



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA



U.N.A.M. CAMPUS  
IZTACALA

LA TEORÍA DE DETECCIÓN DE SEÑALES

001  
31921  
V2  
1984-4

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:

JOSE ESTEBAN VAQUERO CAZARES

-1984 -



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

Introducción	<b>IZT. 1000371</b>	1
Breve Introducción a la Teoría de Detección de Señales.		7
La Teoría de Detección de Señales y la Conducta Operante.		61
Otras Aplicaciones de la Teoría de Detección de Señales.		81
Conclusiones.		92
Bibliografía.		95

## INTRODUCCION

La Teoría de Detección de Señales proporciona un método de análisis, cuyo objetivo principal es el de separar las funciones sensoriales de otro tipo de variables que influyen en la percepción, es decir, por medio de este método se intenta obtener datos que demuestren los efectos reales del estímulo, sin confundirlos con algunas variables que modifican la conducta, a través de otros canales, tales como, la motivación, la atención, etc.

Este método fue desarrollado originalmente con el propósito de detectar señales de radar y separarlas del ruido (Rilling y Mc Diarmid, 1965).

Los trabajos iniciales, se llevaron a cabo a finales de la segunda guerra mundial (1945), pero su máximo desarrollo se alcanzó a principios de 1950, por matemáticos e ingenieros de la Universidad de Michigan, entre quienes se encontraban, Peterson, Birdsall y Fox en 1954; Y por otro lado en la Universidad de Harvard y en el Instituto Tecnológico de Massachussets, Van Meter y Middleton en 1954.

Los principales artículos que difundieron la Teoría de Detección de Señales fueron presentados en "The Symposium on Information Theory", cuyos contenidos provenían de trabajos anteriores, en el campo de la Estadística Matemática, realizados por Neyman & Pearson (1933); Wald (1947 y 1950); Greander (1950). Y por otra parte, en el campo de las Comunicaciones Electrónicas, los trabajos realizados por Shanon (1948); Woodward & Davies (1952); Reich & Swerling (1953); Rice (1944, 1945); North (1943) y Middleton (1953). (Green & Swets, 1974).

La parte de la Teoría de Detección de Señales que corresponde a la Estadística Matemática, es casi una traslación directa de la Teoría de la Decisión Estadística o de la Teoría de Pruebas de Hipótesis. Esta parte de la teoría provee una forma de controlar y medir el criterio del observador, que utiliza para tomar decisiones, acerca de la presencia de la señal, y además proporciona una medida de la sensibilidad del observador, la cual es independiente del criterio de decisión del observador.

En Psicología, dentro del área denominada Psicofísica la medición de la sensibilidad es prácticamente constante

sobre diferentes procedimientos Psicofísicos o llamados también tareas de detección.

La parte de la Teoría de Detección de Señales (SDT) que corresponde a las Comunicaciones Electrónicas, específica al detector ideal Matemáticamente, y por lo tanto, la sensibilidad ideal, como una función de parámetros de señales medibles y del ruido de interferencia, para diferentes tipos de señal.

Esta estructura teórica define las variables físicas relevantes en terminos cuantitativos, también describe los efectos de cambio, en estas variables, y además cómo la incertidumbre de los valores específicos de estas variables afectan a ciertos detectores.

De los trabajos y libros publicados hasta la fecha sobre la Teoría de detección de Señales, cabe mencionar muy especialmente, al realizado por Green & Swets, cuya primera edición, se publicó en 1966 y posteriormente se reeditó con algunas correcciones y agregados en 1974, el cual es considerado, como un libro clásico básico para la Psicología, intitulado " Signal Detection Theory & Psychophysics " que ha sido consultado por gran parte de los

psicólogos que han empleado este tipo de análisis, ya que contiene las bases de la Teoría de Detección de Señales, así como sus aplicaciones dentro del campo de la Psicofísica.

Durante los últimos años el incremento por la utilización de la Teoría de Detección de Señales, como un método de análisis, se observa en el incremento de artículos publicados, en una gran variedad de revistas y libros especializados en temas de Psicología.

Dentro de las áreas que comprende la aplicación de la Teoría de Detección de Señales, se encuentra en un lugar especial, para la determinación de los umbrales.

Otra de las áreas donde ha tenido buena aceptación es la que corresponde al campo de la Psicología Clínica dentro de la cual se ha utilizado en las investigaciones sobre problemas de dolor y ansiedad, (Dougher, 1979); (Jarenko 1980). Así como el efecto que tienen algunos farmacos (Milar, 1981), además ha sido empleada para evaluar pruebas de personalidad (Stenson, Kleinmuntz & Scott, 1975).

En lo que se refiere al campo de la Conducta Operante el incremento por la utilización del método de la Teoría de Detección de Señales, se observa por el aumento de artículos, en publicaciones especializadas de este enfoque de la Psicología, como por ejemplo, "The Journal of the Experimental Analysis of Behavior " (JEAB).

El presente trabajo tiene dos objetivos, el primero es un intento de producir un manual que incluye los procedimientos estadísticos y matemáticos utilizados en la Teoría de Detección de Señales, que permita a personas no especializadas utilizar, como un método de análisis de datos además de mostrar los elementos teóricos y experimentales de la Teoría de Detección de Señales, como una alternativa para el análisis, de las diversas investigaciones en las que el psicólogo interviene. Y segundo, el de realizar una revisión de los trabajos relevantes, en los cuales se ha empleado la Teoría de Detección de Señales.

Para lo cual en el primer capítulo se proporcionan los conceptos, cálculos y metodología empleada para la obtención de datos que son necesarios para la correcta aplicación del modelo de Detección de Señales, como un método de análisis.

Dentro de este capítulo se puede observar el papel que tiene la teoría de Toma de Decisiones Estadísticas, y por medio de ejemplos se ilustran los procedimientos y cálculos empleados en este tipo de análisis.

En el segundo capítulo se presentan trabajos realizados en el campo de la Conducta Operante, utilizando la Teoría de Detección de Señales, en donde se observa que existen similitudes, en cuanto a procedimientos y supuestos teóricos.

Por último el capítulo número tres, se refiere a la gran variedad de áreas donde ha sido utilizada la Teoría de Detección de Señales, como un método de análisis.

CAPITULO I  
BREVE INTRODUCCION A LA TEORIA DE DETECCION DE  
SEÑALES

El siguiente capítulo propociona los conceptos y procedimientos básicos, que utiliza LA TEORIA DE DETECCION DE SEÑALES, la presentación de tales terminos va seguida de ejemplos.

Dos de los principales conceptos son los denominados LA SEÑAL y EL RUIDO; dichos términos, fueron extraídos de la terminología de las comunicaciones electrónicas, ya que originalmente, se refiere a la señal producida por algún tipo de generador de ondas y al ruido que puede interferir dentro del medio donde se recibe.

En Psicología, se considera que en muchas situaciones donde las interacciones, entre el medio ambiente y los organismos son ambiguas, es decir, no están definidas claramente, por ejemplo; Cuando no se conoce cual es el momento adecuado para hacer una petición a alguna persona en particular o al intentar responder a una pregunta, observando el rostro del maestro, a medida de que se completa la

respuesta.

Estas situaciones presentan condiciones medioambientales, donde es posible presentar dos estados, los cuales requieren respuestas diferentes. Si los estados del medio ambiente fueran definidos claramente no existiría ningún problema.

El modelo que presenta la Teoría de Detección de Señales intenta explicar el comportamiento de los organismos en aquellas situaciones ambiguas. Aunque el modelo puede ser ampliado, a situaciones donde se presentan numerosas situaciones, pero por motivos prácticos y de simplicidad se limitará al mínimo de dos posibles condiciones de estímulo y de dos respuestas relacionadas. Los eventos pueden ser simples o complejos, por ejemplo, detectar la presencia o ausencia de una luz, conocer la preferencia de alguna persona hacia otra.

Los términos SEÑAL y RUIDO son asignados en forma arbitraria a los eventos de estímulo y dependen de la situación. En la experimentación la asignación es realizada por el experimentador y de alguna manera se puede considerar

que se hace en forma arbitraria. Por ejemplo en los experimentos de audición, se le pide al sujeto que detecte la presencia de un tono, en esta situación la presencia del tono es considerada como la señal y la ausencia del tono o presencia de otro, se considera como el ruido.

Los conceptos de Señal y Ruido dependen de los resultados de la conducta que ocurre, en su presencia y no de los eventos mismos.

En general, en el laboratorio, la Señal es sobrepuesta a un fondo de Ruido. Por ejemplo, el de un punto enfocado de luz, esta es la Señal y el Ruido puede ser el fondo de luz que aparece en una pantalla, cuando un proyector de transparencias funciona sin éstas.

En este tipo de experimento, realizado en un cuarto oscuro, se le pide al sujeto que observe la pantalla e indique si está el punto de luz enfocado o si solamente aparece el fondo iluminado (Ruido).

Al sujeto se le instruye a responder con "SI" si el punto de luz está presente y "NO" si no lo está. De aquí

*12/1/20*

se reduce a dos estímulos del medio ambiente, es decir, está o no presente la Señal y las dos posibles respuestas relacionadas, SI y NO.

Sin embargo, en este tipo de tarea, existe la dificultad de que el fondo de luz, no tiene una brillantez constante, algunas veces es débil y otras intensa, la brillantez de la luz es considerada constante.

De lo anterior se considera la brillantez media de la luz de fondo como "moderadamente brillante" y los extremos como débil e intensa.

Es posible graficar los valores de la brillantez y ésta quedaría como se muestra en la figura 1.

Agregando el punto de luz enfocado a la luz de fondo débil se producirá una luz moderadamente brillante, y si se agrega a ésta el punto de luz, entonces se producirá una luz de brillantez intensa.

De esta forma se conoce la distribución de ocurrencias de las ocasiones cuando está presente la Señal. Se debe notar que el fondo es débil el 10 % de las ocasiones el

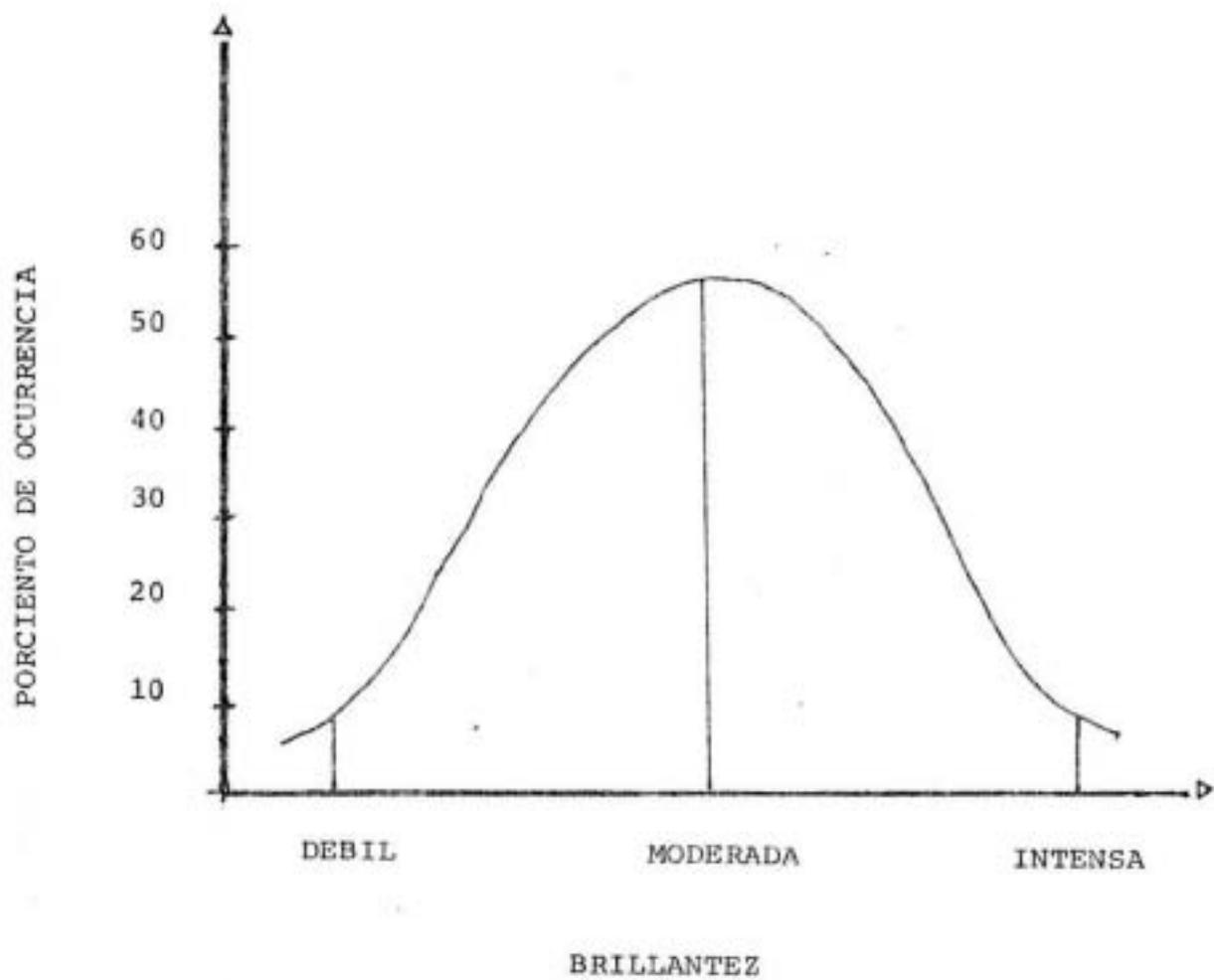


Fig. 1 . Se observa el porcentaje de ocurrencia en que cada brillantez puede aparecer. La débil el 10 %, la moderada 60 % y la intensa 10 %.

