

- **Rojo-verde:** Responde cuando llegan longitudes de onda medias, viéndose el color verde, o longitudes de onda muy bajas o muy altas, viéndose entonces el rojo.
- **Azul-Amarillo:** Responde ante longitudes de onda cortas, viéndose el azul, o longitudes de onda largas, viéndose el amarillo.
- **Acromático:** responde a la cantidad de luz que se refleja, dando lugar a los niveles de claridad (claro-oscuro) que vemos.



La explicación de los posefectos del color sería según esta teoría la siguiente: cuando se mira fijamente un color, por ejemplo el rojo, durante un tiempo, el sistema del rojo se agota y se inhibe y se deja ver el verde. Esta teoría de los procesos oponentes tiene importantes consecuencias para la IPC. Más concretamente, la noción de que los colores rojo y verde, por un lado y azul y

amarillo por otro, implica que se deben evitar los colores oponentes en combinación en una pantalla para evitar los posefectos, por ejemplo:

- Si se ponen las letras en color azul sobre un fondo amarillo puede que se capte la atención del usuario pero los posefectos del color pueden hacer que se dejen de ver las letras en la pantalla.
- Palabras en rojo sobre fondos azules pueden parecer que ‘vibran’.

La extensa investigación llevada a cabo en Psicología sobre este tema ha permitido en la actualidad disponer de guías para la selección del color en las interfaces. Un ejemplo de estas guías pueden observarse en la **tabla 2.2**.

<b>En General</b>
Elegir combinaciones de colores compatibles. Evitar rojo-verde, azul-amarillo, verde-azul, rojo-azul Usar contrastes altos de color entre la letra y el fondo Limitar el número de colores a 4 para los novatos y a 7 para los expertos Usar azul claro sólo para las áreas de fondo Usar el blanco para la información periférica Usar códigos redundantes (formas además de colores); de 6 a 10 por ciento de los varones tienen algún problema de visión del color
<b>Para la Pantallas de visualización de datos</b>
La luminosidad disminuye en este orden: blanco, amarillo, cian, verde, magenta, rojo y azul Usar blanco, cian o verde sobre fondos oscuros Para vídeos inversos usar nada (negro), rojo, azul o magenta Evitar colores muy saturados
<i>Tabla 2.2.</i> Ejemplo de estas para la selección del color en las interfaces

Como indica la regla general 6, es necesario tener presente que no se debe abusar de los colores como medios de codificación porque los problemas de visión del color son muy comunes. En este sentido conviene saber cuales son estas deficiencias de la visión cromática que son consistentes con la pérdida de uno de los tres sistemas de conos, ilustradas en la **tabla 2.3**.

Antes de terminar con la visión del color es conveniente señalar lo que significan para el psicólogo algunos de los términos comunes utilizados para referirse al color.

TIPO	DESCRIPCION
Tricrómata	Visión cromática normal
Dicromático Protanopa	Insensible al rojo
Dicromático Deuterópata	Insensible al verde
Tritanopa	Insensible al azul y al amarillo
Monocrómata	Sin visión del color
<i>Tabla 2.3.</i> Deficiencias de la visión cromática	

Se dice que el color de un objeto tiene varios componentes: matiz, saturación y luminosidad (brillantez), cada uno determinado por una dimensión física, así las características psicológicas que son percibidas están directamente asociadas a las siguientes propiedades físicas mostradas en la *tabla 2.4.*:

TERMINO FISICO	TERMINO PSICOLOGICO
Longitud de onda	Matiz
Pureza	Saturación
Reflectancia	Luminosidad
Intensidad	Brillantez
<i>Tabla 2.4.</i> Propiedades físicas del color	

- El **matiz** es la reacción psicológica a la longitud de onda, que varía de 400nm (vistas como violeta) a 700nm (percibido como rojos), aproximadamente.
- La **saturación** es la medida en la cual la luz contiene más o menos otras longitudes de onda. Un color puro es aquel que contiene solo las longitudes de onda que dan lugar a la percepción de ese color.
- La **luminosidad** es el reflejo aparente de un color y es nuestra reacción psicológica a esa característica física, la reflectancia. Los objetos recorren una gama desde los muy oscuros (negro), hasta los muy claros (blanco), con gradaciones de la reflectancia en medio.

### 2.4.1.2. Iluminación

Como ya se ha visto los conos y los bastones son diferencialmente sensibles a la intensidad luminosa, además de la longitud de onda de los estímulos visuales. Tomado como un todo, nuestro sistema visual, presenta su mayor sensibilidad a las longitudes de onda que se encuentran entre 480nm y 580nm. Sin embargo, también influye la duración de la exposición al estímulo visual. Generalmente para presentaciones muy breves de un estímulo (menos de 0,1s), la luz debe ser más intensa, mientras que las luces menos intensas pueden detectarse si son expuestas con mayor duración. Este efecto interactivo duración - energía, sobre la intensidad percibida se conoce como Ley de Broch. Otros factores que influyen sobre nuestra percepción de la energía luminosa son el área retiniana cubierta por el estímulo, y la cantidad de luz que entra por el centro de la pupila. La luz que entra cerca del borde de la pupila, llega a los receptores formando un ángulo y es menos efectiva que la que llega directamente a los fotorreceptores.

Así, la energía luminosa, nos puede llegar directamente, como la del sol, o indirectamente, reflejada por una superficie. Con luminosidad nos referimos a nuestra percepción de las características acromáticas de las superficies (blancos, grises, negros), y el albedo designa la proporción de la luz reflejada por un objeto, que es una propiedad del objeto, y sigue siendo la misma aun cuando cambie la cantidad de luz: Fenómeno de constancia de la luminosidad.

Aunque no es competencia directa del diseñador de la interfaz, sino más bien del ergónomo y el ingeniero, se debe tener en cuenta que el usuario trabaja en un ambiente luminoso que influye en como se ve la información presentada en la interfaz. De esta manera, el diseñador puede consultar las recomendaciones que deben ser seguidas por quien diseña el espacio de trabajo, para adaptar el diseño de la interfaz a la situación donde el sistema será usado. A continuación pueden verse algunas de estas recomendaciones:

1. Ambiente de trabajo y puesto de trabajo:
  - Proveer descanso visual

- Nunca colocar un monitor contra un espejo
- Diseñar los puestos de trabajo de tal manera que los usuarios puedan frecuentemente cambiar de distancia focal
- Proveer objetos visuales complejos para que puedan servir de descanso cuando la persona no mira a la pantalla
- Alinear las pantallas en relación correcta con las fuentes de luz.

## 2. Terminales y pantallas:

- Usar vídeo reverso para minimizar los destellos
- Utilizar filtros.

