

CAPITULO 2º : PSICOFÍSICA

El primer punto que debe tratarse en el estudio de la sensación y la percepción es cómo podemos medir una experiencia de percepción.

Es preciso depender de lo que las personas dicen que perciben, y eso en ocasiones puede acarrear problemas. La psicofísica es el nombre que se da al estudio de la relación entre los estímulos físicos del mundo y las sensaciones que experimentamos. El nombre procede de G.Theodor Fechner. A fin de describir la relación entre el cuerpo físico y la experiencia mental, Fechner debió resolver tres problemas. Primero, encontrar la forma de medir la intensidad mínima del estímulo que se puede percibir, *detección*. Segundo, diseñar una forma de medir cuán diferentes deben ser los estímulos antes de que ya no parezcan ser el mismo, *discriminación*. Y por último, intentó describir la relación entre la intensidad del estímulo y de nuestra sensación, y al hacerlo se enfrentó al problema de la *escala*.

1. DETECCIÓN.

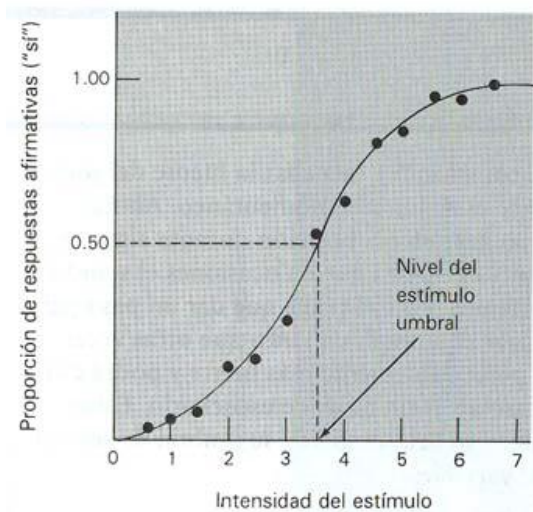
Nuestros sistemas sensoriales responden a cambios de energía en el entorno. Estos cambios pueden expresarse en forma de estímulos electromagnéticos, químicos o térmicos. El problema de la detección radica en qué tanto cambio de energía, a partir de cero, es necesario para que un sistema sensorial lo registre. En términos clásicos, esta cantidad mínima de cambio ha sido llamada *umbral absoluto*.

La idea es que por debajo de cierta intensidad crítica del estímulo, una persona sería incapaz de detectarlo.

Esta relación hipotética puede describirse con una gráfica llamada *función psicométrica*, donde el eje de ordenadas de la gráfica es la proporción en que se presenta el estímulo sobre el que un observador dice "sí" a la pregunta "¿vio usted el estímulo?". El eje de abcisas de la gráfica es la intensidad del estímulo.

1.1 Método de estímulos constantes.

¿Cómo medimos el umbral absoluto?, con un método que se denomina *método de estímulo constantes*, ya que se elige con antelación un conjunto fijo o constante de estímulos.



Esta curva en forma de S se obtiene por lo general con el método de estímulos constantes en todos los sistemas sensoriales.

La probabilidad de que una persona indique haber percibido el estímulo aumenta de modo gradual a medida que se eleva la intensidad de éste.

Entonces, ¿dónde está el umbral absoluto?. No existe una transición evidente para definirlo, es necesario tomar una decisión en cierta forma arbitraria respecto a cuál es la intensidad del estímulo umbral.

La mayoría de los psicofísicos coincidirían en definir el umbral absoluto como la intensidad de estímulo que los observadores detectan el 50% de las veces.

Utilizamos el término probabilidad. Las proporciones representan datos reales, en tanto que las probabilidades son proporciones teóricas.

Aunque el método de estímulos constantes puede producir estimaciones muy útiles del umbral absoluto, tiene algunos inconvenientes. Primero, consume mucho tiempo. Con frecuencia se requieren pruebas previas para hacer una estimación adelantada y prudente del umbral y después es necesario presentar muchos ensayos en cada nivel de intensidad. Si bien algunas veces se utilizan menos ensayos, el método no es eficiente en cuanto a tiempo porque los ensayos que presentan intensidades muy alejadas del umbral no suministran mucha información.

Muchas veces es importante reducir al mínimo el tiempo que se emplea para determinar un umbral.

1.2 Método de límites.

Una forma de evitar algunos de los problemas del método de estímulos constantes consiste en concentrarse en los estímulos cercanos al umbral absoluto en vez de detectar la totalidad de la función psicométrica.

El *método de límites* consiste en que el experimentador comienza por presentar al observador un estímulo, a una intensidad lo suficientemente alta para ser oída con facilidad y luego la reduce poco a poco hasta que el observador informa "ya no lo oigo". Esto se denomina *serie descendente*.

En pruebas alternadas, el experimentador empieza con un tono que no pueda ser oído hasta que el observador dice "lo escucho", esto es una *serie ascendente*. Se supone que la respuesta cambia cuando se cruza el umbral, de modo que cada serie da una estimación del umbral absoluto como una intensidad en algún punto entre los dos últimos estímulos que se presentaron.

Cuando calculamos umbrales a partir de una sola serie de ensayos en el método de límites, describimos que el umbral absoluto no es un valor físico.

Además en promedio, la serie descendente produce umbrales menores que la ascendente.

Parece que el umbral varía de una medición a la siguiente, o de un momento a otro. ¿Por qué?. En 1888, Joseph Jastrow propuso que los periodos de atención, la fatiga ligera y otros cambios psicológicos podrían ocasionar variaciones en el umbral. Cualquier estímulo que se pida a un observador que detecte estará sobrepuesto al fondo de ruido que se genera dentro del propio observador.

Por ruido entendemos cualquier sensación de fondo distinta de la que se ha de detectar, lo que significa que es posible tener ruido visual y auditivo. Debido a los diversos factores sobre los que no tenemos control, este ruido endógeno, varía de intensidad de un momento al siguiente. Y a medida que cambia este nivel también lo hace el umbral que se mide: a mayor intensidad del ruido, mayor debe ser la intensidad que tenga un sonido (umbral) para poder detectarse.