10 % de las ocasiones cuando la señal está presente, debería estar con fondo débil. De la misma forma, puesto que el fondo debe ser moderado el 56 % de las ocasiones. El 56 % de las veces cuando está presente la señal, debe estar contra el fondo moderadamente brillante.

Cuando la luz de la señal está presente con un fondo moderadamente brillante, la luz resultante aparecerá como intensa. Es necesario tomar en consideración que la luz de la señal se considera constante y que se agrega a un fondo de luz cuya luminancia varía como una distribución normal.

Entonces la distribución de la señal más el ruido deberá ser también una distribución normal, pero ésta estará desplazada hacia la derecha, de tal forma, que el porcentaje de ocurrencia para la luz débil, en la distribución del ruido, llegará al porcentaje de ocurrencia para la luz moderadamente brillante en esta nueva distribución.

Para designar a los términos " SEÑAL y RUIDO " se utilizaran sus iniciales, como se escriben en el idioma inglés ya que la mayoría de los artículos sobre el tema, se encuentran en este idioma. "S" para la SEÑAL y "N" para el ruido es decir, "SIGNAL y NOISE" respectivamente, esto se hace

con el objeto de facilitar el manejo y la lectura de la literatura que trata con la Teoría de Detección de Señales.

Siguiendo con las distribuciones de la Señal y el Ruido éstas se pueden observar en la figura 2, observando que se traslapan.

Si se muestran los valores de la brillantez, numéricamente quedaría, como se observa en la figura 3.

En una situación experimental, se le pide al sujeto que responda con "SI" sí la luz de la Señal está presente en algún ensayo y "NO" sí la señal está ausente.

Como se observa en la figura 3, el sujeto estará seguro de que solamente es ruido, cuando el valor de la brillantez varía de (0 a 4), y de que la Señal más Ruido, estará cuando tome valores de (21 a 30), y no podrá estar seguro cuando el valor se encuentre entre (5 a 20).

Con un ejemplo práctico se podrá entender mejor los conceptos Ruido y Ruido más Señal.

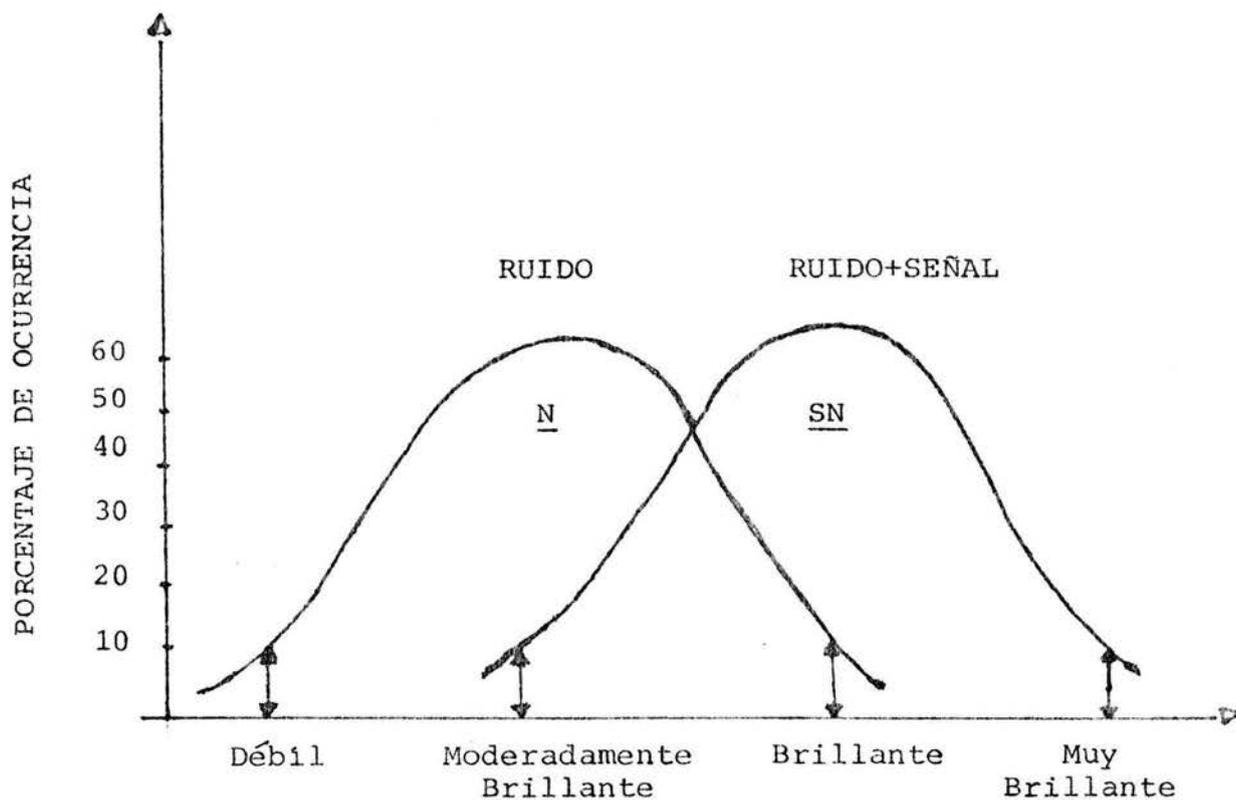


Fig. 2. Muestra el solapamiento de las dos distribuciones (N) Ruido y (SN) Señal más Ruido con los siguientes porcentajes de ocurrencia.

PORCENTAJES DE OCURRENCIA

	Débil	Mod. Brillante	Brillante	Muy Brillante
N	10 %	60 %	10 %	0 %
SN	0 %	10 %	60 %	10 %

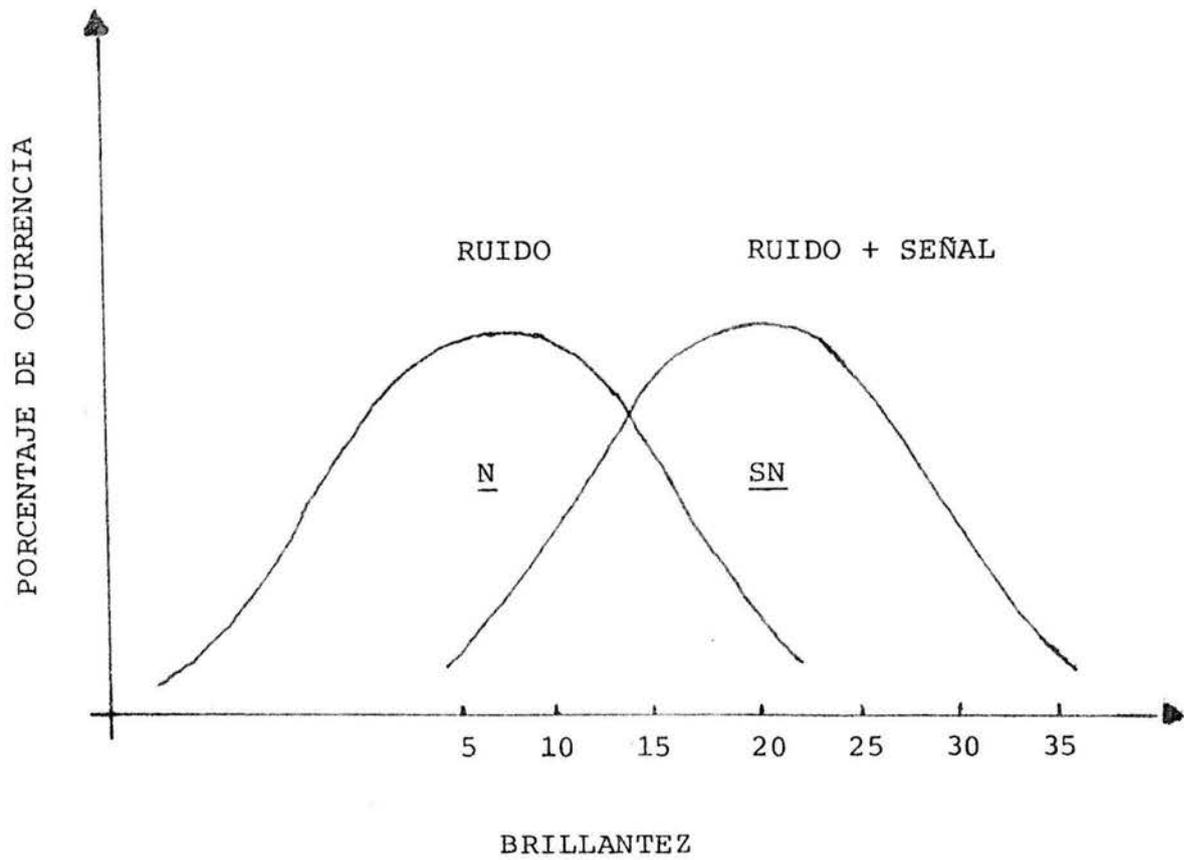


Fig. 3. Se muestra los valores que puede tomar la luz, tanto de la distribución del Ruido como la de Ruido + Señal.

El problema fue planteado por Karp y Layng (1980), se plantea, la toma de decisión acerca de la aceptación o rechazo de algún sujeto en un hospital Psiquiátrico.

En este caso la elección de la Señal y el Ruido es en forma arbitraria, se considerará como Señal, a una persona con tendencias a suicidarse, y como Ruido, a la persona que no las tenga. Para determinar, si es o no suicida, se le administra un test, para detectar pacientes suicidas. Los puntajes obtenidos en el test serán los indicadores para tomar una decisión, de aceptar o rechazar al sujeto, en cuestión. Entonces es necesario interpretar los puntajes, mientas la gente suicida tiende a tener puntajes altos en el test, no está claro cuál es el punto que separa a los suicidas, con los que no lo son. Para la población no-suicida los puntajes forman una curva normal, cuyo rango es de 10 a 30 con una media de 20. Para la población suicida los puntajes varían de 20 a 40 con una media de 30. Las curvas se muestran en la figura 4.

No todos los ejemplos en el mundo real son tan claros es decir, que existe sobrelapamiento entre las distribuciones (N) y (SN) (ambigüedad), entonces un análisis de Detección de Señales puede ser de gran utilidad.