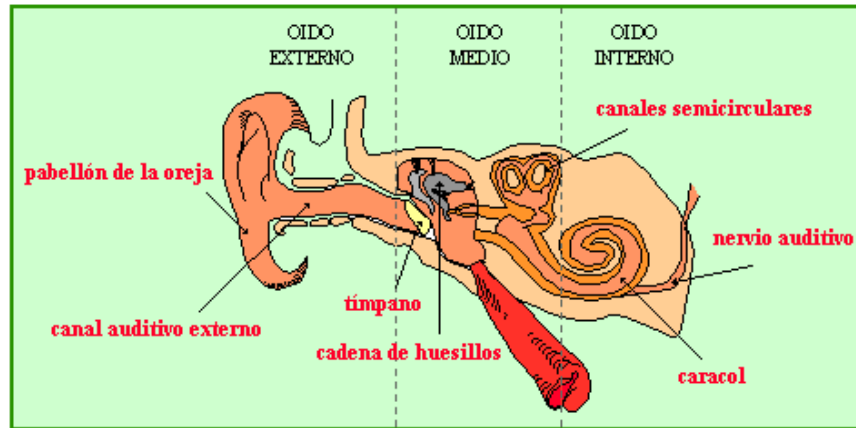
### 2.4.2. Sistema Auditivo

Nuestra experiencia auditiva proviene del desplazamiento de moléculas de aire. Al vibrar algo hace que las moléculas de aire cambien su posición, choquen unas con otras, y al chocar produzcan ondas sonoras. Los cambios sucesivos en la presión del aire que entra en el oído reciben el nombre de sonidos. Las propiedades físicas de las ondas sonoras son: frecuencia, amplitud y ángulo de fase. [www004]

- **Frecuencia.** Es el número de ciclos que una onda sonora completa en un segundo, generalmente corresponde a la experiencia psicológica del tono, aunque no existe una correspondencia perfecta. Los adultos jóvenes pueden oír tonos con frecuencias de 20 Hz - 20.000 Hz. En todo caso nuestra experiencia auditiva incluye sólo una pequeña fracción de ese intervalo.
- **Amplitud.** Es la máxima ampliación respecto a la presión normal, en general corresponde a la experiencia psicológica del volumen.
- **Angulo de fase.** Posición del cambio de presión mientras se mueve durante un ciclo completo, señala el ángulo en grados en cada fase o posición del ciclo.

Para que la energía física se convierta en información que pueda ser procesada por las neuronas, es necesario el proceso de transducción. La **figura 2.7.**, muestra la Anatomía del oído. Examinamos ahora las regiones anatómicas que lo realizan.

- **Oído externo.** Su nombre técnico es pabellón auditivo, llamadas orejas, son importantes ya que incrementan ligeramente la amplitud del sonido y también ayudan a la determinación de la dirección de la que proviene el sonido.



*Figura 2.7.* Anatomía del oído

- **Oído medio.** Consta de tres huesecillos: martillo, yunque y estribo, que son esenciales para resolver el problema de “desigualdad de impedancia”, que consiste en que al cambiar el medio de transmisión de las ondas en el oído interno por ser en éste líquido, existe una oposición al flujo. Además en el oído medio existen unos músculos que actúan contrayéndose por reflejo inmediatamente después de que llegue un sonido muy fuerte, y la trompa de Eustaquio, que conecta el oído con la garganta ayuda a igualar la presión de aire del sistema auditivo.
- **Oído interno.** Está formado por los canales semicirculares y la cóclea. Ésta última, aunque es minúscula, es un conductor inercial tridimensional, un amplificador acústico y un analizador de frecuencias.

#### 2.4.2.1. La altura tonal y fenómenos relacionados.

La frecuencia de un sonido es la principal determinante de nuestra experiencia perceptiva del sonido. Dos teorías principales explican cómo el oído registra la información de frecuencia:

1. *La teoría del lugar* (Helmholtz), propone que la frecuencia de cada onda sonora produce una onda viajera, la cual hace vibrar un lugar particular de la membrana basilar a su nivel máximo.
  2. *La teoría de la frecuencia* (Rutherford) propone que la frecuencia de la onda sonora es igualada por la frecuencia de vibración en la membrana basilar, la cual ocasiona que las fibras nerviosas del nervio auditivo disparen una frecuencia igual. Es decir, el sistema nervioso identifica la frecuencia por la frecuencia a la que ha vibrado la membrana basilar.
- ***Volumen.*** El volumen es determinado por la amplitud de la altura tonal, aunque esta correlación tampoco es perfecta y también depende de la duración, los ruidos de fondo, las características del oyente y la frecuencia.
  - ***Localización auditiva.*** Somos capaces de localizar objetos en el espacio basándonos únicamente en los sonidos que producen, En la localización del sonido influye la identificación de la dirección y la distancia de un sonido.
  - ***Sonidos simultáneos.*** Cuando se combinan dos tonos, el sonido que resulta depende de la diferencia de frecuencia entre ambos tonos. Podemos oír pulsaciones, ruidos o dos tonos distintos. Un tono puede enmascarar a otro en una combinación de tonos, dependiendo de su frecuencia y amplitud relativa.

### 2.4.3. El Tacto

La piel es nuestro sistema sensorial más grande. Contiene muchas clases de receptores, los cuales tienen terminaciones nerviosas libres o encapsuladas. No existen unas claras divisiones entre todos los tipos de receptores de la piel y sus funciones. Algunos receptores especializados son los de la temperatura, termorreceptores, los nociceptores, especializados en estímulos dolorosos y los mecanorreceptores, que responden a la presión. El tacto incluye también la sensación producida por la deformación de la piel, la cual resulta distorsionada al tocar o ser tocada por un objeto. Los estudios del tacto pasivo muestran que los umbrales de percepción son diferentes en hombres y en mujeres y también en las

diferentes partes del cuerpo. Según el espacio ocupado por cada región corporal en la corteza cerebral así de sensible será esa zona (Homúnculo de Penfield).

- ***Dolor.*** Tiene dos componentes importantes, uno sensorial y uno emocional. El umbral del dolor es la menor intensidad de estimulación a la cual percibimos dolor. La tolerancia al dolor es el nivel máximo que la gente acepta.
- ***Temperatura.*** Se tienen varios mecanismos para regular la temperatura. Algunas investigaciones han mostrado que es posible identificar puntos separados para el frío y el calor en nuestra piel. Los umbrales de temperatura son influidos por factores como la parte del cuerpo, la cantidad de piel expuesta y la velocidad del cambio de temperatura. Con la exposición repetida se produce una adaptación térmica, en la que disminuye la intensidad percibida. De esta manera, las personas pueden adaptarse bastante bien a estímulos de frío.

#### **2.4.4. Sistema Cenestésico Y Vestibular**

Estos sentidos nos dan información sobre el movimiento y la conservación de la postura erguida, son similares en el hecho de que raramente somos conscientes de ellos. La razón por la que son importantes para la IPC es por estar implicados en la interacción con sistemas de Realidad Virtual.