Como el nivel de ruido endógeno no puede controlarse con facilidad, algunos experimentadores introdujeron ruido de fondo controlado, provocado por estímulos externos distintos del que se intentaba detectar (ruido exógeno). En estas condiciones se tiene una idea más precisa del nivel de ruido con el que compite el estímulo, ya que el ruido exógeno es mucho más intenso que el endógeno y, por consiguiente, lo oculta.

1.3 Pruebas de adaptación.

El método de límites es aún ineficiente, porque sólo son los estímulos que delimitan el umbral los que proporcionan cierta información. Las pruebas de adaptación mantienen los estímulos de prueba "flotando alrededor" del umbral adaptando la secuencia de presentaciones del estímulo a las respuestas del observador.

Podemos considerar el ejemplo del *método de la escalera*. Podríamos comenzar con una serie descendente de estímulos, cuando el observador dice "sí lo oigo", disminuimos la intensidad hasta que no lo escuche, y aquí se invierte la dirección, aumentando en un paso la intensidad del estímulo. Proseguimos cuanto sea necesario, reduciendo el estímulo cada vez que el observador diga "sí" y aumentándolo con el "no". Este procedimiento permite al experimentador rastrear el umbral en términos de tiempo, aun cuando la sensibilidad cambie.

Cuando queramos hacerlo, después de varios cambios de dirección, podemos promediar los valores de estímulo en los que ocurrieron los cambios para obtener un valor promedio del umbral.

El método de la escalera es el ejemplo más sencillo del uso de pruebas de adaptación para encontrar umbrales.

Es posible utilizar otras reglas para elevar la precisión del método, evitar sesgos de criterio o lograr ciertas propiedades estadísticas en los datos. También es posible cambiar el tamaño del paso de intensidad para adaptarlo de una prueba a la siguiente y así alcanzar una mayor eficiencia y precisión.

1.4 Teoría de detección de señales.

Todas las técnicas descritas hasta ahora se basan en el simple registro de las respuestas del observador.

Los observadores deben adoptar cierta estrategia de decisiones para responder cuando exista incertidumbre.

A fin de controlar tales estrategias de respuesta, los primeros experimentadores introdujeron ensayos de control, en los que no se presentaba el estímulo, dentro de la serie de ensayos. Razonaban que los observadores acuciosos responderían siempre "no" en un ensayo de control debido a que no existía ningún estímulo; una respuesta afirmativa en tal ensayo sería una adivinanza. Así, si los observadores respondían "sí" con demasiada frecuencia en los ensayos de control, se les indicaba que no adivinaban, se ajustaba el umbral calculado para tomar en cuenta las meras conjeturas, o bien los datos se desechaban del todo. A lo largo de muchos experimentos se hizo evidente que, en los ensayos de control, las respuestas afirmativas no siempre eran conjeturas, adivinanzas. Los observadores sinceros informaron que habían oído algo parecido al sonido que trataban de detectar. Todo estaba listo para que llegara un enfoque completamente nuevo sobre el problema de la detección.

El umbral absoluto, medido de acuerdo con los métodos descritos, es una ficción. Sin embargo, las mediciones del umbral no sólo varían con los cambios en la sensibilidad de un observador, sino también con las variaciones en las estrategias de decisión del observador.

La *teoría de detección de señales* pretende abordar este problema. Se trata de una teoría matemática, supone que cualquier estímulo debe detectarse contra el fondo del ruido endógeno en nuestros sistemas sensoriales. Así, en cada ensayo el observador debe decidir si la señal estaba presente en todo ese ruido neurológico variable normal.

En la teoría de detección de señales no existe un umbral absoluto; sólo hay una serie de observaciones y cada una debe clasificarse como señal presente o ausente.

Esta teoría requiere de un tipo especial de experimento a fin de medir la sensibilidad y el sesgo.

El paradigma básico aparece aquí:

Resultados de un experimento de detección de señales

	Respuesta	
Señal	Si	No

Presente	Acierto	Error
Ausente	Falsa alarma	Negativa correcta

El experimento utiliza dos tipos de presentaciones de estímulo, un ensayo de señal ausente es similar a un ensayo de control clásico. LA combinación de los dos tipos de ensayos (presente y ausente) y las dos respuestas lleva a cuatro resultados posibles para cada ensayo.

Debemos ser capaces de cambiar la pauta de respuestas del observador modificando únicamente las expectativas y dejando todo lo demás igual a fin de no modificar la sensibilidad.

Otra forma de cambiar la pauta de respuestas del observador consiste en modificar la importancia percibida de las dos posibles respuestas.

Esto se logra con mayor eficacia estableciendo recompensas y castigos monetarios para las respuestas de acuerdo con una *matriz de recompensas*.

En virtud de que los cambios en la estrategia de respuestas de un observador modifican las proporciones de aciertos y errores en las que es preciso basar las estimaciones de sensibilidad, ¿cómo puede medirse la sensibilidad independiente de tales cambios?. Para hacerlo, la teoría de detección de señales crea una imagen teórica de la forma en que la señal y el ruido deben haber aparecido al observador a lo largo del experimento de modo que se genere una matriz de resultados obtenida. En la imagen se basa en varias suposiciones. Primero se supone que la cantidad de ruido con la que debe tratar un observador varía de un momento a otro.

La teoría de detección de señales representa estas variaciones con respecto del tiempo como una *distribución de probabilidades* (distribución de ausencia de señales). Donde el eje de abscisas es el nivel de actividad sensorial durante un ensayo cuando no se presentaron señales, y el de ordenadas es la probabilidad relativa de ocurrencia de cualquier nivel de actividad sensorial específico, a lo largo de todos los ensayos en el experimento.

En los ensayos en los que la señal está presente, la respuesta sensorial producida por dicha señal se agrega a cualquier nivel de actividad presente en ese instante, produciendo una distribución de señales presentes.

Ambas distribuciones, en la teoría siempre se superponen.