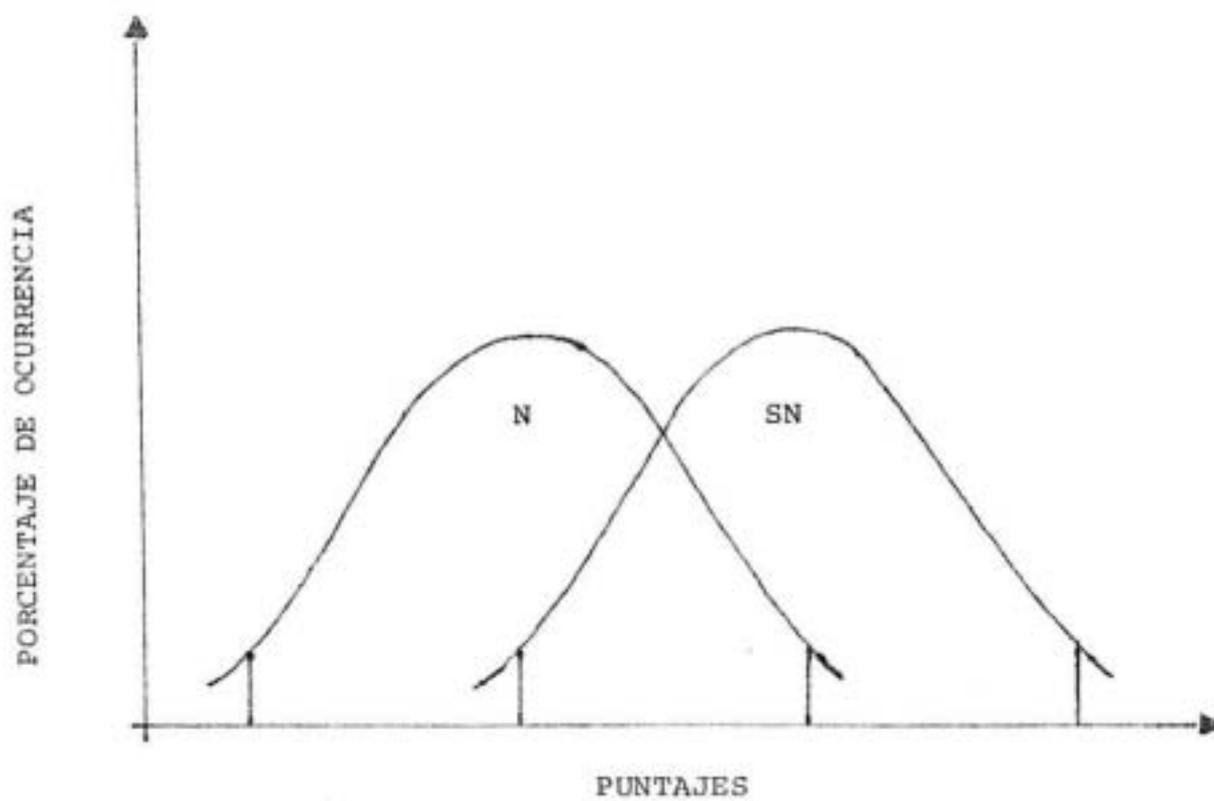
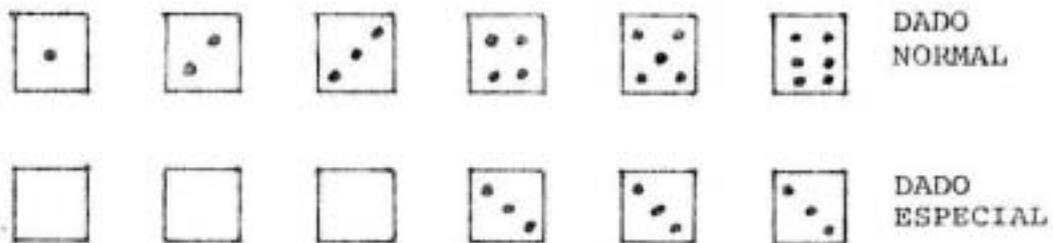


Figura 4. Distribuciones traslapadas con los puntajes.

En las condiciones de laboratorio, se considera que el ruido de fondo, el cual se presenta intencionalmente, es la única fuente de Ruido, pero de hecho existen otras. Los instrumentos que presentan la Señal pueden tener fluctuaciones potenciales, las cuales causan que la cantidad o intensidad de la Señal varíe. El observador puede producir también fuentes de ruido, como los cambios que se producen en el receptor, por ejemplo; la humedad en los ojos, las diferentes presiones de aire sobre el oído, etc. Se considera que estas fuentes de Ruido son tan pequeñas en comparación con las presentadas deliberadamente, que pueden ser ignoradas. En el mundo real, las mismas distinciones ocurren.

Existen variables que controlan la conducta del sujeto en situaciones de detección de señales. Swets(1964) describe un problema de detección de señales, el cual puede ser de gran utilidad para poder conocer las variables que controlan la conducta del observador.

El experimento incluye dos dados normales y un dado especial con tres caras en blanco y las tres restantes con un tres en cada cara.



El problema está planteado para que el observador, decida sí el dado especial apareció con la cara en blanco o con los puntos tres. Los tres dados son lanzados, fuera de la vista del sujeto y únicamente se le indica la suma de los puntos en total, se le pide al observador que responda con "SI" sí el dado especial muestra un "TRES" y "NO" si muestra una cara en blanco.

En este caso se identifica al Ruido como los dos dados regulares y el dado especial, mostrando una cara en blanco y la Señal más el Ruido, serán los dos dados normales y el dado especial mostrando un "TRES" en cada una de sus caras. Para una mejor claridad se muestra en forma gráfica las dos distribuciones, la del Ruido (N-NOISE) y la de la Señal más el Ruido (SN-SIGNAL\*NOISE), en la figura 5.

Como se puede observar en la figura 5 cuando la suma

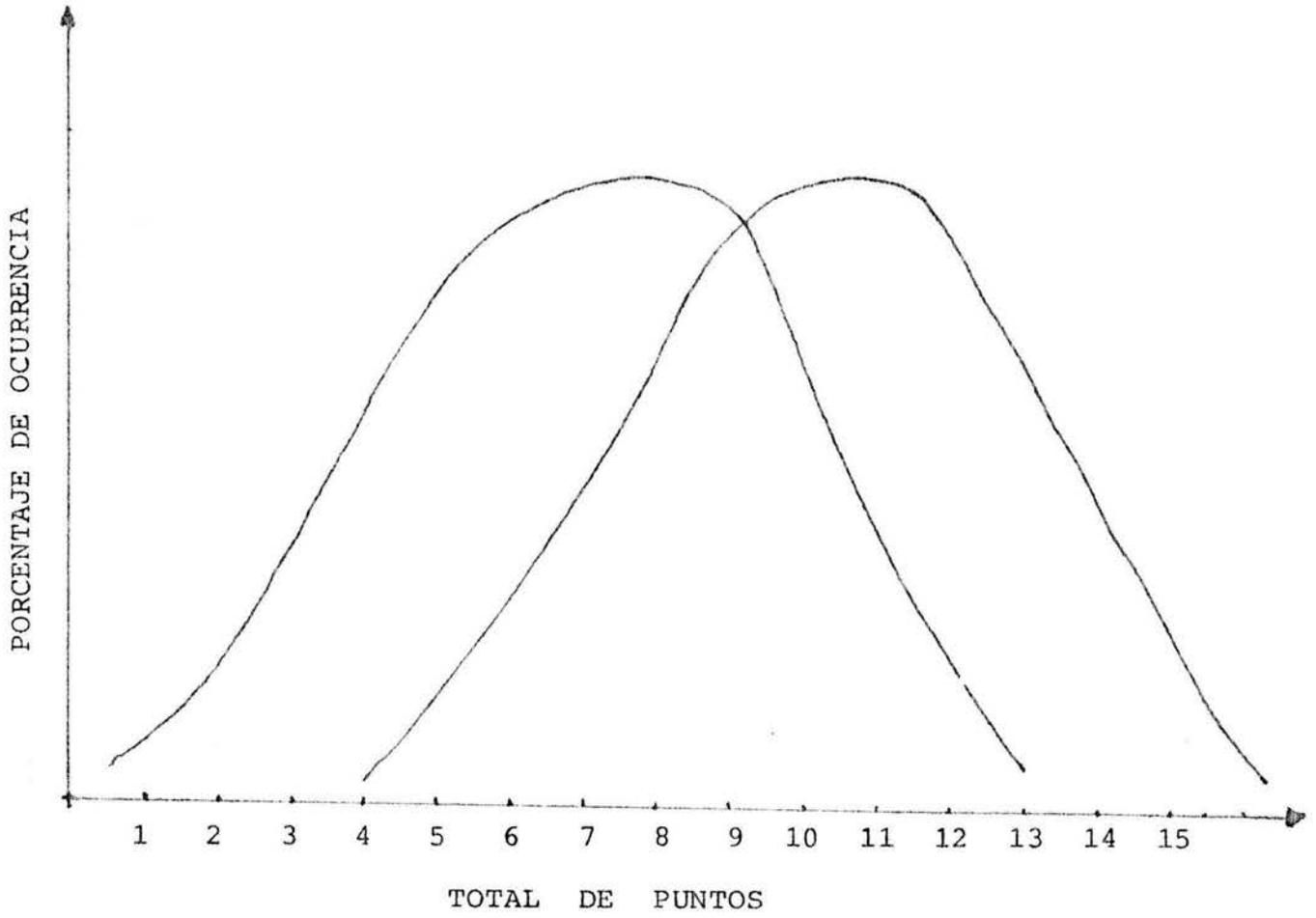


Fig. 5. Se muestran las dos distribuciones con el total de puntos en la suma.

de los tres dados produce 2, 3 y 4, se tendrá la completa seguridad de que el Ruido está presente. Similarmente sucede cuando la suma produce valores de 13, 14 y 15, los cuales indican con seguridad de que la Señal es la presente. Y los valores intermedios representan lo que se ha denominado "Ambigüedad".

Para tomar una decisión acerca de si la Señal o el Ruido, está presente, es necesario determinar cuál es el punto que permitirá tomar una decisión sobre las dos distribuciones. El nombre que se le da al punto, en el cual y sobre éste, se responderá que "SI" y debajo del cual, se responderá que "NO", se le denomina como "CRITERIO". Para el ejemplo, se determinará cuál es el punto, para poder tomar una decisión, es decir, se determinará el Criterio.

Supongase que el total producido por los tres dados es 12, se puede decir que existe una mayor probabilidad de responder "SI", puesto que la probabilidad de obtener un seis (6), en cada uno de los dados normales es poca, comparada con la que se produce cuando aparece un nueve (9) como la suma de los dados normales, especialmente considerando que la probabilidad de obtener un tres (3) en el dado

especial, es de (0.5).

En otro lanzamiento, el total producido por los tres dados es siete (7). En este caso parece más probable que el dado especial esté mostrando, una de las caras en blanco. Si se continúa arrojando los dados, se puede observar que para los números superiores a (9) las ventajas son mayores para que el dado especial muestre un tres (3) en una de sus caras y para la suma total de ocho (8) y menores, las ventajas de que el dado especial muestre alguna cara en blanco.

De lo anterior se puede llegar a una conclusión, que permitirá establecer una regla, que indicará, que para la suma total de nueve (9) y mayores, responder con "SI", es decir, el dado especial, estará mostrando un tres (3) en una de sus caras y para la suma de ocho (8) y menores responder "NO", es decir, el dado especial muestra una cara en blanco.

Por lo tanto se puede decir que el CRITERIO en el ejemplo anterior, estuvo localizado en el nueve (9).

Si ahora se cambia el dado especial por uno que tenga

en cinco (5) de sus caras tres puntos (3).



En este caso, la probabilidad de que aparezca un tres (3) es de  $5/6$ . Si se lanzan los dos dados regulares y el nuevo especial y aparece un total de ocho (8). Se podría decir que es muy probable que el dado especial esté mostrando un tres (3), ya que existen cinco (5) de seis (6) oportunidades, de que el dado especial muestre un tres (3) y el ocho (8), es suficientemente grande para incrementar las ventajas.

Con este nuevo dado el CRITERIO debe estar colocado más bajo. Las oportunidades de que el dado especial muestre

un tres (3) se han incrementado considerablemente.

Las oportunidades o probabilidad de que la Señal (SN) esté presente en algún ensayo, antes de que el evento ocurra ( en el ejemplo anterior, antes de que los dados sean arrojados) se le conoce como PROBABILIDAD A PRIORI.