##### **2.4.4.1. Sentido Cenestésico.**

Es uno de los sentidos somáticos, llamados así porque proporcionan información sobre lo que está ocurriendo en la superficie y en el interior de nuestro cuerpo. Incluye sensaciones que provienen de la posición y del movimiento de las partes corporales, puede ser un movimiento activo o pasivo. El sistema nervioso central tiene dos métodos para obtener información acerca de la posición y el movimiento de las partes corporales:

- Puede monitorizar las órdenes que envía a los músculos asumiendo que éstos los realizan.



- Recibir información proveniente de receptores sensoriales adecuados.
- Se usan estas dos fuentes de información y ésta información se completa con la que se capta con los otros sentidos: vista, oído, etc.
- Los receptores que nos proporcionan información cenestésica se encuentran en los ligamentos y las articulaciones.

#### 2.4.4.2. Sentido Vestibular.

Proporciona información acerca de la orientación, el movimiento y la aceleración. Sus funciones incluyen el equilibrio, el mantenimiento de la cabeza en una posición erguida y el ajuste de los movimientos de los ojos para compensar los movimientos de la cabeza. [www005]. Los receptores del sistema vestibular son unos pequeños canales semicirculares del oído interno que están llenos de líquido y se encuentran limitados por células ciliadas igual que la cóclea. Sus dos componentes más importantes son:

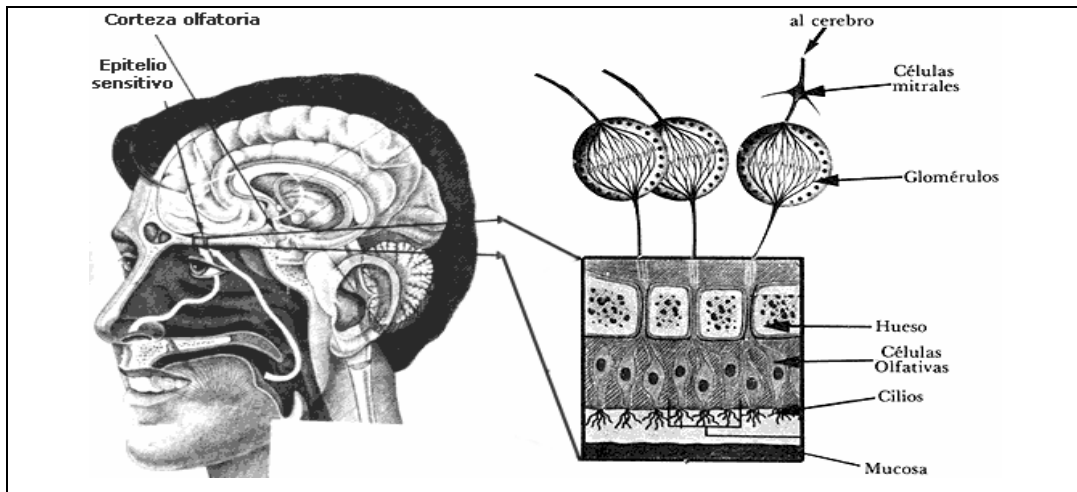
- Los sacos vestibulares que responden a la fuerza de la gravedad e informan al encéfalo sobre la orientación de la cabeza.
- Los canales semicirculares que responden a la aceleración angular (cambios en la rotación de la cabeza) pero no a la rotación constante. También responden (aunque más débilmente) a los cambios de posición o a la aceleración lineal.

Este sentido es muy importante en IPC en el contexto del diseño de sistemas de Realidad Virtual. Si las características de este sistema no se tienen en cuenta, nos encontramos con problemas de mareos y náusea y desorientación espacial que son tan frecuentes en los sistemas de realidad virtual.

#### 2.4.5. Sistema Olfativo

El olfato, como el gusto, es un sentido químico. Los receptores detectan la presencia de moléculas en el aire. La *figura 2.8.*, muestra la Anatomía del sentido

del olfato. Las características más importantes de los receptores olfativos y que los hacen tan difíciles de tratar en IPC son las siguientes:



*Figura 2.8.* Anatomía del sentido del olfato

**Adaptación.** Si los receptores son expuestos durante mucho tiempo a un mismo olor pierden selectivamente la sensibilidad a ese olor; Existe una gran variación individual en la sensibilidad al olor, lo que hace que sea difícil diseñar interfaces olfativas para que sean usadas universalmente. [www006]

## 2.5. PERCEPCION

Cuando se habla de Percepción se hace referencia al proceso mediante el cual se asigna significado a los estímulos captados por nuestros sistemas sensoriales. Al hablar de Percepción ya no se habla de ondas electromagnéticas que llegan a la retina, ahora se trata de “objetos con colores y formas”.

### 2.5.1. Organización Perceptual de Objetos y Escenas

La distribución de elementos en una interfaz es una decisión que debe tomar el diseñador, guiado muchas veces por su propia intuición o en peores casos incluso por exigencias de espacio en la pantalla. Hoy por hoy existe suficiente información acerca de los procesos psicológicos que subyacen la percepción

organizada de escenas, por lo que es posible proporcionar al diseñador las herramientas necesarias para decidir sobre la mejor distribución de objetos en una interfase. Palmer y Rock proponen un modelo teórico de la organización perceptual, en el que la escena se analiza a partir de distintos procesos. [LIB022]

El primer proceso que actúa sobre la imagen retiniana es el de detección de bordes. En él, la imagen es sometida a un algoritmo que detecta cambios de luminancia mediante el cual se obtiene un mapa de bordes de 1-D. Este es el primer paso, junto al siguiente, encaminado a encontrar áreas conectadas en la imagen y donde más se pone de manifiesto el principio de conexión uniforme, según el cual existe una tendencia a percibir como regiones conectadas aquellas áreas uniformes con respecto a una propiedad de la imagen (luminancia, color, textura, movimiento y disparidad).

El siguiente paso consiste en la diferenciación de la figura del fondo. Investigaciones clásicas utilizando organizaciones ambiguas de figura/fondo han mostrado que las personas tienden a percibir tan sólo uno de los lados como un objeto con significado como se muestra en la *figura 2.9.*

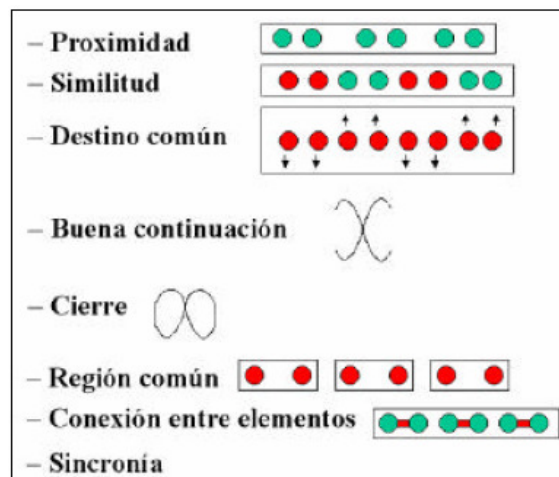


*Figura 2.9.* Ejemplo de figuras ambiguas con respecto a la configuración figura/ fondo

El otro (fondo) ni tan siquiera es recordado, por lo que es posible afirmar que había dejado de ser procesado tempranamente. De estos datos se desprende que las características de la figura que la distinguen del fondo son que tiene

significado, está más próxima al observador, está limitada por un contorno y posee una forma definida por el contorno.