En la teoría de detección de señales se considera que el observador es un individuo que siempre toma la decisión óptima. Si el nivel de sensación es superior a un límite específico, llamado criterio, el cual se denota con la letra griega *b* (*beta*), el observador dice "sí", si está por debajo del nivel de criterio, el observador contesta "no". Es posible demostrar que el resultado de esta estrategia es la serie de mejores decisiones posibles en esta situación. La teoría de la detección de señales supone que esta estrategia óptima se utiliza en cada ensayo de un experimento, lo que resulta en la proporción de aciertos, falsas alarmas, errores y negativas correctas que podríamos observar en una matriz de resultados. En la teoría, el área debajo de la distribución de probabilidades apropiada a la derecha o

izquierda del criterio representa las proporciones de los diversos tipos de respuestas que se dan durante un experimento.

La motivación y las expectativas determinarán la ubicación del criterio.

Aunque la ubicación del criterio altera la pauta de respuestas, no tiene efecto alguno en la sensibilidad del observador. En la teoría de detección de señales, la sensibilidad se refiere a la cantidad promedio de actividad sensorial que una señal determinada agrega a la cantidad promedio de actividad sensorial presente en ausencia de la señal (ruido).

Esto es similar al uso cotidiano de la palabra sensibilidad.

En la teoría de detección de señales la sensibilidad se mide por la distancia entre los centros de las distribuciones de señal ausente y de señal presente. Esto podría interpretarse como la diferencia en los niveles promedio de sensación como una función de la presencia o ausencia de una señal.

La teoría de detección de señales mide la sensibilidad de un observador a una señal de forma independiente a la estrategia de respuesta, haciendo suposiciones específicas sobre cómo se producen respuestas en el entorno experimental.

Esto se ha vuelto una parte indispensable de la psicofísica y aparece en las técnicas de medición de la adaptación y otros procedimientos de uso común, como las tareas de "igual-diferente".

2. DISCRIMINACIÓN.

El estudio de la discriminación se ha concentrado en la pregunta "¿cuán distintos deben ser dos estímulos a fin de que se les discrimine por no ser iguales?"

El experimento normal de discriminación supone la variación de estímulos con respecto a una sola dimensión. Por lo tanto, en una investigación de la discriminación de los pesos, podrían mantenerse constantes el tamaño y la forma de los estímulos, y variar sólo sus pesos.

En un estudio típico, se presentan a los observadores pares de estímulos y se les pide hacer las respuestas "más pesadas" o "más ligeras", o algún conjunto similar de juicios apropiado para la dimensión del estímulo que juzgan. En este experimento no se permite a los observadores que digan "iguales" porque se ha demostrado que incluso cuando sienten que tan sólo están adivinando, aciertan con más frecuencia de lo que se equivocan.

Una intensidad de estímulo *estándar*, es el estímulo con el que se comparan los demás.

El estándar aparece en todos los ensayos y se compara con un conjunto de estímulos similares, que difieren sólo en la dimensión que se estudia. Estos estímulos constituyen el conjunto de *estímulos comparativos*. En este caso también se mide el umbral, pero éste es para percibir la diferencia entre el estímulo estándar y los demás estímulos, se le conoce como *umbral diferencial*.

Es preciso decidir cómo se definirá el umbral para que un estímulo se tenga por diferente. Este es el *punto de igualdad subjetiva*, y representa el estímulo que se parecía más al estándar, no la diferencia con base al estándar que acaba de discriminarse. Una opción más defendible sería la intensidad del estímulo en la que

la proporción "más pesado", por ejemplo, fuera 0.75. Por convención, se toma el intervalo que va desde el punto 0.25 hasta el punto 0.75, el *intervalo de incertidumbre* y se divide entre dos para obtener el umbral diferencial. Esto significa que, cuando un par de estímulos en este experimento estuvo separado por 4 gramos, el sujeto pudo detectar la diferencia entre ambos la mitad de las veces. El umbral diferencial es el promedio del umbral para "menor que" y el umbral para "mayor que". Representa el umbral para "diferente" promediado sobre la dirección de las diferencias. Este valor se conoce a veces como *diferencia apenas perceptible*.

Si la discriminación es buena, el umbral diferencial será pequeño y se observarán pequeñas diferencias entre los estímulos. Mientras peor sea la capacidad de discriminación, más plana será la función psicométrica y mayor será el umbral diferencial. El extremo de discriminación nula se representa mediante una línea horizontal paralela al eje de abscisas.

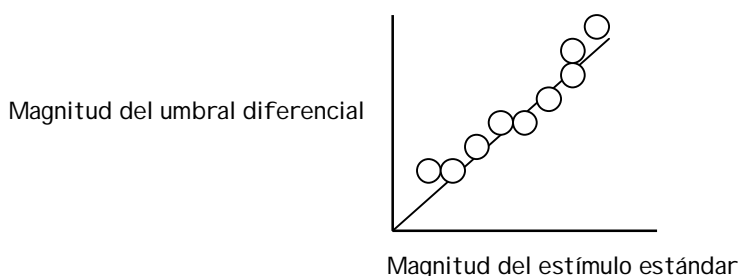
Error de tiempo negativo, es el que considera que el estándar es menos intenso de lo que debería ser. Fechner y Kohler consideraron que este error se debe al desvanecimiento de la imagen o de la huella de memoria de la sensación del estándar con el paso del tiempo. Sin embargo, investigaciones hechas con estímulos auditivos, han demostrado que, con la selección apropiada de un intervalo de tiempo, el error puede ser positivo en lugar de negativo. Es probable que tales errores sean resultado de factores cognoscitivos o de juicio específicos, que implican la ponderación de ciertos estímulos más, como el considerar más pesados ciertos estímulos que otros.

2.1 Ley de Weber.

Tener una forma de medir de manera confiable el umbral diferencial permite preguntar de qué forma variaba con las condiciones del estímulo o el estado del observador.

Fechner realizó experimentos en los que midió los umbrales diferenciales para pesos levantados utilizando pesos normales de distintas magnitudes.

En esta figura vemos el tamaño del umbral diferencial contra la magnitud del estándar, observamos que el umbral diferencial aumenta de manera aproximadamente lineal con la magnitud del estándar.