Este concepto se puede ilustrar con los siguientes ejemplos: Se puede decir que existe una alta probabilidad de conocer amistades del sexo opuesto en una fiesta; es poco probable encontrar un esquimal en la escuela; y por último en el laboratorio, en un procedimiento de igualación a la muestra, con pichones, trabajando con dos teclas de comparación, se puede decir que la probabilidad que tiene el pichon en picar la tecla correcta es media.

De los ejemplos anteriores, se puede decir que el CRITERIO para el primero es bajo, para el segundo es alto y para el último es moderado.

Retornando al juego de dados, si ahora el dado especial tiene cinco (5) caras en blanco y una cara con un tres

(3), el CRITERIO, entonces se elevará. Puesto que la PROBABILIDAD A PRIORI ha disminuído.

Como se ha mencionado anteriormente, La Teoría de Detección de Señales, considera dos estados posibles, que puede tomar el medio ambiente, las condiciones de estímulo y estas situaciones están relacionadas con dos respuestas posibles.

Los experimentos que utilizan la Teoría de Detección de Señales, emplean una matriz de contingencia de 2X2 en la cual se relacionan, los dos estados del medio ambiente de los cuales se toma una decisión, estos se localizan en las columnas y las dos posibles respuestas en los renglones, esta se puede observar en la figura 6.

De la tabla de contingencia es posible obtener cuatro posibles resultados, los cuales se mencionan a continuación:

- 1) Responder "SI" cuando N está presente
- 2) Responder "SI" cuando SN está presente
- 3) Responder "NO" cuando N está presente
- 4) Responder "NO" cuando SN está presente

ESTADOS DEL MEDIO  
AMBIENTE

		N	SN
RESPUESTAS	<u>SI</u>		
	<u>NO</u>		

Fig. 6. Presenta la matriz ( 2 x 2 )  
en las columnas se presentan  
los estados del medio ambiente  
y en los renglones las respuestas.

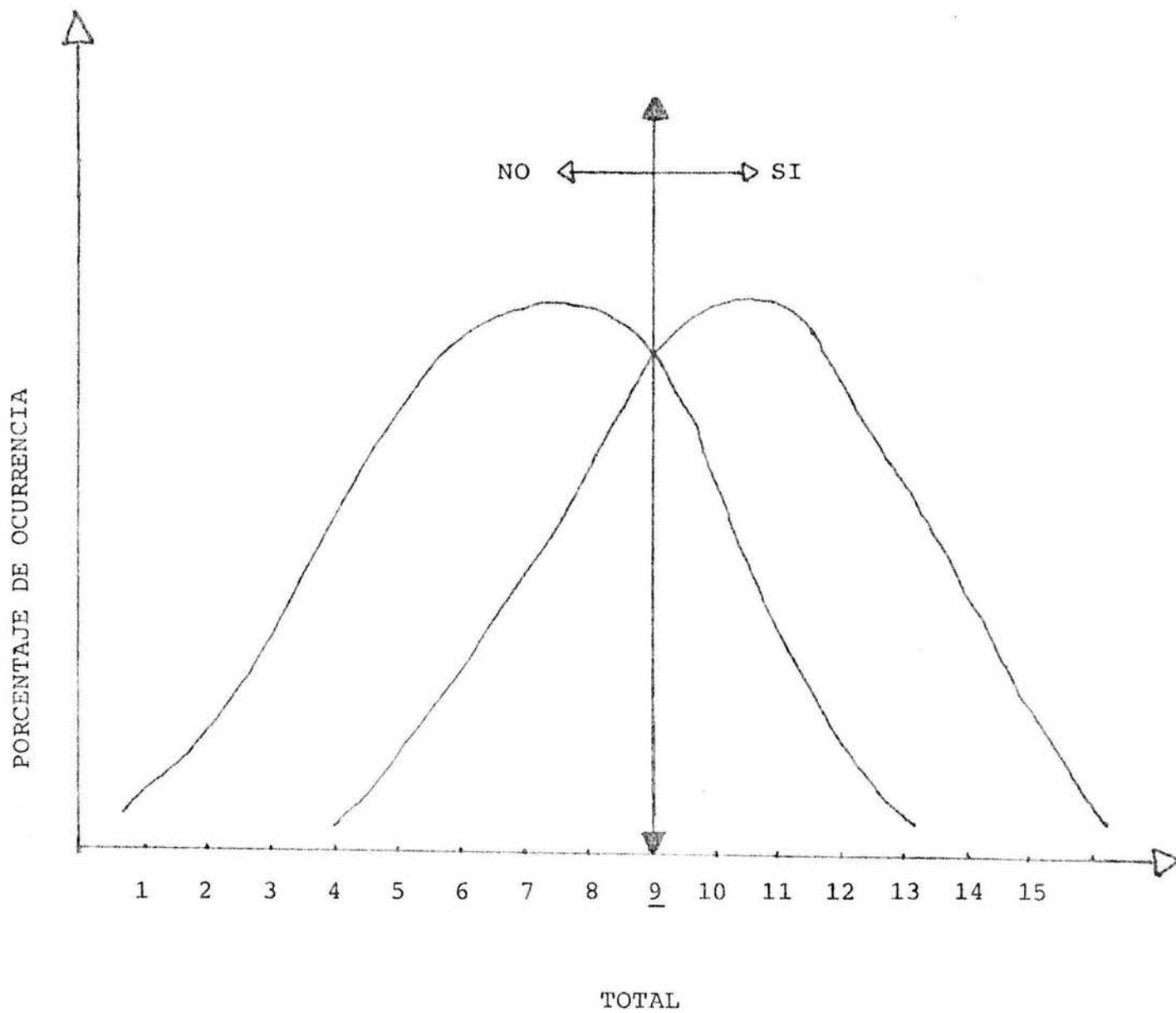


Fig. 7. Distribuciones del Ruido y la Señal más el Ruido con las respuestas

Los nombres que reciben cada uno de los cuatro posibles resultados son los siguientes:

		ESTADOS DEL MEDIO AMBIENTE	
		(N)	(SN)
RESPUESTAS	<u>SI</u>	FALSE ALARM  ( <u>FALSA ALARMA</u> )	HIT  ( <u>ACIERTO</u> )
	<u>NO</u>	REJECT CORRECT  ( <u>RECHAZO CORRECTO</u> )	MISS  ( <u>PERDIDA o ERROR</u> )

Los nombres se han puesto en el idioma inglés, ya que en Español, únicamente se han encontrado en Andreas (1978), y son similares a los que se emplearan dentro de este trabajo, y se denominan como sigue:

- 1) FALSA ALARMA : Se refiere a responder "SI" cuando  
(False Alarm) la Señal NO está presente.
  
- 2) ACIERTO : Se refiere a responder "SI" cuando  
(Hit) la Señal está presente.
  
- 3) RECHAZO CORRECTO: Se refiere a responder "NO" cuando  
(Reject Correct) la señal está ausente.
  
- 4) ERROR : Se refiere a responder "NO" cuando  
la Señal está presente.

Para mostrar en forma clara, por medio de las distribuciones, con las respectivas respuestas, en el juego original con los dados normales y el dado especial con tres caras con tres puntos cada una y las tres restantes en blanco. Esto se puede observar en la figura 7. Pero si se dividen las dos distribuciones, estas se muestran en la figura 8.

Ahora si se juntan de nuevo las distribuciones, se tine lo siguiente:

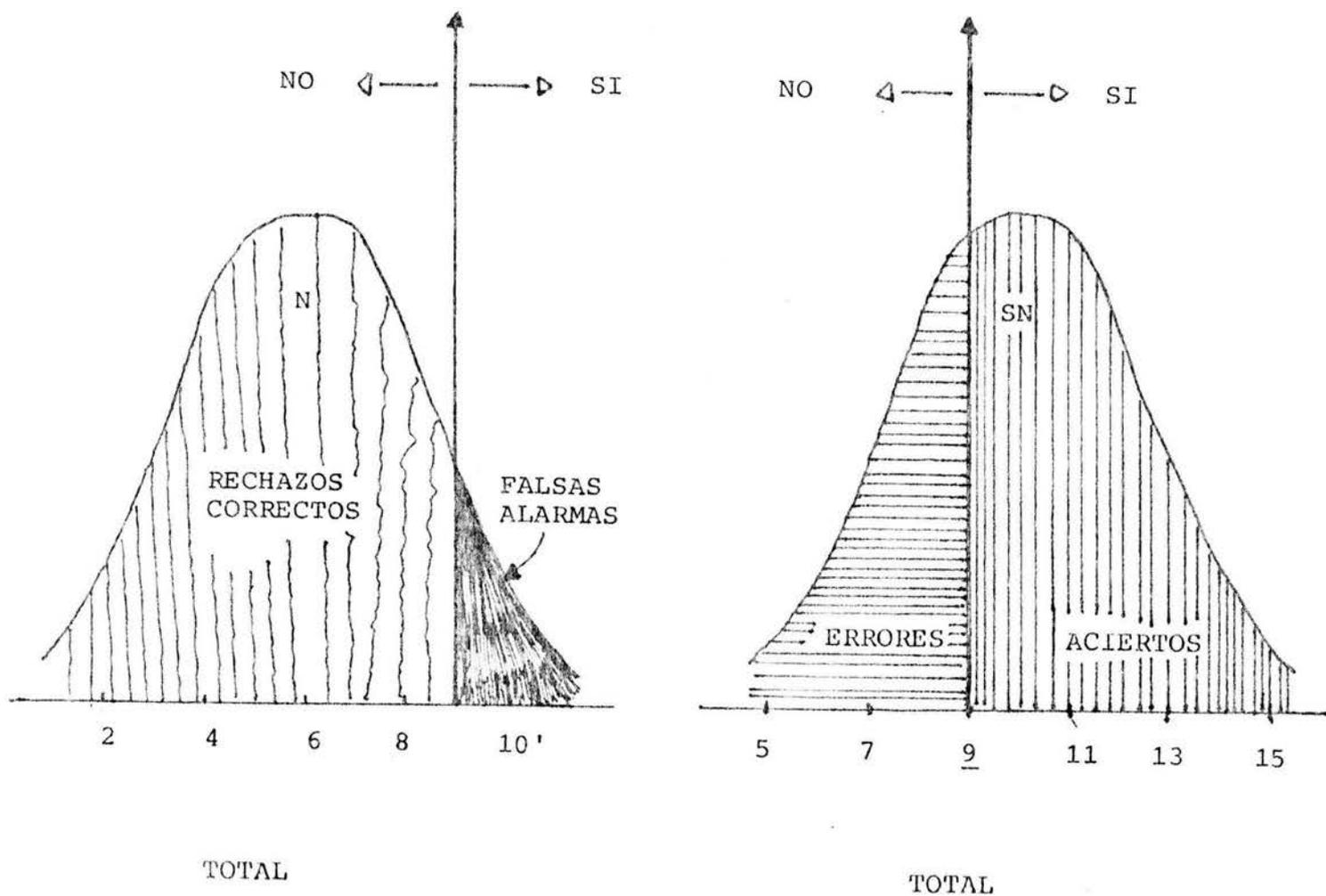


Fig. 8. Las distribuciones separadas, indicando los cuatro posibles resultados.

La siguiente matriz recibe el nombre de MATRIZ DE PAGO, que indica, el pago que recibirá el sujeto obtenga en cada uno de los cuatro posibles resultados.

ESTADO DEL MEDIO  
AMBIENTE

		N	SN
RESPUESTAS	SI	FALSA ALARMA	ACIERTO + 20 \$
	NO	RECHAZO CORRECTO	ERROR

En la Matriz anterior, el sujeto obtiene 20 \$, si en cada ensayo responde "SI" cuando está presente la Señal, y cuando responda que "NO" dicha respuesta no produce ningún tipo de consecuencia. En el caso de ERROR el sujeto pierde una oportunidad de obtener 20 \$.

Como se puede observar en la matriz, las consecuencias para los cuatro posibles resultados, modifican el CRITERIO es decir, por ejemplo, Para tener la seguridad de obtener 20 \$, es posible bajar el CRITERIO hasta cinco (5), en donde se elimina la posibilidad de ERROR, pero esto trae como consecuencia, que se incrementan las posibilidades de cometer una FALSA ALARMA.