Asimismo, se han identificado los siguientes como principios sobre los cuales se establece esta distinción, siendo la figura el elemento: delimitado por el otro, de tamaño más reducido, orientado vertical u horizontalmente, de mayor contraste, simétrico, convexo o de formas paralelas. Por un lado, los procesos de división se encargan de diferenciar las diversas partes de una figura, lo que determina mayor coherencia en la organización de la escena. Por su parte, los principios de agrupación ilustrados en la **figura 2.10.**, dan como resultado el que varios elementos de la escena se perciban conjuntamente:



**Figura 2.10.** Principios de agrupación perceptual

- *Proximidad.* Si dos objetos están cerca el uno del otro y alejados de los otros, tienden a ser percibidos conjuntamente.
- *Similitud.* Los objetos que comparten alguna característica perceptual como color, tamaño, orientación, textura, tienden a ser percibidos conjuntamente.
- *Destino común.* Los elementos que se mueven en la misma dirección se percibirán agrupados.
- *Buena continuación.* Los elementos que pueden ser vistos como buenas continuaciones del otro tienden a ser percibidos como conjuntamente.

- 
- *Cierre.* Los elementos formando una figura cerrada tienden a ser percibidos como agrupados.
  - *Sincronía.* Los elementos visuales que ocurren al mismo tiempo tienden a ser vistos como un conjunto.
  - *Región común.* Los objetos colocados dentro de una misma región cerrada se percibirán agrupados.
  - *Conexión entre elementos.* Objetos que están conectados por otros elementos tienden a ser agrupados conjuntamente.

Los principios de agrupación son el punto del proceso de la organización perceptual que puede ser utilizado para el diseño de interfaces. Por ejemplo, imagínese un portal de venta de libros de Internet que quiera ofrecer al usuario la posibilidad de adquirir otros libros relacionados con aquel que ha elegido el comprador. Para que el usuario perciba su compra y la nueva opción como agrupadas, y de esta manera facilitar que siga esas recomendaciones, cabe la posibilidad de presentar los nuevos libros junto con el adquirido (principio de proximidad), con la foto de la portada en un mismo tamaño (principio de similitud). Lo que no se debería hacer es presentar las recomendaciones en un sitio muy apartado de la presentación del libro adquirido o en un formato de diseño (tamaño de la imagen, tipografía, color de fondo) muy diferente.

#### **2.5.1.1. Organización perceptual y la tarea del usuario.**

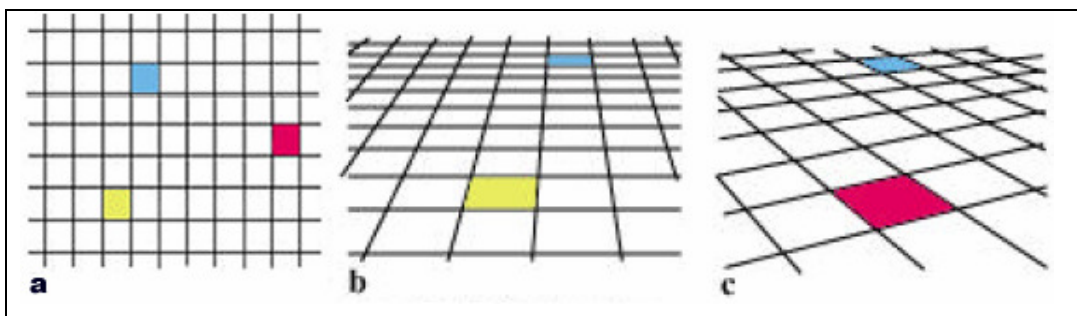
La organización de los elementos puede facilitar o entorpecer el trabajo de un usuario sobre la misma. Una idea principal para un buen diseño propuesta por Wickens es que la organización perceptual de la información debe estar supeditada a la manera en que el usuario lleve a cabo la tarea sobre la misma [LIB023]. Por ejemplo, para encontrar información a través de un buscador, el usuario utilizará al menos un cuadro de texto y un botón que inicie la búsqueda. Siguiendo la idea de hacer compatibles la organización perceptual y la de la tarea, ambos elementos deberían estar juntos y acorde con la operación mental que el

usuario desarrolle sobre las mismas: si se escribe de izquierda a derecha, el botón de inicio debería aparecer a la derecha.

### 2.5.2. Percepción de la Profundidad

La percepción de la profundidad no ha sido un campo de estudio relevante para la IPC hasta el comienzo de los desarrollos de realidad virtual y los entornos 3D.

La concurrencia de varias claves de profundidad facilitará una mejor percepción de profundidad. Estas claves pueden venir dadas por la imagen o por la propia estructura del sistema visual. Dentro del primer grupo, una de las claves más relevantes es el gradiente de textura: la frecuencia con la que se alternan las proyecciones de los elementos sobre la superficie de la escena se incrementa a medida que se aleja la imagen. Se puede observar con claridad el efecto del gradiente de textura en las imágenes (b) y (c) de la *figura 2.11*.



*Figura 2.11.* Efecto del gradiente de textura

En una rejilla vista desde arriba la alternancia de elementos (a) en la superficie es la misma para todos ellos. Cuando nos situamos en el cuadrado amarillo (b), tal y como estaría una persona de pie sobre una superficie, los cuadrados del tablero se van alternando cada vez con mayor frecuencia a medida que dirigimos la mirada hacia el elemento azul situado al fondo de la escena.