El umbral diferencial no es un valor constante, es mayor para las normas más grandes, el umbral diferencial aumenta de manera aproximadamente lineal con la magnitud del estándar.

Esta relación entre el tamaño del umbral diferencial y la magnitud del estándar se denomina *ley de Weber*, y se escribe como:

$$\Delta I = kI$$

donde ΔI (delta I) es el umbral diferencial, I la intensidad (magnitud) del estímulo normal y k es una constante. Esta constante se llama *fracción de Weber*, y es igual al $\frac{\Delta I}{I}$. Esta constante, que por lo general es menor que uno, indica la proporción por la que es preciso cambiar el estímulo estándar de manera que dicho cambio pueda detectarse la mitad de las veces. La ley de Weber afirma que la fracción de Weber es la misma para cada intensidad del estímulo estándar. Si las fracciones de Weber hubiesen producido mediciones equivalentes, entonces las fracciones mayores significarían una menor sensibilidad a las diferencias en ese continuo.

La ley de Weber resulta ser una descripción notablemente buena de nuestra capacidad para hacer discriminaciones. Se han tomado mediciones en muchas modalidades sensoriales para verificar la relación. La imagen más clara de los resultados es la que se determina al trazar la gráfica del valor de la fracción de Weber, $\frac{\Delta I}{I}$, contra la intensidad normal del estímulo. Si la fracción de Weber es constante, debería haber una línea horizontal paralela al eje de abscisas. La desviación de la constancia esperada ocurre en valores del estímulo bajos, y a valores elevados, donde los sistemas sensoriales actúan de manera deformada.

2.2 Teoría de la detección de señales en la discriminación.

La teoría de detección de señales puede extenderse sin ningún problema a la discriminación. Para aplicar la teoría de esta forma, es preciso rediseñar el experimento de detección de señales. En la versión de discriminación, en lugar de tratar de determinar si la sensación experimentada en un ensayo determinado provino de la distribución de señal presente o de señal ausente, se pide al observador que decida si provino de una distribución de señal 1 o de señal 2. Como las señales utilizadas son muy parecidas, las curvas de actividad sensorial se superponen cuando se grafican en el mismo conjunto de ejes, y un observador enfrentaría una situación muy semejante a la que enfrentaría el observador en la situación de detección absoluta.

Lo mejor que puede hacer un observador es colocar un criterio en cualquier punto del eje de sensaciones y luego determinar si el nivel de sensación experimentado en un ensayo específico es mayor o menor que dicho criterio. Al igual que en la situación de detección absoluta, el lugar donde el observador ubique el criterio

afectará en gran medida las proporciones de las distintas respuestas. A su vez, la colocación del criterio se verá influida por las expectativas del observador en cuanto a la frecuencia relativa de la presentación de los dos estímulos, así como por sus sesgos debidos a razones de motivación.

Como en el experimento de detección, la medición de sensibilidad en la diferencia ente ambos estímulos se denomina d' y no se ve afectada por los cambios en el criterio, b . El valor de d' está determinado por la diferencia física entre los dos estímulos y la sensibilidad del sistema sensorial del observador; los dos factores determinan la diferencia entre los niveles promedio de sensación que hace surgir el estímulo. Así, d' representa una medición de cuán discriminables son dos estímulos muy parecidos, guarda una relación muy estrecha con el umbral diferencial y con la fracción de Weber.

2.3 Tiempo de reacción.

Hemos analizado situaciones en las que la discriminación es muy difícil. Aun cuando las diferencias en el estímulo están muy por encima del umbral diferencial, podríamos creer que es más fácil hacer ciertas discriminaciones que otras. Los métodos como los experimentos de la teoría de detección de señales no pueden utilizarse para medir la detección o discriminación en situaciones en las que todas las diferencias de estímulos están muy alejadas del umbral.

Para medir la discriminación en tales situaciones debe medirse el *tiempo de reacción*. Este se define como el lapso entre el comienzo de un estímulo y el de una respuesta franca al mismo. Fue presentado en 1850 por Hermann von Helmholtz, quien la utilizó como una medición básica de rapidez con que los nervios transmiten la información.

Existen dos variedades de tiempo de reacción.

El *tiempo de reacción simple* supone oprimir o soltar un botón de manera inmediata cuando se detecta un estímulo. El *tiempo de reacción opcional* implica dar una de varias respuestas de acuerdo con el estímulo que se presenta.

Por lo general, los tiempos de reacción simples se miden cuando el interés radica en la detección, mientras menos intenso sea el estímulo, menor será el tiempo de reacción.

El tiempo de reacción opcional se ha utilizado sobre todo, en las investigaciones de discriminación e identificación.

3. IDENTIFICACIÓN.

Se podría considerar que un médico que escucha. Implica recordar y utilizar una *función de identificación*, que es una regla que enlaza algún atributo de cada estímulo con el nombre que se le asignará; también supone recordar experiencias previas de percepción. Para entender la identificación es preciso abordar primero el tema de la *teoría de la información*.

La dificultad de cualquier tarea de identificación depende del número de estímulos posibles entre los cuales se pide a un observador que distinga.

3.1 Teoría de la información.

A fin de resolver el problema de especificar las dificultades de una tarea de identificación, a principios de la década de 1950 los psicólogos se volvieron hacia las ideas desarrolladas por los ingenieros para evaluar el desempeño de los sistemas de comunicación de radio y teléfono.

Los problemas que enfrentaban el psicofísico y el ingeniero en comunicaciones eran muy similares.

El psicofísico afronta un problema, la información de estímulos se transmite al observador mediante un sistema sensorial y luego la decodifica el sistema nervioso central. EL grado hasta el que la identificación que hace el observador del estímulo corresponde al verdadero estímulo estará influido por la capacidad del sistema sensorial de manejar el estímulo introducido sin distorsión y por la complejidad de este último.

El sistema cuantitativo para medir el desempeño de un canal de comunicación se conoce como *teoría de la información*. En esta teoría, la cantidad de información se define de manera muy genérica, de modo que el contenido del mensaje es irrelevante. Entonces, ¿qué significa información?, significa lo que el uso cotidiano de la palabra supone: reducción de la incertidumbre.