De otro modo, si por cada FALSA ALARMA, se sustrae 10 \$, conservando el criterio en cinco (5) las consecuencias seran, que la perdida sea mayor a la ganancia.

En este mismo caso, si se coloca el CRITERIO alrededor de 7 0 8, se puede obtener mayor ganancia, que perdida puesto que los ACIERTOS obtienen dos veces, de lo que se pierde con las FALSAS ALARMAS.

En el caso de que el castigo, por las FALSAS ALARMAS sea de 20 \$ y el pago por el ACIERTO es de 10 \$, para obtener mayor ganancia, se tendrá que elevar el CRITERIO.

En resumen, los cambios de las consecuencias, pago de los ACIERTOS - FALSAS ALARMAS, son los responsables en la

modificación del CRITERIO, para tomar una decisión acerca del estado del medio ambiente.

Existe otro procedimiento, que puede modificar el CRITERIO del sujeto, este consiste, en variar la PROBABILIDAD A PRIORI.

Como un ejemplo, para ilustrar lo anterior, se muestra con el experimento realizado por Goldiamond (1962, en Karp y Layng, 1980), en donde se utilizó un Baduino como su jeto experimental, cuya tarea consistía en detectar rectángulos grandes. Dos series de rectángulos se le presentaban una de grandes y otra de pequeños.

Estas dos distribuciones de rectángulos se traslapaban donde los rectángulos del extremo final de la distribución de rectángulos pequeños, eran más grandes, que los del prin cipio, de la distribución de los rectángulos más grandes.

Por un acierto el Baduino recibía un tono, diez tonos hacían que obtuviera un pellet de platano. Por una falsa alarma, recibía un tiempo fuera (time-out) que variaba entre 2 a 120 seg. Por un rechazo correcto, recibía un camp

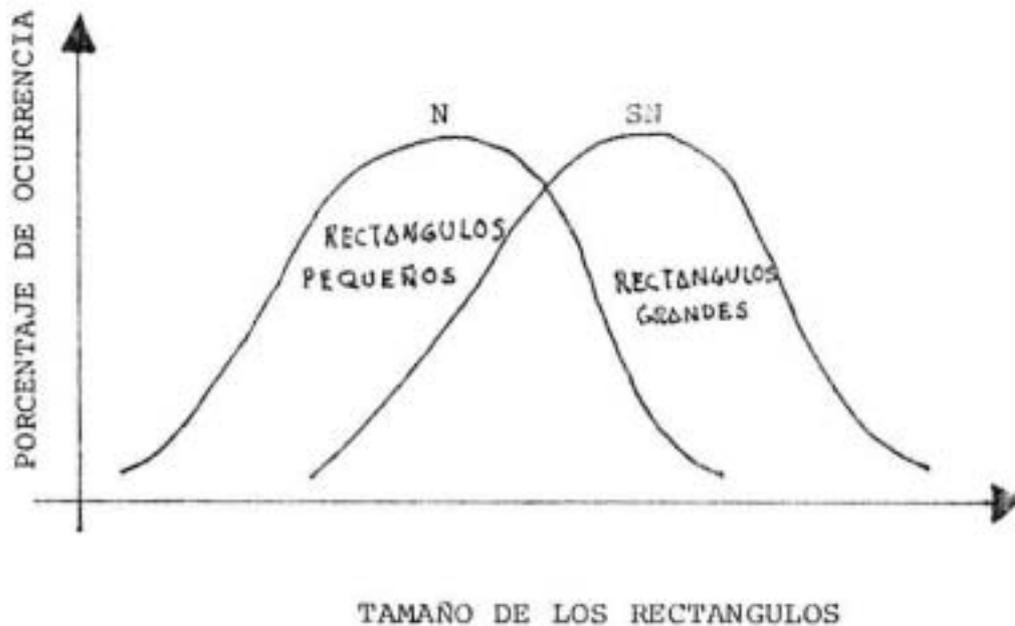
neo agradable y por un error, recibía un sonido desagradable.

El Baduino indicaba, la presencia de un rectángulo grande por la presión de una palanca, que estaba colocada en su extremo izquierdo y la presión de otra palanca, colocada en el extremo derecho, indicaba la presencia de un rectángulo pequeño.

En la siguiente matriz se muestran las condiciones y consecuencias del experimento.

	<u>N</u>	<u>SN</u>
	RECTANGULOS PEQUEÑOS	RECTANGULOS GRANDES
TECLA IZQUIERDA	<u>F A</u> Tiempo Fuera  2-120 seg.	<u>A</u> Tono  (10 tonos = 1 pellet)
TECLA DERECHA	<u>R C</u> Campaneo Agradable	<u>E</u> Sonido Desagradable

Las distribuciones quedarían como sigue:



Después de conocer el tipo de consecuencia que se tiene con cada uno de los cuatro posibles resultados, ahora se mostrará la obtención de la tasa de resultados.

En la siguiente tabla se muestra el número de formas de la suma total de los tres dados, del ejemplo que se ha venido describiendo, con los dos dados normales y uno especial, con tres caras con tres puntos cada una y las restantes en blanco.

	SUMA TOTAL DE LOS TRES DADOS	Nº DE COMBINACIONES (CARA BLANCA)	Nº. DE COMBINACIONES (CARA CON 3)
	2	1    □ □	0    □
	3	2    □ □ . □ □	0    □
	4	3    □ □ . □ □ . □ □	0    □
	5	4	1
	6	5	2
	7	6 <b>RC</b>	3 <b>E</b>
CRITERIO	8	5	4
	9	4	5
	10	3 <b>FA</b>	6 <b>A</b>
	11	2	5
	12	1	4
	13	0	3
	14	0	2
	15	<u>0</u>	<u>1</u>
TOTAL DE COMBINACIONES		36	36

(NO)



(SI)

Generalmente, los resultados se dan en forma de tasa o proporción, esta se relaciona con el número de presentaciones de las dos distribuciones, (N) y (SN).

Así se tiene por ejemplo, la tasa de aciertos está definida por la proporción o probabilidad de aciertos, dada la ocurrencia de "SN". Esto se puede representar en la siguiente forma;  $P(SI/SN)$ , así lo mismo, con los tres posibles resultados restantes. Tasa de errores, tasa de falsas alarmas, tasa de rechazos correctos.

$$\begin{aligned} \text{TASA DE ACIERTOS} &= P(SI/SN) \\ &(\text{TA}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TASA DE FALSAS ALARMAS} &= P(SI/N) \\ &(\text{TFA}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TASA DE ERRORES} &= P(NO/SN) \\ &(\text{TE}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TASA DE RECHAZOS CORRECTOS} &= P(NO/N) \\ &(\text{TRC}) \end{aligned}$$

Para el cálculo se tienen las siguientes fórmulas:

$$\text{TASA DE ACIERTOS} = \frac{A}{S N}$$

$$\text{TASA DE ERRORES} = \frac{E}{S N}$$

$$\text{TASA DE FALSAS ALARMAS} = \frac{F A}{N}$$

$$\text{TASA DE RECHASOS CORRECTOS} = \frac{R C}{N}$$

Utilizando la tabla anterior, para obtener la tasa de aciertos, se divide el número de aciertos (30) entre el número de presentaciones (36).

$$\text{TASA DE ACIERTOS} = \frac{30}{36} = 0.83$$

Igualmente sucede con el resto:

$$\text{TASA DE ERRORES} = \frac{6}{36} = 0.17$$

$$\text{TASA DE FALSAS ALARMAS} = \frac{15}{36} = 0.42$$

$$\text{TASA DE RECHAZOS CORRECTOS} = \frac{21}{36} = 0.58$$

De lo que se puede observar que;

$$\text{TA} + \text{TE} = (0.83) + (0.17) = 1 = 100 \%$$

$$\text{TFA} + \text{TRC} = (0.42) + (0.58) = 1 = 100 \%$$

Lo anterior siempre debe suceder, ya que, TA y TE es la totalidad de presentaciones de "SN" y TFA y TRC es de "N".

Cuando se intenta incrementar el número de aciertos, también se incrementa simultáneamente, el número de falsas alarmas, lo anterior, se debe al solapamiento de las dos distribuciones "N" y "SN".

Donde sea que el sujeto coloque el CRITERIO en un problema, donde se incluyan estímulos ambiguos, algunas de las

decisiones, son castigadas de alguna forma. Esto se debe a los resultados totales de la estrategia de decisión (la ubicación del criterio).

Para obtener los resultados completos de esta estrategia, es necesario colocar juntas las tasas de los resultados, las probabilidades a priori, la matriz de pago y las estrategias de decisión.

La siguiente tabla proporciona, la tasa de aciertos (TA) y las falsas alarmas para todos los posibles criterios en el juego de dados original. Considerando que se presentan cien ensayos, la mitad contiene (N) y la otra (SN). En la matriz de pago se ofrece 1 \$ por cada acierto y un cargo de 1 \$ , por cada falsa alarma.

Para calcular la ganancia neta en un criterio dado, las ganancias y pérdidas de cada resultado deben ser calculadas en forma separadas. La ganancia o pérdida están en función de la probabilidad del resultado y de su pago.

Si no existen pagos o cargos para algunos resultados estos no necesitan ser considerados, por ejemplo, para los

CRITERIO	TASA DE FALSAS ALARMAS (%) P (SI / N)	TASA DE ACIERTOS (%) P (SI / SN)
2	100	100
3	97	100
4	92	100
5	83	100
6	72	97
7	58	92
8	42	83
9	28	72
10	17	58
11	8	42
12	3	28
13	0	17
14	0	8
15	0	3

errores o rechazos correctos que son excluidos en el ejemplo descrito

La primera etapa para calcular, la ganancia o pérdida consiste en determinar la probabilidad de ese resultado. La probabilidad está compuesta de dos partes: La probabilidad a priori del estado del medio ambiente, para determinado resultado (SN para los aciertos y errores ; N para las falsas alarmas y rechazos correctos) y la probabilidad a posteriori, esto es las tasas de resultados.

Así la probabilidad de un acierto, es el producto de la tasa de aciertos y la probabilidad a priori de "SN", es decir,  $P(A) = TA * P(SN)$  , de la misma forma, para los otros resultados.

$$P(FA) = TFA * P(N)$$

$$P(E) = TE * P(SN)$$

$$P(RC) = TRC * P(N).$$

Para aclarar lo anterior , se ilustrará con un ejemplo.

Del ejemplo de los dados, se pretende calcular la pro-

babilidad de aciertos y alarmas, cuando el criterio se localiza en 6. La solución se encuentra observando la tabla que proporciona la tasa de aciertos y falsas alarmas, para todos los posibles criterios, en 6 se tiene, que la tasa de aciertos es 97 % y la de falsas alarmas es de 72 %, en caso de que los cien ensayos, 50 contenían (SN) y los restantes a A(N). Por lo tanto lo único necesario es transformar estos porcentajes a decimales y tenemos lo siguiente:

$$P(A) = TA * P(SN) = 0.48$$

$$P(ACIERTOS) = 0.97 * 0.50 = 0.48$$

$$P(FALSAS ALARMAS) = 0.72 * 0.50 = 0.36$$

$$P(FA) = TFA * P(N) = 0.36$$

Para calcular el promedio de ganancia o pérdida/ensayo para un determinado resultado, se multiplica la probabilidad del resultado por la paga de éste.