Cuando la persona está en movimiento, esta clave no varía. A medida que nos desplazamos sobre una superficie, la información proporcionada por la textura

permanece constante, lo que la convierte en una clave muy fiable. Otras claves de la imagen que también se han señalado como relevantes para la percepción de profundidad son:

- *Superposición.* Los objetos más próximos cubren a los más lejanos.
- *Tamaño relativo.* De dos objetos similares el más grande suele estar más próximo al observador.
- *Altura relativa.* Los elementos situados a mayor altura en el campo visual suelen percibirse como más lejanos.
- *Perspectiva aérea.* Cuanto más alejado esté un objeto, se percibirá más borroso y azulado, debido entre otras causas a la existencia de mayor número de partículas en el aire entre el observador y el objeto.
- *Tamaño familiar.* Si se conoce previamente el tamaño de los objetos, ante una escena en la que se vean a todos del mismo tamaño se percibirá al más pequeño como más cercano.
- *Perspectiva lineal.* Líneas paralelas reales o imaginarias se unen a medida que se distancian del observador.
- *Paralaje de movimiento.* Cuando la persona está en movimiento, los objetos más próximos pasan más rápido por el campo visual que los más lejanos quizá se haya experimentado este efecto al viajar en tren y mirar por la ventana.
- *Acomodación y convergencia.* Estas claves se producen a raíz de la actividad de los músculos del sistema visual. La acomodación consiste en el progresivo aplanamiento de las lentes del ojo a medida que el objeto percibido está más alejado. La convergencia se refiere al hecho de que a medida que un objeto se acerca al observador los ojos rotan hacia dentro (convergen).

### **2.5.3. Percepción y Reconocimiento de Objetos**

La identificación de elementos es un proceso complejo. Esto se debe a que la imagen del objeto que se proyecta sobre la retina cambia constantemente a medida que se mueve o nos movemos. Además, con frecuencia esta imagen ni siquiera es completa, ya que suelen haber elementos intermedios que ocultan parte del objeto

---

que se quiere reconocer. Por este motivo, el sistema perceptivo utiliza dos vías para acceder a las llamadas unidades de reconocimiento, donde se almacena la información que la persona tiene del objeto. Estas dos vías son la de la representación centrada en la persona y la de la representación centrada en el objeto. [www008].

La representación centrada en la persona es una descripción de aquello que hay alrededor del observador desde el punto de vista en que éste se encuentra. Esta representación se realiza a partir del análisis de los geones, término con el que se denomina a las unidades volumétricas básicas en las que se componen los objetos. Los geones tienen las siguientes características:

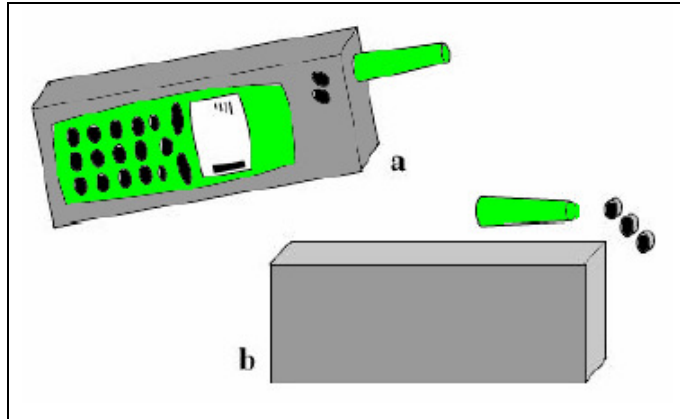
- Son unidades con volumen o profundidad.
- Son el resultado de la rotación de uno o más contornos sobre un eje espacial, lo que las convierte en unidades de fácil computación para el sistema perceptual.
- Pueden describirse de acuerdo a una serie de características no accidentales similares a los contornos que el objeto proyecta sobre la retina.

Imaginemos un objeto como un teléfono, tal como se muestra en la *figura 2.12*. Ese elemento se podría descomponer a partir de los geones que aparecen a su derecha. Las características no accidentales de los geones mantienen una relación casi invariante con respecto a la representación retiniana de un objeto. Esto las convierte en una clave muy fiable a la hora de reconocer objetos. Algunas de las características no accidentales más comunes son:

- *Rectitud – curvatura*. Los geones pueden ser estructurados mediante combinaciones de líneas rectas o curvas.
  - *Coterminación – no coterminación*. Algunos de los contornos confluyen en un mismo punto.
  - *Forma de la coterminación*. Generalmente suelen ser 3 los contornos que confluyen.
-



- *Proyección paralela.* Algunos contornos de los geones se proyectan en paralelo.



*Figura 2.12.* Representación esquemática de un elemento (a) y sus posibles geones (b)

El sistema perceptivo no necesita disponer de todas las características no accidentales para reconocer un objeto. De hecho, como, ya se comentó, con frecuencia no se dispone de la imagen completa del elemento y por tanto tampoco de todas sus características no accidentales.

Con el análisis complementario de ambos tipos de representaciones, el sistema perceptual dispone de la suficiente información para acceder a la información que se conoce del objeto. Esta se almacena en la memoria semántica, en las llamadas unidades de reconocimiento. Con el acceso a estas unidades se concluye el proceso de reconocimiento del objeto.

#### **2.5.4. Percepción y Atención**

Al trabajar sobre una interfaz, el usuario recibe con frecuencia mayor información de la que puede procesar al mismo tiempo. No hace falta más que ver la página principal de un portal de Internet para comprobar que nos es imposible acceder al mismo tiempo a toda la información que se nos presenta. La atención funciona como el filtro que permite restringir qué información va a ser analizada en cada momento, evitando así una posible saturación del sistema cognitivo.

Una pregunta clave para el diseño de interfaces es saber qué determina la atención de un usuario, ya que de esa manera es posible adecuar los contenidos de tal forma que sean más fácilmente atendidos. Se sabe que la atención se puede modelar tanto desde el ambiente como por el propio usuario. Así, lo que se entiende por un estímulo “llamativo” por ejemplo una imagen con colores brillantes, atraerá más la atención que otro más sobrio. Pero incluso más importante puede llegar a ser la atención que venga dirigida por la persona. La medición de ésta última en entornos informáticos se suele realizar mediante el registro de los movimientos oculares del usuario mientras navega por la interfaz. El dato más sorprendente es que las personas no rastrean la totalidad de la imagen, sino que normalmente se centran en aquellas áreas de alto contenido informativo. A partir del análisis particular de esas regiones, la persona se hace una idea de qué es lo que tiene en frente. Por ello, es normal que el usuario pueda dejar de percibir grandes áreas de la imagen que han resultado ser poco informativas.

### **2.5.5. Percepción y Acceso al Conocimiento**

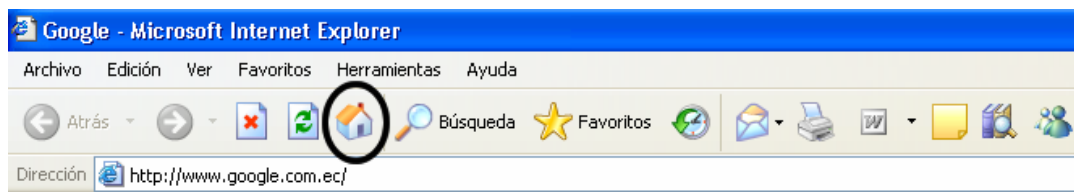
#### **2.5.5.1. Conocimiento a través de las imágenes: el uso de iconos**

Los iconos (imágenes) permiten un acceso directo y más rápido a la información semántica del objeto representado. De hecho, con frecuencia la presentación de un icono para representar un objeto sencillo es mejor incluso que la inclusión del mismo icono y la palabra correspondiente. En este último caso, los procesos de codificación de la palabra ralentizan el acceso a la información representada y entorpecen la tarea. Algunas de las recomendaciones para su utilización aparecen a continuación.