Una forma útil de cuantificar este tipo de información consiste en contar cuántas preguntas debe hacer una persona para descubrir qué miembro del conjunto e estímulos ocurrió.

Cada pregunta necesaria, diseñada para eliminar exactamente la mitad de las opciones, define un bit de información.

El número de bits de información necesarios para determinar de manera exacta una alternativa de estímulo es el logaritmo base 2 de la cantidad total de opciones de posibles estímulos. El logaritmo de un número n a la base 2 es la potencia a la que es preciso elevar el número 2 para que sea igual a n .

Cada vez que se duplica el número de eventos, la cantidad de información aumenta en un bit. Para los valores intermedios el número de bits no será un número entero.

3.2 Capacidad de canal.

Consideremos a un observador como una especie de canal de comunicación.

Identificación significa dar una respuesta que sea el nombre correcto convenido para el estímulo específico que se presenta.

En la medida que las respuestas del observador concuerdan con los nombres de los estímulos que se presentaron, ocurre la *transmisión de la información*.

Si la respuesta concuerda perfectamente con cada uno de los estímulos, entonces el observador es un transmisor de información perfecto.

En general, mientras mayor sea la probabilidad de que el observador identifique correctamente el estímulo, es decir, mientras más recoja de las presentaciones, más información será capaz de transmitir.

Los datos del experimento pueden resumirse en una *matriz de confusión*.

¿Cuántos estímulos diferentes puede identificar perfectamente un observador?. Primero debe considerar un conjunto de estímulos elegidos para variar sólo en una dimensión física única, como la intensidad o frecuencia del sonido. Se ha descubierto que la cantidad de estímulos de una dimensión que una persona puede identificar a la perfección es asombrosamente pequeña. Para la identificación de tonos que sólo variaban en frecuencia, Pollack descubrió que había aproximadamente cinco tonos distintos, que equivalen a alrededor de 2.3 bits de información de estímulo.

Garner halló gran parte de la misma respuesta para la intensidad del sonido. En general, la cantidad de estímulos que variaban sólo en una dimensión física única que pueden identificarse sin error es de aproximadamente 7 más menos 2, dependiendo de la dimensión específica del estímulo de que se trate.

Este límite se conoce como *capacidad de canal* del observador.

Cuando la cantidad de información disponible en la pantalla es mayor que 2.5 bits, el observador no puede transmitir más información que esa cantidad, que no es sino la capacidad del canal en esta situación concreta.

Se han propuesto varias teorías para explicar este descubrimiento general. En el tipo más popular de teoría, el límite refleja los procesos cognoscitivos o de respuesta. Una teoría menos aceptada es que el límite está establecido por las características de respuesta de las neuronas sensoriales y que es un límite absoluto para un continuo sensorial único.

Al parecer, siete es un número muy pequeño de estímulos susceptibles de ser identificados.

Quizás los estímulos del mundo cotidiano son más discriminables que los estímulos típicos de laboratorio. No existe una relación simple entre discriminación y el desempeño de la identificación. Otra explicación posible es que nuestro desempeño diario es mejor gracias a la práctica o repetición.

Excepto en casos extremos, el efecto de la práctica tampoco es lo suficientemente grande para explicar el desempeño cotidiano.

Parte de la respuesta comprende el número de dimensiones en el que el estímulo puede variar al mismo tiempo.

Mientras más sean las dimensiones sobre las que varía el conjunto de estímulos, mejor será el desempeño de identificación en ese conjunto de estímulos.

Ciertas formas de combinar dimensiones también parecen producir un mejor desempeño al hacer que los estímulos resalten con mayor claridad de los demás integrantes del conjunto, o al capitalizar las pequeñas ganancias que se obtienen gracias a la familiaridad.

Así, mediante una selección apropiada de dimensiones de estímulo, Anderson y Fitts pudieron tener niveles de transmisión de información de 17 bits para un estímulo único que se presentó durante un solo instante. Esto significa que sus observadores podían identificar a la perfección un estímulo entre más de 131000 estímulos posibles.

La importancia de las dimensiones de un estímulo y de la forma en que se combinan ha llevado a los investigadores modernos a darle menos importancia a la cantidad de información disponible y más a su calidad.

Las ideas básicas de la teoría de la información, en especial las relacionadas con la influencia de la cantidad de opciones de estímulos en el desempeño, han sido importantes para llamar la atención sobre los puntos críticos de la identificación. Y si bien otros métodos se utilizan cada vez con mayor frecuencia para medir el desempeño de la identificación, la teoría de la información ha tomado su lugar como concepto fundamental, y los investigadores modernos emplean sus métodos y suposiciones en muchas investigaciones.

La cantidad de información involucrada también afecta a algunas de las otras medidas que hemos estudiado, como el tiempo de reacción. Crossman afirmó que las diferencias en el tiempo de reacción se relacionan no solo con la posibilidad de discriminar los estímulos sino, con la cantidad de información que contienen.

Entonces el tiempo de reacción opcional debe ser mayor mientras más grande sea la cantidad de respuestas posibles. Este resultado se ha sabido desde que Merkel halló que mientras más eran los números entre los que debían elegir sus observadores, mayor era el tiempo de reacción opcional.

Hick trató de explicar estos resultados proponiendo que el observador extrae la información de los estímulos presentados a una velocidad constante, de modo que mientras más información deba obtenerse de la exhibición, mayor será el tiempo de reacción.

Llamada *ley de Hicks*, afirma que el tiempo de reacción de la elección es una función lineal de la cantidad de información en el estímulo.

4. ESCALAS.

La escala pretende responder a la pregunta ¿cuánto hay de X?; X puede ser una intensidad de estímulo en el mundo real, la magnitud de una sensación o la magnitud de cualquier variable psicológica compleja, como la comodidad o la molestia.

Una *escala* es una regla matemática con la que se asignan números a objetos o eventos. La escala intenta representar de forma numérica cierta propiedad de tales objetos o eventos. Es posible establecer una variedad de los tipos de representaciones con sus propias características.