Por ejemplo:		CRITERIOS		
		8	9	10
GANANCIA/ENSAYO	ACIERTOS	\$ 0.4150	0.3600	0.2900
PERDIDA/ ENSAYO	FALSAS ALARMAS	\$ 0.2100	0.1400	0.0850

Los resultados anteriores se obtuvieron de la siguiente forma : Para el criterio de 8, se obtiene primero la probabilidad de aciertos y de falsas alarmas, esto se observa mediante la tabla, en este caso para 8, las tasas son; para los aciertos 0.83 y de falsas alarmas 0.42.

$$P(\text{ACIERTOS}) = TA * P(SN)$$

$$P(A) = 0.83 * 0.50 = 0.4150$$

esta probabilidad se multiplica por la paga para este resultado, en este caso es \$ 1. por lo tanto

$$\text{GANANCIA/ENSAYO (ACIERTOS)} = \$ 0.4150$$

Lo mismo se realiza para las falsas alarmas, como sigue;

$$P(\text{FALSAS ALARMAS}) TFA * P(N) = 0.42 * 0.50$$

$$P(FA) = 0.2100$$

$$\text{GANANCIA/ENSAYO (FALSAS ALARMAS)} = 0.2100 * 1 = 0.2100$$

Para obtener la ganancia neta o pérdida/ensayo para un determinado criterio, se debe añadir las ganancias/ensa-

yo de los aciertos y rechazos correctos, y entonces sustraer las pérdidas / ensayo de las falsas alarmas y errores. En el ejemplo descrito, no existe pago para los rechazos correctos y errores. Por lo tanto, es suficiente sustraer las pérdidas de las falsas alarmas de las ganancias de los aciertos. Del ejemplo anterior tenemos que.

La ganancia neta en 8 es:

$$\text{GANANCIA / ENSAYO (ACIERTOS)} = 0.4150$$

$$\text{GANANCIA / ENSAYO (FALSAS ALARMAS)} = 0.2100$$

---

$$0.2050 \quad (\text{RESTA})$$

Por lo tanto la ganancia neta en 8 es 0.2050

Lo mismo se realiza para 9 o cualquier criterio.

La ganancia neta más alta esta en el criterio de 9, se puede decir que es la más alta, puesto que la ganancia es menor en 8 y en 10, es decir en ambas direcciones.

Las estrategias de decisión se pueden tomar a través de varias formas. Una de ellas, es por medio de la matriz de pago. La estrategia de decisión en este caso, dependerá

de las consecuencias, para un resultado es cualitativamente o cuantitativamente más importante que los otros.

Una segunda forma, es a través de la probabilidad a priori. Si la probabilidad de uno de los estados del medio ambiente, es muy pequeña, entonces el pago para los resultados del medio ambiente puede ser ignorado.

Sin embargo, la estrategia de decisión puede también ser independiente de la matriz de pago y de la probabilidad a priori. El sujeto puede ser instruido para utilizar alguna estrategia de decisión específica.

Hasta ahora se ha visto que el observador coloca el criterio con el objeto de maximizar la ganancia neta, sin embargo existen otras reglas de decisión, algunos sujetos pueden trabajar para maximizar su ganancia sin tomar en cuenta las pérdidas.

Otra posible regla de decisión es la de minimizar las pérdidas, por ejemplo; La regla judicial que establece que es mejor dejar 100 hombres culpables libres a tener convicto uno inocente, este es por ejemplo para minimizar la pérdi-

da de falsas alarmas.

El viejo proverbio "Es mejor haber amado y perdido y perdido que nunca haber amado" es un ejemplo de la regla de decisión para minimizar las pérdidas de los errores.

En resumen, las tres variables que pueden modificar el criterio del sujeto son : 1) La Probabilidad a Priori de las presentaciones de "N" y "SN"; 2) La Matriz de Pago y 3) la Regla de Decisión utilizada.

Existe sin embargo, una cuarta variable, que puede modificar el criterio del sujeto, consiste en indicar al sujeto que coloque su criterio flexible o estricto.

La forma más común para representar gráficamente varios criterios, es por medio de la utilización de las curvas ROC ( Receiver Operating Characteristics), en las curvas ROC se muestra la relación entre la tasa de aciertos y la tasa de falsas alarmas, para todos los criterios sobre un conjunto de distribuciones (N y SN).

En la figura 9. se muestran los puntos de los criterios en 9, 8, y 6.

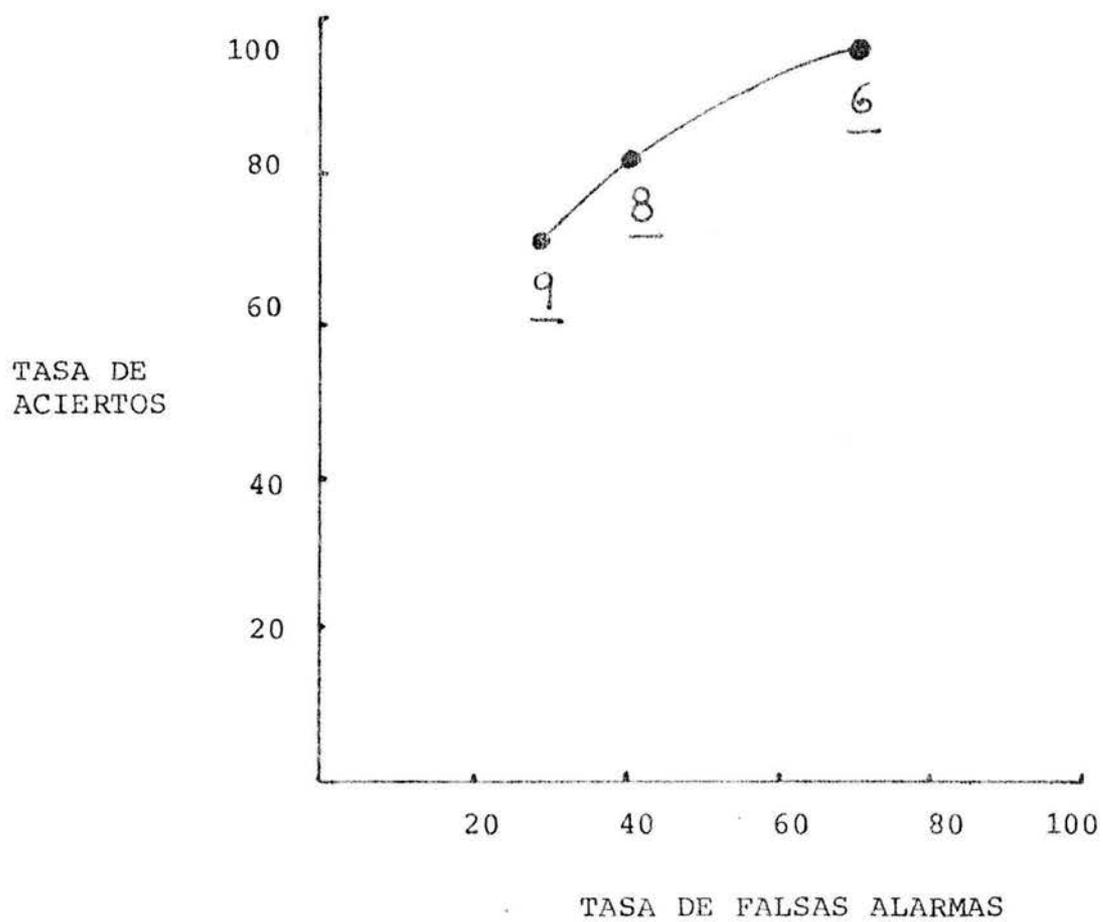


Fig. 9. Puntos que pertenecen a los tres diferentes criterios, 6, 8 y 9.



Si se gráficán todos los criterios, se obtiene que todos los puntos caen dentro de la misma curva, esta es una característica de una curva "ROC" para cualquier conjunto de distribuciones, todos los puntos de TA y TPA deben caer a lo largo de una sola curva.

### **IZT. 1000371**

Cuando se mide a lo largo de la curva, un cierto criterio se está refiriendo al sesgo de respuesta, esta es una medida que indica una tendencia a responder de una forma más que en otra.

Una tendencia a responder "SI" podría producir un sesgo de respuesta en una dirección, mientras la tendencia para responder "NO" o un criterio estricto, podría producir un sesgo de respuesta opuesto.

Un indicador de la discriminación entre las distribuciones de "N" y "SN" por parte del observador, es el que se denomina dentro de la Teoría de Detección de Señales, como la SENSIBILIDAD DEL OBSERVADOR y se representa por medio de "d'" ( d prima).

Para ilustrar a que se refiere el concepto de sensibilidad, se utilizará el juego de los dados, Ahora en lugar de utilizar el dado especial, con tres caras con tres puntos cada una y las tres restantes en blanco, se emplea un dado especial, con tres caras en blanco y las tres restantes con cinco puntos cada una. (ver figura)



La distribución del ruido (N) (establecida por los dados regulares y las caras en blanco del dado especial) permanece igual con los valores entre 2 y 12 .

La distribución "SN", cambia con respecto a la original, en la figura 10. se muestran las distribuciones.

Como se puede observar, existe menos solapamiento entre las distribuciones, que en el juego con el dado anterior. Ahora se tiene la seguridad, de que entre el 2 y el 6 pertenece a la distribución "N" y que del 13 al 17 es

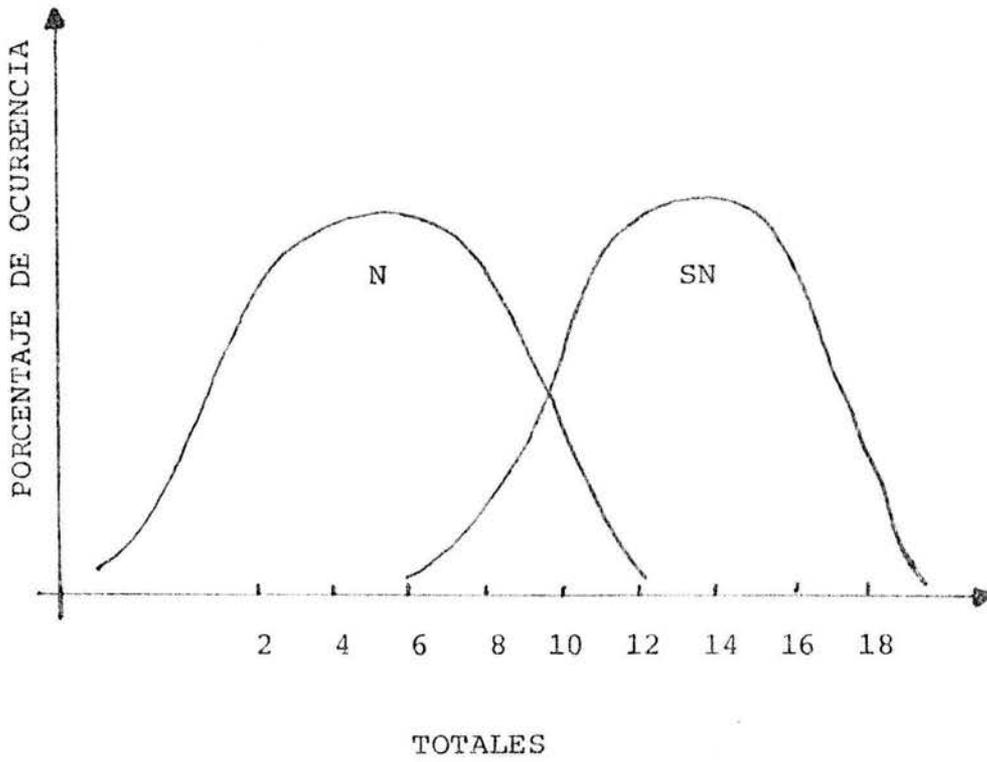


Fig. 10. Las dos distribuciones, con el nuevo dado con tres caras en blanco y las tres restantes con cinco puntos cada una.

la distribución "SN". Por lo que existe ambigüedad entre el 7 y el 12.

Una forma de referirse a la relación de la magnitud de la señal con el ruido como fondo, es en terminos de una razón señal-ruido.

Si se observa en el nuevo juego, existe una mayor razón señal-ruido, que en el original. Con el mismo ruido Los dados regulares y las tres caras en blanco, del dado especial) , una adición de cinco puntos produce una señal más fuerte, que la adición de tres puntos.

En la siguiente tabla, se muestran las tasas de aciertos y de falsas alarmas, del juego original y del nuevo.

CRITERIO	3 CARAS CON 3 PTŞ.		3 CARAS CON 5 PTS.	
	TFA (%)	TA (%)	TFA (%)	TA (%)
2	100	100	100	100
3	97	100	97	100
4	92	100	92	100
5	83	100	83	100
6	72	97	72	100
7	58	92	58	100
8	42	83	42	97
9	28	72	28	92
10	17	58	17	83
11	8	42	8	72
12	3	28	3	58
13	0	17	0	42
14	0	8	0	28
15	0	3	0	17
16	0	0	0	8
17	0	0	0	3

Como se puede observar en la tabla, que la TFA en cada criterio es la misma en ambos juegos, La TA en cada criterio siempre es mayor en el juego nuevo.