- *La diferencia entre el objeto real y el objeto representado debe ser la menor posible.* Una diferenciación pequeña sería la que existe entre el objeto “impresora” y el icono que representa la acción de “imprimir”. Por el contrario, una diferencia muy grande sería la existente entre el objeto “inicio” y el icono que lo representa en algunos navegadores (una casa). En este último

caso el coste de interpretación del icono es demasiado alto en comparación con la lectura de la etiqueta de texto. Para ilustrar esta afirmación se muestra el ejemplo de la *figura 2.13*.

- *Los iconos se deben presentar en la misma posición a lo largo de todas las pantallas.* La disponibilidad de los iconos en el mismo lugar facilita el aprendizaje de su uso a través de la navegación por diferentes pantallas, y en algunos casos puede incluso llegar a hacer que se reduzcan los tiempos de identificación en aquellos iconos muy diferenciados de su objeto real.
- *Los iconos deben ser fácilmente discriminables.* En este sentido, un icono no sólo debe ser perceptible sin dificultad, si no que también se debe poder diferenciar del resto de iconos existentes.
- *Se debe evitar que los iconos tengan varias interpretaciones.* En ocasiones un icono se puede interpretar de varias formas, llegando en casos extremos a ser en el sentido opuesto al que se pretendía. Por ejemplo, en el caso de una flecha hacia la derecha se puede entender fácilmente como una flecha apuntando a un sitio o como un indicador de puesta en marcha de un reproductor de vídeo.



*Figura 2.13.* Icono con una diferencia elevada entre el objeto real y el que representa

Estas indicaciones se han encontrado útiles a la hora de representar objetos u acciones sencillas, como la de “imprimir” o “buscar”. Pero a la hora de representar acciones más complejas, la superioridad del icono con respecto al texto desaparece. En estos casos, es aconsejable el uso de ambos tipos de representación: icono y texto, ya que ambas producirán mejores resultados que por separado.

### 2.5.5.2. Conocimiento de la función de los objetos: las Affordances<sup>15</sup>

Cuando se elabora una interfaz, el diseñador desea que los usuarios conozcan la función que van a desempeñar los distintos objetos de la misma. Por ejemplo, de nada sirve incluir un hipervínculo a través de una imagen si el usuario desconoce que pinchando sobre ella va a poder acceder a una nueva pantalla.

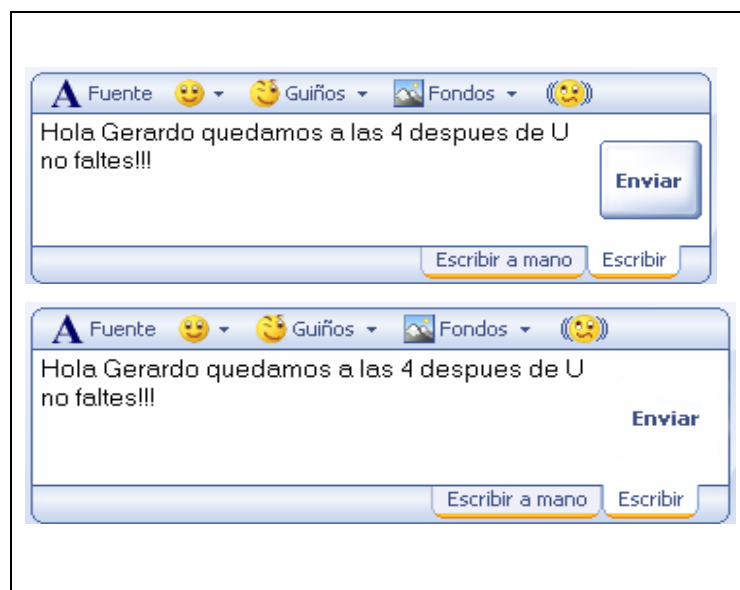
Tradicionalmente se ha pensado que los humanos únicamente percibimos la función de un objeto a partir de lo que se podría llamar una inferencia: primero se reconoce el objeto por ejemplo la barra espaciadora, a continuación se categoriza por ejemplo elemento de un teclado para acabar accediendo al conocimiento de su función ejemplo, pulsarlo para obtener un espacio en blanco en el texto. Pero esta, aunque cierta en muchos casos, no es la única forma de acceder a la información de la función de un elemento. Una forma de acceso más rápida es la que se conoce con el nombre de affordances. Las affordances son las funciones de un objeto que el observador percibe directamente a partir de su imagen. De esta manera, el objeto no tiene que ser ni reconocido ni categorizado para que su función se haga manifiesta. Así, para seguir con el ejemplo anterior, un usuario al percibir una barra espaciadora, la primera impresión que tiene es la de estar ante un objeto “para ser presionado”. Para maximizar la efectividad de las affordances es necesario que éstas cumplan una serie de requisitos:

- *Forma funcional.* La correspondencia entre la forma del objeto y su función (affordance) debe ser lo más transparente posible. Por ejemplo, para que un objeto presente la affordance de “ser presionado”, debe estar representado de tal forma que dé la sensación de tener volumen sobre una superficie. Podemos ver este efecto comparando las interfaces de la **figura 2.14.** que representan ejemplos de elementos *Enviar Mensaje* con y sin la affordance “objeto para ser presionado – hacer clic”. Mientras que la interfaz superior presenta el elemento “Enviar Mensaje” rodeado de un rectángulo que asemeja tener volumen, la inferior no dispone del mismo, con lo que los usuarios tardarán más tiempo en darse cuenta de su función.

---

<sup>15</sup> **Affordances.** Son las funciones de un objeto que el observador percibe directamente a partir de su imagen.

- *Acción coherente.* La acción que siga al accionamiento de un objeto debe ser coherente con su *affordance* para facilitar su aprendizaje y uso. Por ejemplo, un botón para acceder a un menú desplegable que se identifique con una flecha señalando a abajo, deberá presentar el menú desde ese punto y hacia abajo.
- *Relatividad del observador.* Un problema de las *affordances* es que no suscitan la misma función a todo tipo de población. Por ejemplo, un banco en un parque puede presentar el *affordance* “sentarse en él” para un anciano, y “escalarlo” para un niño pequeño. Este fenómeno puede ser utilizado en la comunidad de la IPC para crear estándares de *affordances* homogéneos para determinados objetos. Por ejemplo, todo usuario Windows de Internet aprende en sus primeros pasos que un texto de color azul y subrayado puede ser pinchado y que le conducirá a una nueva pantalla. A partir de ese momento, el texto-azul-subrayado adquiere la *affordance* de “hipervínculo” para esa persona.