El tipo más primitivo y sin restricción de escala es la *escala nominal*. Cuando se asignan números en una escala nominal, sólo sirven como nombres, como los números en un uniforme de fútbol. Los valores de la escala nominal sólo significan la identidad de los elementos y no dicen nada respecto al valor.

Siempre que sea posible decir que un objeto o evento contiene más o menos de cierta propiedad que otro objeto o evento, es posible crear una *escala ordinal* de dicha propiedad. Una escala ordinal ordena los elementos con base a cierta cantidad.

Un tercer tipo de escala es la *escala de intervalo*, no sólo significa más o menos sino que además dice por cuánto. Aparte de emplear las propiedades sucesivas de los números también indica el espacio, o intervalo, entre éstos.

No obstante, las escalas de intervalo sufren de un importante inconveniente, no tienen un punto cero verdadero.

La escala más útil, desde el punto de vista científico, es la *escala de razón*. La creación de este tipo de escala sólo es posible cuando puede determinarse de manera experimental la igualdad, el orden, la equivalencia de intervalos y relaciones, así como un punto cero verdadero.

Las escalas de razón se encuentran con mayor frecuencia en las ciencias físicas que en las de la conducta.

No todas las cantidades psicológicas pueden medirse de la misma forma. Algunas experiencias perceptuales tienen un aspecto fundamental de intensidad; otras no lo tienen. Cuando trabajamos con una experiencia en la que tiene sentido preguntar ¿cuánto o cuán intenso?, tenemos un *continuo protético*. Con estos continuos, los cambios en el estímulo físico producen una modificación en la cantidad aparente de la experiencia psicológica.

Con los continuos no protéticos, el resultado de un cambio en el estímulo físico es una modificación de la calidad aparente y no de la cantidad aparente del estímulo.

Cuando tenemos una experiencia en la que la única pregunta lógica es ¿de qué tipo?, se trata de un *continuo matemático*. Así, un cambio en la longitud de onda de una luz pudiera provocar que su apariencia cambie de rojo a verde.

Desde el punto de vista psicológico, no existe una diferencia cuantitativa entre estos dos matices; simplemente parecen ser distintos.

4.1 Escalas indirectas: ley de Fechner.

Existen dos enfoques totalmente distintos para establecer una escala con la que se asignan números a la intensidad de las sensaciones.

Las *escalas indirectas*, que se basan en la capacidad de discriminación, formaron la base de las primeras escalas psicológicas.

Cuando Fechner trató por primera vez de describir la relación entre la intensidad y la sensación del estímulo, debió inventar antes una forma de medir las magnitudes de las sensaciones. Debido a que la diferencia mínima en la intensidad del estímulo que puede percibirse es el umbral diferencial, nuestra experiencia subjetiva de la diferencia en sensaciones entre dos estímulos cualesquiera separados por la cantidad física del umbral diferencial, o diferencia apenas perceptible, siempre debe ser igual sin importar las magnitudes físicas de ambos estímulos.

Esta suposición permitió a Fechner crear una escala de magnitud de sensación contando diferencias apenas perceptibles de sensación. Se supuso que un estímulo en la intensidad del umbral absoluto generaba cero unidades de magnitudes de sensación; se supuso también que el umbral diferencial de intensidad del estímulo de una unidad por encima del umbral absoluto generaba una unidad de magnitud de sensación.

Un umbral diferencial de intensidad del estímulo de una unidad por encima del estímulo de una unidad generaría dos unidades de magnitud de sensación y así sucesivamente. Por lo tanto, el número de diferencias apenas perceptibles de

sensación "medía" la intensidad de la sensación. La diferencia apenas perceptible de la sensación fue la unidad de una escala de sensación.

Por último, Fechner supuso que la ley de Weber es correcta. La relación entre la intensidad de sensación y la del estímulo físico implícito por las suposiciones de Fechner se muestra en forma gráfica. Esta curva se describe mediante la ecuación:

$$S = (1/k) \log_e(I/I_0)$$

S es la magnitud de sensación que un estímulo desencadena, I/I_0 es la magnitud física del estímulo (intensidad I con relación a la magnitud del estímulo de umbral absoluto), $1/k$ es el inverso de la fracción de Weber y \log_e es el logaritmo natural.

Esta ecuación se conoce como *ley de Fechner*.

El valor de $1/k$ será diferente para distintos continuos sensoriales y psicológicos, ya que es el inverso de la fracción de Weber para el continuo que se mide. Esta ley predice que a medida que elevamos la magnitud de un estímulo físico, aumenta la magnitud de la experiencia sensorial, con rapidez al principio, pero luego con mayor lentitud, conforme al estímulo es cada vez más intenso. Durante muchos años, la ley de Fechner se utilizó en aplicaciones prácticas. Más recientemente, los psicofísicos han encontrado con frecuencia que las escalas de intensidad de la sensación que se basan en medidas de discriminación, como d' , guardan una relación logarítmica con la intensidad del estímulo.

4.2 Escalas directas.

Desde la época de Fechner, muchos psicofísicos han insistido en que la escala indirecta no es necesaria ni preferible.

¿Por qué no simplemente pedirle que indique directamente cuán intensa es la sensación?.

Por ejemplo, la muy conocida escala de uno a diez requiere que el observador coloque la sensación creada por cada estímulo físico en una de diez categorías posibles, de la más débil a la más fuerte.

Sanford utilizó una técnica similar en una de las primeras investigaciones.

Aun hoy en día, algunos psicofísicos estiman que esta escala de categorías es la técnica más útil para medir la magnitud de las sensaciones. Hizo que los observadores ordenaran sobre distintos que contenían pesos en cinco categorías, mascadas de 1 hasta el 5.

Debe reconocerse que estas escalas de categorías están limitadas en el sentido de que, en el mejor de los casos, son escalas de intervalo y carecen de un punto cero verdadero.