Si se grafican y comparan las curvas, que producen los dos juegos, el juego nuevo producirá una nueva curva que se acerca más a la esquina superior izquierda de la gráfica, para los mismos criterios.

En resumen, la curva superior (juego nuevo) representa una mayor sensibilidad, es decir, para cualquier TFA, la TA es más alta para el juego nuevo.

Cuando se calcula la TA y TFA, basadas en las distribuciones teóricas de frecuencias, se está describiendo la conducta de un Observador Ideal. Esta consideración del comportamiento perfecto racional sobre las bases de una comprensión completa de las probabilidades y de la perfecta percepción de la magnitud del estímulo.

Si el observador, en el juego de dados, piensa que el total fue siete, cuando en realidad fue once. La conducta de responder "SI" o "NO" podría ser afectada. Así sí se presenta, el juego de los dados, a un observador real, y no

se le olvidan las respuestas, a través, de muchos ensayos se podría encontrar que la conducta del observador real sería similar a la del Observador Ideal, Entonces se podrían graficar una curva "ROC" y compararla con la del observador ideal, se notaría que la curva "ROC" del observador real, podría estar más alejada de la esquina superior izquierda de la gráfica. Esto representa una menor sensibilidad. La conducta del observador ideal podría representar la sensibilidad máxima posible, para las distribuciones.

Los cambios de sensibilidad son indicados por puntos a lo largo de curvas diferentes, y los cambios de criterio están indicados por puntos, que caen a lo largo de la misma curva.

Existen dos formas para cuantificar la sensibilidad, una es a partir de las distribuciones y la otra por medio de las curvas "ROC. Si se observa que la media de la distribución "SN" ( $\mu_{SN}$ ) menos la media de la distribución "N" ( $\mu_N$ ) es mayor para una razón señal-ruido más grande, como es en el caso del juego nuevo, si se divide esta diferencia ( $\mu_{SN} - \mu_N$ ) para cada conjunto de distribuciones, por la desviación estándar de la distribución "N" se obtendrá la

medida de sensibilidad denominada  $\underline{d}' = \frac{\mu_{SN} - \mu_{N}}{\sigma_N}$

En las curvas ROC, la sensibilidad ( $d'$ ) representa el área entre la curva ROC y la línea diagonal. La diagonal (probabilidad) parte del punto donde TA y TFA son virtualmente cero y finaliza donde ambas tasas son 100 % (nota: El cero y el 100, sobre una gráfica de detección de señales no son usados, porque son artificios de procedimiento, más que información verdadera). En cualquier punto sobre la diagonal, TA y TFA son iguales.

Para obtener  $\underline{d}'$ , por medio del área bajo la curva en una curva ROC, se han desarrollado tablas de sensibilidad correspondientes, a cualquier conjunto de tasas de aciertos y falsas alarmas.

Swets (1964) incluye una tabla en el apéndice de su libro "Signal Detection and Recognition by Human Observers"

Existe otra tabla, realizada por Hochhaus (1972) proporciona también los índices de sensibilidad, y únicamente

requiere un poco de Aritmética.

Para calcular  $d'$  , primero se encuentran los valores de la columna A , la cual corresponde a las tasas de aciertos y falsas alarmas. Si la TA o TFA es menor que 0.50, se calcula el recíproco (restando de uno) posteriormente se busca su valor en la columna A y entonces se le asigna, un valor de signo negativo. Después de que se tienen los valores de la columna A , se resta los valores TFA de TA.

$$A(TA) - A(TFA) = d'$$

En la tabla, además aparece la columna B que proporciona el índice del Sesgo de Respuesta, para cualquier tasa de aciertos y de falsas alarmas.

El sesgo de respuesta, es otra forma de hablar, acerca del criterio establecido por el observador.

El índice del criterio de respuesta establecido por un punto en una curva ROC se denomina  $\beta$  (Beta).  $\beta$  es una medición sobre una escala construida con valores de 1.00 para el punto donde no existe el sesgo (criterio), para valores menores que 1.00 dirigiendo, el criterio para responder "SI" (criterio flexible). Y para valores de 1.001 y

mayores, se refiere, a que el criterio de respuestas está dirigido para responder "NO" (criterio estricto).

Para determinar  $\beta$ , el primer paso es localizar el valor en la columna  $B$ , de la tasa de aciertos correspondiente  $Y$  entonces dividirlo por el valor de la columna  $B$  correspondiente a la tasa de falsas alarmas.

$$\beta = B(TA) - B(TFA)$$

Hasta ahora se ha revisado, el procedimiento conocido como "SI" y "NO", es decir, al sujeto, se le pide que responda, afirmativamente o negativamente, si percibe la presencia o ausencia de un estímulo determinado, denominado, señal.

Este es el procedimiento que más se emplea dentro de la Psicofísica. Dentro de la Psicofísica también existe otro procedimiento llamado métodos de rangos, este método permite obtener varios puntos de  $\beta$  en una sesión experimental. En este método, al observador se le indica, que jerarquice un evento sensorial, en términos de un nivel de confianza, acerca de la presencia o ausencia de la señal en lugar de la respuesta simple de "SI" y "NO".

Las escalas utilizadas, para jerarquizar son de varios tipos, las más comunes, son las que utilizan porcentajes, los cuáles representan el grado, con el cuál el observador expresa su certeza (por ejemplo; 0-20 %, 21 -40, 41 -60, 61 - 80, 81 - 100 % ). Otro tipo de escala es el que se utiliza, un sistema numérico simple (por ejemplo; del 1 al 6) donde el 1, indica incertidumbre y el 6 muy seguro.

La característica que identifica este método, es que al observador se le permite dar una respuesta, la cual es seleccionada de un grupo de respuestas alternativas y estas manifiestan la certeza del observador en la decisión que realiza. Cada nivel de certeza representa un criterio diferente. Por ejemplo en una escala de seis puntos.

- 6 - SI - Muy seguro
- 5 - SI - seguro
- 4 - Si - No seguro
- 3 - NO - No seguro
- 2 - NO - seguro
- 1 - NO - Muy seguro

Cada una de estas respuestas se pueden hacer, en presencia de SN o N. Para ilustrar este método seguiremos el ejemplo

plo. En la siguiente tabla se proporcionan las distribuciones de respuestas de un observador, para el juego de dados en donde el dado especial tiene tres caras en blanco y las restantes con tres puntos cada una.

RESPUESTAS	BLANCO (N)	TRES PUNTOS (SN)
6-sí-muy seguro	0	17
5-sí- seguro	17	41
4-sí-no seguro	11	14
3-no-no seguro	30	20
2-no- seguro	25	8
1-no-muy seguro	17	0
TOTAL	<u>100</u>	<u>100</u>

Para obtener la tasa de aciertos y de falsas alarmas y gráficas como 3 en una curva ROC, se tienen que agrupar todas las respuestas de un nivel de seguridad mayor. Para encontrar el número de aciertos en el rango 4 del ejemplo, se incluyen los aciertos del rango 5 y 6. por lo que se toman en cuenta la frecuencia de cada rango y se forma la frecuencia acumulada, iniciando en el criterio estricto (nota: esto proporciona las tasas de aciertos y de falsas alarmas, menores y por lo tanto, el punto inferior en la

curva ROC).

	<u>N</u>	<u>SN</u>
6	0	17
5+6	17	58
4+5+6	28	72
3+4+5+6	58	92
2+3+4+5+6	83	100
1+2+3+4+5+6	100	100

Ahora se convierte, la frecuencia acumulada en frecuencia relativa o probabilidad.

<u>RANGO</u>	<u>TFA</u>	<u>TA</u>
6	0	0.17
5	0.17	0.58
4	0.28	0.72
3	0.58	0.92
2	0.83	1.00
1	1.00	1.00

La curva ROC se muestra en la figura 11-con los diferentes rangos acumulados.

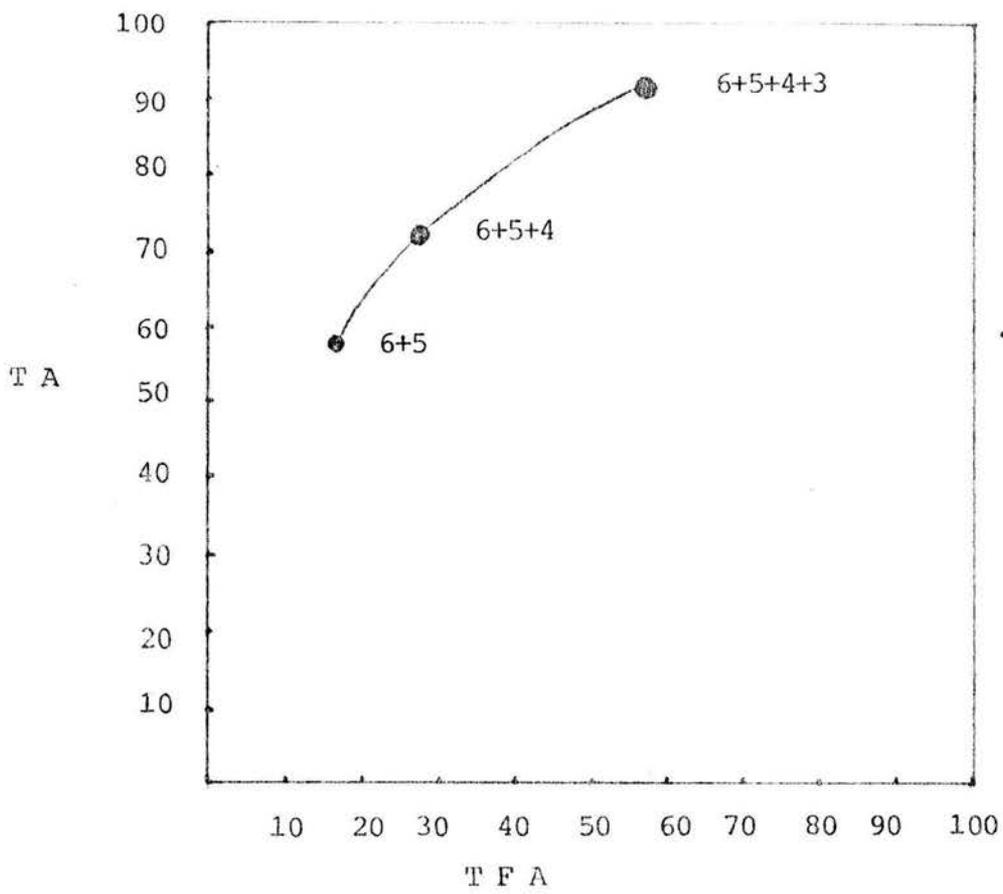


Fig. 11. Muestra la curva ROC con diferentes rangos acumulados.

Los puntos en la gráfica son equivalentes a cada criterio 3.

6 + 5	---	criterio en	<u>10</u>
6 + 5 + 4	---	" "	<u>9</u>
6 + 5 + 4 + 3-		" "	<u>7</u>

Como se puede notar no existe diferencia entre las curvas ROC producidas, por la modificación de la matriz de pago y la producida por el método de rangos.

Generalmente, el método de rangos, se emplea en experimentos con sujetos humanos, sin embargo, Blough(1967) lo utilizó con animales (ratas).

La utilización del método por rangos, ha sido hecha por Mauldin, Layng y Karp (1979) en un experimento, el cual intentaba determinar la sensibilidad de las mujeres hacia los mensajes sexuales no-verbales (o el lenguaje sexual del cuerpo). emitidos por los hombres. Los mensajes no-verbales fueron definidos por un texto, indicando los gestos a utilizar, por ejemplo, " puchero, mientras se acaricia la barba, con las piernas cruzadas en los tobillos ".

El mensajero era instruido, para enviar el mensaje, a veces con intento sexual y otras con intensidad neutral. A las observadoras se les presentaron 150 gestos en cada sesión, y se les pedía que jerarquizaran los mensajes, por el intento sexual, las sesiones finalizaron cuando el índice de sensibilidad ( $d'$ ) alcanzaba un estado estable.