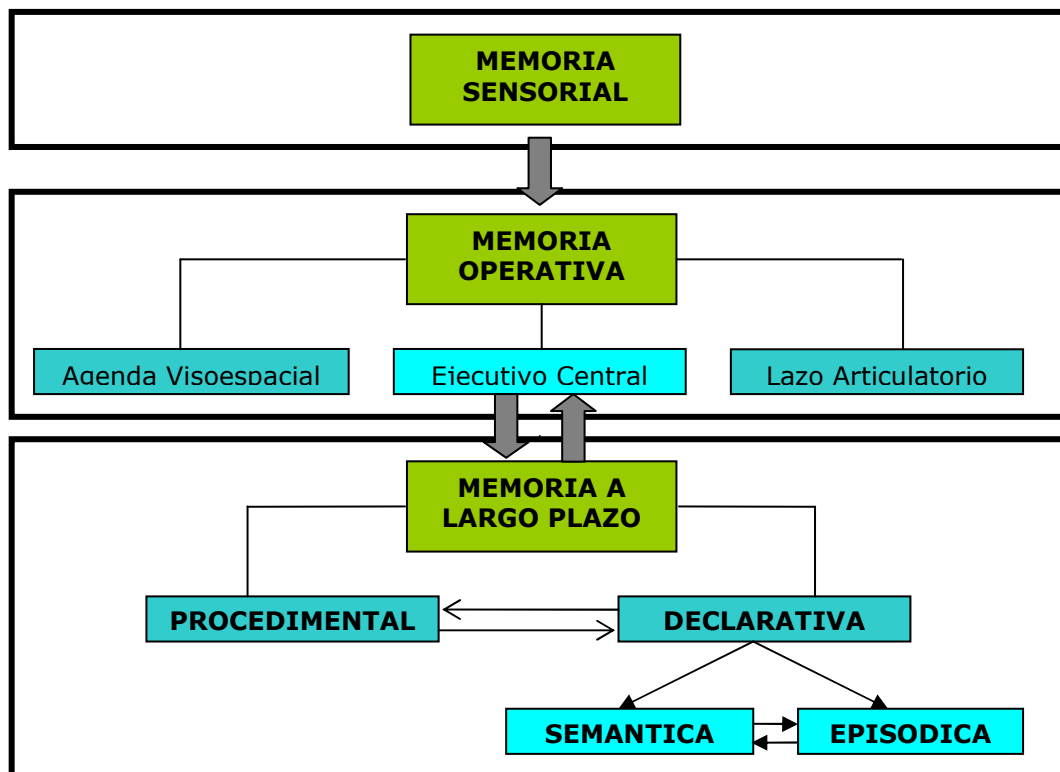


**Figura 2.14.** Ejemplos de elementos *Enviar Mensaje*

**2.6. MEMORIA**

La memoria humana participa prácticamente en todos los actos de la interacción de la persona con el computador. Que la interfase esté diseñada a partir del estudio derivado de las estructuras y procesos de la memoria humana podrá agilizar el trabajo que el usuario realice sobre la misma.

La memoria se divide en una serie de sistemas, cada uno con diferentes funciones, como por ejemplo almacenar información por unos pocos segundos o para toda la vida, información conceptual o eventos de la vida cotidiana, etc. [LIB024]. La *figura 2.15.*, muestra los Diferentes sistemas y subsistemas de la memoria humana.



*Figura 2.15.* Diferentes sistemas y subsistemas de la memoria humana

**2.6.1. Memoria Sensorial**

Las memorias sensoriales se consideran una serie de almacenes de información proveniente de los distintos sentidos que alargan la duración de la estimulación.

Esto facilita su procesamiento en la Memoria Operativa. Los almacenes más estudiados han sido los de los sentidos de la vista y el oído.

El almacén icónico se encarga de recibir la información visual. Se considera un almacén de gran capacidad en el cual la información almacenada es una representación isomórfica de la realidad de carácter puramente físico y no categorial (aún no se ha reconocido el objeto). Esta estructura es capaz de mantener 9 elementos aproximadamente, por un intervalo de tiempo muy corto alrededor de 250 milisegundos. [LITB025]

Los elementos que finalmente se transferirán a la Memoria Operativa serán aquellos a los que el usuario preste atención.

### **2.6.2. Memoria a Corto Plazo**

La memoria a corto plazo también llamada memoria operativa es el sistema donde el usuario maneja la información a partir de la cual está interactuando con el ambiente. Aunque esta información es más duradera que la almacenada en las memorias sensoriales, está limitada a aproximadamente  $7 \pm 2$  elementos durante 20” si no se repasa.

Cuando a las personas se les presenta una lista de elementos como por ejemplo palabras, dibujos, acciones para que sean memorizados, al cabo de un breve lapso de tiempo recuerdan con mayor facilidad aquellos ítems que se presentaron al principio (primacía) y al final (recencia) de la lista, pero no aquellos intermedios. El efecto de primacía disminuye al aumentar la longitud de la lista, pero no así el de recencia. La explicación que se da a estos datos es que las personas pueden repasar mentalmente los primeros elementos hasta almacenarlos en la memoria a largo plazo, a costa de no poder procesar los elementos intermedios. Los últimos ítems, por su parte, permanecen en la memoria a corto plazo tras finalizar la fase de aprendizaje, por lo que estarían accesibles a la hora de recordar la lista.

Las funciones generales de este sistema de memoria abarcan la retención de información, el apoyo en el aprendizaje de nuevo conocimiento, la comprensión del ambiente en un momento dado, la formulación de metas inmediatas y la resolución de problemas. Debido a las limitaciones de capacidad cuando una persona realice una determinada función las demás no se podrán llevar a cabo en ese momento.

### **2.6.3. Memoria a Largo Plazo**

Este almacén hace referencia a lo que comúnmente se entiende por memoria, la estructura en la que se almacenan recuerdos vividos, conocimiento acerca del mundo, imágenes, conceptos, estrategias de actuación, etc. Es un almacén de capacidad ilimitada o desconocida y contiene información de distinta naturaleza. Se considera como la “base de datos” en la que se inserta la información a través de la memoria a corto plazo, para poder posteriormente hacer uso de ella. Una primera distinción dentro de la memoria a Largo Plazo, es la que se establece entre Memoria Declarativa y Procedimental.

La Memoria Declarativa es aquella en la que almacenamos información sobre hechos, mientras que la Memoria Procedimental nos sirve para almacenar información sobre basados en procedimientos y estrategias que permiten interactuar con el medio ambiente, pero que su puesta en marcha tiene lugar de manera inconsciente o automática, resultando prácticamente imposible su verbalización.