Estimación de la magnitud: ley de Stevens. Si bien en la escala de categoría los observadores responden de manera directa la magnitud de la sensación, aún existen ciertas cuestiones indirectas. Stevens popularizó un procedimiento llamado

estimación de magnitud, el cual evita en cierta medida tales problemas. El procedimiento es tan sencillo y directo que uno se pregunta por qué debió ser inventado. En este procedimiento, se pide a los observadores que asignen números a las magnitudes de sensación producidas por un conjunto de estímulos que varían en cierta dimensión protética. Por lo general, los estímulos se juzgan de uno en uno, y la única restricción a las respuestas es que sólo es posible utilizar números mayores que cero.

Ésta es una forma muy directa de medir la magnitud de la sensación. Por lo general, este método requiere de un promedio de muchos observadores o de un promedio de muchos ensayos por observador para lograr resultados estables.

Si bien muchos investigadores prefieren la estimación de la magnitud porque consideran que la escala resultante tiene propiedades de escala de razón, aún existe intenso debate al respecto.

Originalmente, Stevens esperaba que los resultados de los experimentos de estimación de la magnitud que se proponían describir la relación entre la magnitud de la sensación y la del estímulo confirmaran la ley de Fechner, aunque algunas pruebas directas previas no habían podido hacerlo. Plateau sugirió que la relación entre la intensidad física y la sensorial se describiría mejor mediante una función exponencial del tipo $S = I^{1/3}$, en lugar de la función logarítmica de Fechner. Stevens confirmó esta primera conjetura cuando analizó los datos de un experimento de estimación de la magnitud del volumen de tonos puros. La ecuación que él encontró que describía mejor la relación entre la mediana de las estimaciones de la magnitud y las intensidades del estímulo fue:

$$V = aI^{0.60}$$

donde V es el volumen y representa las estimaciones de magnitud media, a es una constante, I la intensidad física del sonido y 0.60 la potencia a la que se eleva I . En los años subsiguientes, Stevens y varios investigadores elaboraron escalas de estimación de magnitud para muchos otros continuos sensoriales. Todas ellas parecían relacionarse con las intensidades del estímulo físico mediante la relación

$$S = aI^m$$

donde S es la medición de la intensidad de la sensación y m es un exponente característico distinto para cada continuo sensorial diferente. Esta relación afirma que la magnitud de la sensación es la intensidad del estímulo físico elevado a cierta potencia, y a esto se le denomina con frecuencia *ley de la potencia o ley de Stevens*.

En la ley de la potencia, la magnitud de la sensación producida por una intensidad específica del estímulo depende del tamaño del exponente. Éste es muy estable para cualquier continuo.

En la medida que la situación experimental se mantenga de una manera razonablemente normal y se utilicen las mismas mediciones de intensidad del estímulo físico, los exponentes promedio generados por los distintos grupos observadores para el mismo continuo son muy similares.

La curva es cóncava cuando el exponente es menor que 1, mientras que es convexa cuando el exponente es mayor que 1 y es una línea recta cuando es 1.

El inmenso atractivo de la ley de la potencia es que permite captar una amplia variedad de curvas de magnitud de sensación contra intensidad del estímulo en la misma función matemática.

Es relativamente sencillo calcular cómo se verá una curva para cualquier conjunto de juicios de estimación de magnitud. Si la ley de la potencia es una descripción correcta de la relación entre estimaciones de magnitud de la intensidad de la sensación y del estímulo, entonces los logaritmos de la estimación de la magnitud graficados contra los de las intensidades de estímulos formarán una línea recta.

Podríamos preguntarnos por qué las escalas de categoría parecen apoyar la ley de Fechner, en tanto que las estimaciones de magnitud se relacionan con la magnitud del estímulo mediante la ley de la potencia. Stevens y Galanter descubrieron que los juicios de categoría se ajustan sólo de manera aproximada a una relación logarítmica.

Desde entonces, varios investigadores han demostrado que los juicios de categoría también se ajustan a la ley de la potencia, pero con exponentes que tienen aproximadamente la mitad del tamaño de los producidos por la estimación de magnitud.

Cuando se utilizan las técnicas de escala para medir las diferencias entre grupos, condiciones o cambios en la agudeza sensorial con respecto al tiempo, a menudo se descubre que la sensibilidad de las mediciones puede mejorar mediante la capacitación.

Esto se denomina *escala restringida* porque los observadores se veían limitados a emplear una escala normal específica. La ventaja de esto es que, cuando se juzgan todas las sensaciones con base en la escala aprendida, los datos son menos variables lo que hace más confiables las comparaciones entre condiciones. Buscamos formas sensibles de ver de qué modo las condiciones cambian los exponentes de la escala. Estas diferencias nos proporcionan información sobre la naturaleza de las experiencias sensoriales implícitas.

Igualación de transmodalidad. Como el tamaño de la función de potencia varía de acuerdo con la forma en que se utilizan los números de la respuesta, podría parecer que estas escalas dicen más acerca de cómo los humanos utilizan los números que de la forma en que las sensaciones varían con la intensidad del estímulo.

Stevens inventó un procedimiento de escalas que no utiliza números. Un observador ajustó la intensidad de un estímulo en un continuo sensorial hasta que la magnitud de la sensación que le producía parecía ser igual a la que le causaba un estímulo proveniente de un continuo sensorial distinto.

Este procedimiento se conoce como *igualación de transmodalidad*, ya que se pide al observador que equipare las magnitudes de sensación de diversas modalidades sensoriales.

Cuando se grafican los datos en los experimentos de igualación de transmodalidad en ejes logarítmicos, se descubre que la concordancia promedio forma una línea

recta. A pesar del hecho de que los observadores ya no hacen estimaciones numéricas, los datos aún obedecen a la ley de la potencia para las intensidades de sensación.

Muchas veces, la igualación de transmodalidad es más difícil de aplicar que la estimación de magnitudes directas porque el sujeto debe ajustar los estímulos en uno de los continuos sensoriales a fin de dar una respuesta, en lugar de limitarse a informar de un número o nombre de categoría. Una reciente modificación de la técnica de igualación de transmodalidad hace que la tarea sea un poco más sencilla para el observador y parece proporcionar resultados ligeramente más confiables. En la escala de modalidades mixtas, los observadores de hecho no igualan las magnitudes de sensación; más bien, juzgan conjuntos distintos de estímulos sensoriales que se entremezclan en el mismo experimento. Los observadores tratan de utilizar la misma escala a medida que los estímulos se alternan entre las modalidades. Esta técnica produce útiles funciones de igualación de transmodalidad con un esfuerzo mucho menor por parte de los observadores, y los exponentes de la función de potencia que se derivan por los general coinciden con los que se obtienen de estimaciones de magnitud e igualación de transmodalidad independientes.

4.3 Escalas multidimensionales.

A veces es difícil para los investigadores demostrar la relación exacta entre las variaciones en los estímulos y nuestras impresiones sensoriales; lo cual es un problema particular para los continuos matemáticos donde, las diferencias entre los estímulos físicos producen diferencias en calidad, no en la intensidad, de las sensaciones resultante. También es un problema en situaciones en las que las dimensiones físicas relevantes son complejas, desconocidas o no parecen corresponder de forma directa a ninguna dimensión psicológica.

Togerson y Shepard desarrollaron un procedimiento elegante para develar la estructura psicológica que contienen dichas matrices de datos; muchos otros refinaron y ampliaron después este procedimiento.

La idea fundamental de este procedimiento, conocido como *escala multidimensional*, es que los datos que representan la similitud psicológica pueden denotarse como distancias físicas en un mapa espacial.

Mientras más se parezcan dos entidades psicológicas, más cerca se encontrarán en el mapa, en tanto que mientras más distintas sean, estarán más separadas.

Si bien estas ideas son muy sencillas e intuitivas, se necesita un programa de cómputo para descubrir el mapa que suponen los datos.

El programa de cómputo proporcionó la posición de los puntos que representan los estímulos de diversas longitudes de onda.

Las coordenadas de los puntos que representan los estímulos pueden interpretarse como escalas de intervalo de las dimensiones psicológicas reveladas por el mapa.

Por lo tanto, la escala multidimensional proporciona tanto una forma de representar la estructura de matrices de datos complejas como una manera de

obtener escalas significativas de atributos psicológicos que no tienen una correspondencia simple con las dimensiones físicas.

Algunas entidades psicológicas se manejan mejor en términos de cualidades comunes y distintivas en lugar de dimensiones espaciales continuas.

El *agrupamiento jerárquico*, un procedimiento que se relaciona con las escalas multidimensionales pero que difiere en la representación final, a veces es útil para descubrir las relaciones entre tales conjuntos de estímulos. Este procedimiento también depende en gran medida del uso de programas de cómputo, pero en vez de que los estímulos sean representados como punto en un mapa, lo son como hojas en un árbol.

Juntos, el análisis de agrupamiento jerárquico y las escalas multidimensionales suministran un conjunto de métodos muy poderosos y útiles de escalas psicofísicas cuando los estímulos varían en formas que no puedan describirse como variaciones simples de intensidad a lo largo de un continuo físico único.

4.4 Contexto y sesgo.

Los estímulos se perciben siempre en el contexto de aquellos que los preceden y de los que los rodean.

Desde hace mucho tiempo se sabe que los efectos del contexto influyen en los juicios de magnitud sensorial en muchas tareas psicofísicas, aun cuando el contexto está en una modalidad distinta de la que se juzga.

Nelson trató de explicar de qué forma el contexto puede afectar los juicios de las magnitudes de sensación. En teoría, los sistemas sensoriales y perceptuales de un organismo se adaptan siempre al entorno físico en cambio permanente. Este proceso crea un *nivel de adaptación*, una especie de nivel de referencia interna con el que se comparan las magnitudes de todas las sensaciones. Las sensaciones con magnitudes por debajo del nivel de adaptación se perciben como débiles, y las que están por encima de dicho nivel se perciben como intensas.

Las que se encuentran en o cerca del nivel de adaptación se perciben como medianas o neutrales.

Es mucho más difícil discriminar estímulos que dan origen a sensaciones que están del mismo lado del nivel de adaptación que discriminar estímulos, igualmente próximos entre sí pero cuyas sensaciones se hallan en lados distintos del nivel de adaptación. Esto implica que todas las percepciones de magnitud de una sensación son relativas. Una sensación no es simplemente débil o intensa; más bien lo es en comparación con el nivel de adaptación.

Para Nelson, el nivel de adaptación consta de una combinación de efectos de tres tipos de estímulos. Los *estímulos focales* están en el centro de atención de un observador y por lo general son los que se juzgan.

Los *estímulos de fondo* ocurren de manera próxima en el espacio o en el tiempo al estímulo focal, dando el contexto inmediato en el que se juzga un estímulo focal.

Los *estímulos residuales* no pertenecen al tiempo presente del observador, son recuerdos de estímulos que experimentó en el pasado.

La teoría del nivel de adaptación puede explicar muchos efectos del contexto de percepción.

El contexto puede tener efectos importantes en los juicios de cantidades de percepción, como la magnitud de sensación. Los investigadores no están de acuerdo en cómo interactúan específicamente los estímulos, cuáles toman parte y la forma concreta en que ocurren las comparaciones con el contexto, aunque todos aceptan el hecho de que el contexto sí influye en la percepción.

Se ha demostrado que los efectos del contexto afectan todos los aspectos de las escalas psicológicas, incluyendo los juicios de categoría, las estimaciones de magnitud y las igualaciones de transmodalidad.

Los efectos del contexto sugieren que quizá no haya una relación sencilla entre la magnitud del estímulo y la de la sensación.

Lo que percibimos no es una simple reproducción fotográfica de los estímulos del entorno sino, más bien, se ve afectado por la mirada de éstos que repercuten en nosotros y que lo han hecho en el pasado porque nos dan el contexto para la situación perceptual en la que nos encontramos en el momento presente. La percepción es activa y los procesos que ocurren dentro del observador pueden ser a veces tan importantes para determinar la experiencia perceptual o sensorial como los factores del entorno externo.

Las técnicas de medición psicofísica que se han explicado aparecen en muchas formas a lo largo de estos temas, pero hoy en día, muchos psicólogos de percepción y cognoscitivos siguen trabajando en los problemas originales de Fechner. Se ha llamado a estos psicólogos "psicólogos fundamentalistas".