## **2.7. REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO**

Cuando en Psicología usamos la palabra ‘Conocimiento’ queremos referirnos a la información que nuestro sistema cognitivo tiene almacenada. En nuestra interacción con el mundo hacemos uso de información adquirida por nuestros procesos perceptuales y que está almacenada en nuestra memoria a largo plazo. Aunque es necesario señalar que los términos información y conocimiento no son

---



sinónimos. El conocimiento es la información que ha sido procesada y almacenada. Para entender la diferencia podemos pensar en el siguiente ejemplo.

Dos personas ante el mismo tipo de información pueden terminar teniendo diferente conocimiento sobre un tema. Esto sucede porque el procesamiento de la información supone procesos de abstracción, distorsión, razonamiento, etc., y el output de estos procesos depende de muchos factores que hacen que ante el mismo tipo de información se adquieran diferentes conocimientos.

El conocimiento no está almacenado de forma caótica si no que está organizado en estructuras semánticas que facilitan su adquisición y su recuperación posterior. Por esta razón, gran parte de la investigación sobre memoria a largo plazo humana en los últimos 40 años ha tenido como objetivo identificar estas estructuras organizativas y establecer sus características. Entre todas las estructuras que han sido propuestas e investigadas (ej. esquemas, categorías, etc.) los modelos mentales y las redes semánticas son las que más relevancia tienen para la IPC.

### **2.7.1. Modelos Mentales**

Durante el aprendizaje una persona adquiere conocimientos de las relaciones estructurales y el funcionamiento del sistema con el que está interactuando. Los investigadores han llamado a este conocimiento ‘Modelo Mental’ del sistema o definen siguiendo a Norman como un modelo conceptual del sistema que el usuario tiene y que incluye la representación de su estructura y su funcionamiento. [LIB004]; [LIB026]. Dada la importancia de los Modelos Mentales para la IPC, los trataremos como un tema aparte mas adelante.

### **2.7.2. Redes Semánticas**

Las redes semánticas son uno de los tipos de representación mental de nuestro conocimiento a largo plazo. En una red semántica se supone que las unidades de

---

conocimiento están representadas en nodos que están conectados por vínculos que expresan las relaciones semánticas entre ellas.

Dependiendo del tipo de conocimiento, la estructura de las redes puede ser de varias formas. Por ejemplo, puede tener una estructura jerárquica y organizada semánticamente. Cuando estamos hablando de conocimientos sobre categorías generales como Arte, los conceptos tendrán vínculos directos con conceptos inmediatamente más específicos como Literatura o Música, y así sucesivamente. Sin embargo, suponemos que la estructura de las redes semánticas de nuestra memoria están basadas en la regla de la “similitud semántica”.

En los experimentos de laboratorio se ha encontrado que determinados conceptos se identifican con mayor facilidad a una categoría que otros del mismo nivel jerárquico. Así, “vaca” se identifica más rápidamente que “ballena” como perteneciente a la categoría “mamífero”. De esta manera, se considera que la inclusión de un concepto en una categoría no se establece rígidamente en base de unos límites prefijados, sino que se definen en relación al número de características de la clase que poseen. Por ejemplo, muchas personas piensan que “murciélago” es un ave.

Se ha propuesto que el mecanismo por el cual las personas identificamos conceptos y decidimos sobre la categoría a la que éstos pertenecen es la propagación de la activación. Con este mecanismo el sistema activa un determinado nodo (el concepto) a la vez que expande esa activación hacia los nodos adyacentes. Nos encontramos, entonces, que cuando el sistema reconoce un concepto como Música Clásica, inmediatamente se activan conceptos cercanos como Bethoveen o Música, lo que facilita su acceso a conciencia. De igual manera, cuanto más distanciados semánticamente estén varios conceptos (tengan que recorrer más nodos), más difícil nos resultará acceder a uno de ellos a partir del reconocimiento del elemento inicial.

Estas ideas han sido aplicadas al diseño de menús de programas. Una tarea de selección de búsqueda en un menú puede ser entendida como una verificación múltiple de la relación semántica de las alternativas con el nombre del menú. Por lo tanto, cuanto más distanciados semánticamente estén el nombre del menú y la opción a seleccionar, mayor será el tiempo empleado en la tarea y menor su efectividad. Esta hipótesis se ha probado trabajando con menús cuyo nombre estaba distanciado por uno o más niveles semánticos en los que las alternativas se presentaban o bien una por una (como en los menús de los teléfonos móviles) o bien todas a la vez (como en los programas de un computador). Así, se constató que en ambos casos que los usuarios encontraban una opción concreta con mayor rapidez y con menor número de errores cuando el nombre del menú era más similar semánticamente. [LIB027]

### 2.7.3. Procesos de Recuperación

Al hablar de recuperación hemos de tener en cuenta dos formas que difieren respecto al tipo de información que se le presenta al sujeto para que se de la recuperación. Por una parte, en el reconocimiento, le presentamos al sujeto la información que queremos que recupere, sin embargo, esta información no está presente y el sujeto debe generar sus propias claves o utilizar claves presentes en el contexto para recuperar la información.

Se han realizado muchos estudios para explicar qué procesos cognitivos están implicados en la recuperación, tanto en recordar, como en reconocimiento. Y todos ellos informan de una serie de variables que afectan a estos procesos, como son: frecuencia de uso de las palabras, organización de la información que se ha de recordar, el contexto, y el tamaño del conjunto de estímulos asociados. [LIB028]; [LIB029]

Los procesos de recuperación que se postulan son: Para recordar el sujeto debe generar un conjunto de posibles candidatos a recuperar, de manera que debe darse un proceso de búsqueda, y esta búsqueda no es aleatoria, sino que está guiada por principios organizativos y asociativos. [LIB018]

---

Tras el proceso de búsqueda, tiene lugar el proceso de identificación del mejor candidato, basado en el cálculo de la familiaridad a través de la fuerza asociativa entre la clave recordar y la información recuperada. En reconocimiento, puesto que la información a recuperar está presente para el sujeto, esta recuperación se explica en función del último proceso citado, el cálculo de la familiaridad.

Dentro de la recuperación también es importante descomponer dos formas de acceso a la información almacenada, como son la recuperación explícita e implícita. La primera está asociada con información de carácter episódico y aquella que es procesada activamente en la memoria a corto plazo, mientras se repasa o relacionada con información medioambiental o almacenada. De esta forma se puede entender que el proceso de búsqueda de recordar está directamente relacionado con esta recuperación. La recuperación implícita se refiere al acceso a información almacenada sin que el sujeto tenga conciencia de la forma en que se recupera. La información que es recuperada automáticamente se encuentra principalmente en la memoria procedimental y semántica.