Las tres condiciones del experimento fueron: 1) Línea base, en esta fase se presentaban periodos de ruido blanco en forma aleatoria; 2) El ruido blanco se presentaba contingente a las falsas alarmas y 3) El ruido blanco se presentaba contingente a los errores.

Los periodos de ruido blanco, eran de un sonido desagradable y en las condiciones 2 y 3 a los observadores se les indicaba que el ruido blanco significaba error.

La escala utilizada fue:

- 6-SI-Muy Seguro
- 5-SI- Seguro
- 4-SI-No Seguro
- 3-NO-No Seguro
- 2-NO- Seguro
- 1-NO-Muy Seguro

En el experimento las distribuciones fueron:

- N ----- Mensaje NO - Verbal Neutral
- SN ----- Mensaje NO - Verbal Sexual.

Las matrices de pago para las condiciones 2 y 3 se muestran a continuación:

CONDICION 2.

Estado del Medio Ambiente

		NEUTRAL	SEXUAL
Respuesta	SI	Falsa Alarma Ruido Blanco	Aciertos
	NO	Rechazo Correc <u>to</u> .	Error

CONDICION 3.

		Estado del medio ambiente	
		NEUTRAL	SEXUAL
Respuesta	SI	Falsa Alarma	Acierto
	NO	Rechazo Correcto	Error Ruido Blanco

Los efectos probables del experimento serían:

En la línea base, el sesgo de respuesta de entrada, podría prevalecer (probablemente basado en la historia del observador).

En la condición 2, se podría esperar un criterio estricto, es decir, la observadora, tendería a responder "NO" , lo cual traería como consecuencia, un bajo número de aciertos y de falsas alarmas.

Y por último en la condición 3, se podría producir un criterio flexible, es decir, una tendencia a responder "SI" lo que ocasionaría un alto número de aciertos y de falsas alarmas.

En este experimento, para la construcción de la curva ROC, es necesario obtener las tasas de aciertos y de falsas alarmas. Para realizarlo se siguen los siguientes pasos.

En primer lugar se cuentan el número de respuestas en cada rango, en la presentación de N y SN. En el ejemplo se tienen las siguientes:

RANGO	<u>N</u>	<u>SN</u>
6	4	29
5	6	14
4	7	3
3	13	2
2	8	2
1	12	0
	<hr/>	<hr/>
	50	50

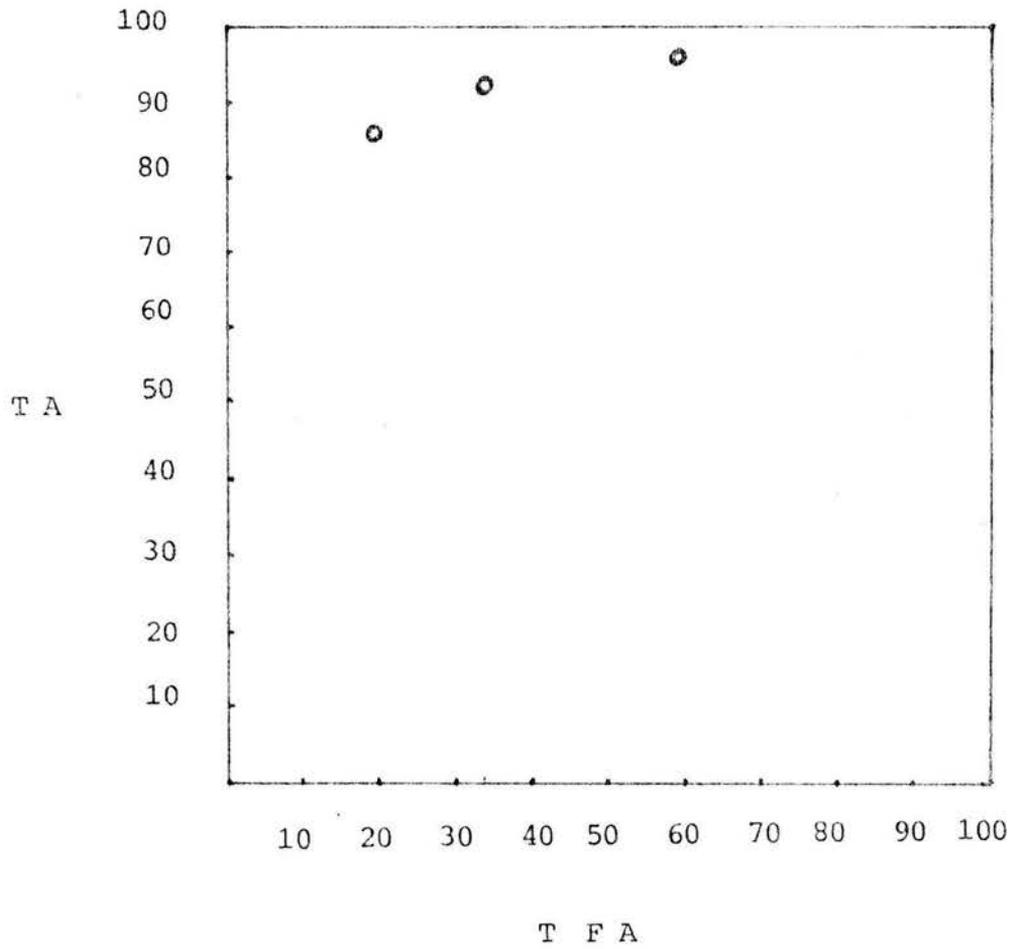
Ahora se convierten a frecuencias acumuladas.

RANGO	<u>N</u>	<u>SN</u>
6	4	29
5	10	43
4	17	46
3	30	48
2	38	50
1	50	50
TOTAL	<hr/> 50	<hr/> 50

El tercer paso es transformar estas frecuencias en frecuencias relativas.

RANGO	<u>N</u>	<u>SN</u>
6	0.08	0.58
5	0.20	0.86
4	0.34	0.92
3	0.60	0.96
2	0.76	1.00
1	1.00	1.00

El siguiente paso es gráficar la curva ROC.



La sesión finaliza, cuando el problema es tratado como un procedimiento "SI-NO". Cuando se suman las respuestas "SI" (rango 6,5 y 4) con las N presentaciones se obtienen 17 (4+6+7=17) y con las presentaciones de SN es 46 . porque 29+14+3=46. Si dividimos cada uno por las cincuenta presentaciones, tenemos que la tasa de falsas alarmas es 0.34 y la tasa de aciertos es 0.92 .

Para obtener d' y β se utilizan las tablas de Hochhaus y se tiene lo siguiente:

$$\underline{d'} = 1.4050 - ( - 0.4124 ) = 1.8174$$

$$\underline{d'} = 1.82$$

$$\text{para } \underline{\beta} = \frac{0.14866}{0.36641} = 0.406$$

La tabla d' esta basada en consideraciones, sobre la normalidad de las distribuciones del ruido y del ruido más señal. sin embargo en la mayoría de las condiciones reales no existen razones para considerar esta suposición como verdadera.

TABLA DE HOCHHAUS

HR or FAR	A	B	HR or FAR	A	B
.50	.0000	.39894	.75	.6744	.31777
.51	.0250	.39881	.76	.7063	.31087
.52	.0501	.39844	.77	.7388	.30364
.53	.0752	.39781	.78	.7721	.29609
.54	.1004	.39693	.79	.8064	.28820
.55	.1256	.39580	.80	.8416	.27996
.56	.1509	.39442	.81	.8779	.27136
.57	.1763	.39278	.82	.9153	.26240
.58	.2018	.39089	.83	.9541	.25305
.59	.2275	.38874	.84	.9944	.24331
.60	.2533	.38634	.85	1.0364	.23315
.61	.2793	.38367	.86	1.0803	.22257
.62	.3054	.38075	.87	1.1263	.21154
.63	.3318	.37756	.88	1.1749	.20004
.64	.3584	.37411	.89	1.2265	.18803
.65	.3853	.37039	.90	1.2815	.17549
.66	.4124	.36641	.91	1.3407	.16239
.67	.4399	.36214	.92	1.4050	.14866
.68	.4677	.35761	.93	1.4757	.13426
.69	.4958	.35279	.94	1.5547	.11912
.70	.5244	.34769	.95	1.6448	.10313
.71	.5533	.34230	.96	1.7506	.08617
.72	.5828	.33662	.97	1.8807	.06804
.73	.6128	.33064	.98	2.0537	.04841
.74	.6433	.32436	.99	2.3263	.02665

Dentro del análisis de detección de señales existe un procedimiento para la comprobación, de las suposiciones de la distribución normal y la igualdad de varianzas.

La primera etapa de este procedimiento, consiste en normalizar la curva ROC, esto significa, que la curva ROC es gráfícada sobre papel gráfíco de probabilidad, puesto que las distancias entre las líneas del papel probabilidad no son iguales, sino determinadas por una distribución normal, si esta es verdadera, la curva ROC se transforma en una línea recta.

En lo que se refiere , a la igualdad de las varianzas en la curva normalizada en el papel probabilidad, esta existirá, si la pendiente, es igual a uno (1), por lo tanto N y SN , tienen iguales varianzas.

Sin embargo, si las condiciones de distribución normal de SN y N , y la igualdad de varianzas, no se cumple. Existen dentro del análisis de Detección de Señales, un gran número de técnicas, utilizadas para medir la sensibilidad y el criterio de respuesta, las cuales no dependen , de los supuestos de normalidad, como algunos autores han mencionado. Green y

Swets (1966); Grier (1971) y Hodes (1970).

Una medida de sensibilidad, la cual utiliza únicamente el supuesto de la normalidad, pero no el de la igualdad de varianzas, hace uso de las tablas que utilizan para  $d'$ ; esta medición se denomina  $de'$ . Para obtener su cálculo, se gráfica una curva ROC normalizada. La línea de mejor ajuste se analiza para determinar donde interseca, la diagonal negativa. La tasa de aciertos y de falsas alarmas son determinadas, en el punto de intersección y en seguida se utiliza el mismo procedimiento "SI-NO" para calcular  $de'$ .

Por otro lado, si no se consideran, que se cumplen las dos suposiciones, la normalidad y la igualdad de varianzas. Grier (1971) ha determinado fórmulas para obtener una medición de sensibilidad, denominada  $A'$  y la medición del criterio de respuesta se le denomina  $\beta''$ .

Y se pueden calcular con las siguientes fórmulas:

$$A' = \frac{1}{2} + \frac{(y - x)(1 + y - x)}{(4y)(1 - x)}$$

$$\beta'' = \frac{y(1-y) - x(1-x)}{y(1-y) + x(1-x)}$$

Donde  $\underline{y}$  = la tasa de aciertos y

$\underline{x}$  = la tasa de falsas alarmas.

## CAPITULO II

### LA TEORIA DE DETECCION DE SEÑALES Y LA CONDUCTA OPERANTE

El interés que demuestran los psicólogos, en el marco de la Conducta Operante, por los métodos analíticos surgidos de la Teoría de Detección de Señales, se ha incrementado en los últimos años, observandose estos, en cada vez un mayor número de investigaciones, publicadas en revistas especializadas como el JEAB.

Algunos investigadores dentro del marco operante, han indicado la existencia de algunas similitudes, entre la investigación en Conducta Operante y la teoría de detección de señales, entre ellos se encuentra principalmente Nevin (1969).

Otro autor de gran importancia por la continua utilización de los métodos surgidos de la Teoría de Detección de Señales, principalmente en Clínica, es Israel Goldiamond (1962) quién señala varias similitudes.

La primera es, que ambas, la Detección de Señales y la Conducta Operante, enfatizan en un control riguroso del medio ambiente, el cuál se puede alcanzar, mediante la utilización de equipos automáticos, en la programación de los estímulos y en el registro de las respuestas.

La segunda, se refiere al número de sujetos que se utilizan en las investigaciones, y que en ambas, son pocos los sujetos estudiados, durante un gran número de sesiones,

La tercera, se observa en la terminología utilizada en el laboratorio, pues ambas, tienen dentro de sus repertorios, términos como, estado estable, metodología de un solo sujeto ( N=1 ).

La cuarta, quizás la más importante, es que la característica principal de la Teoría de Detección de Señales, en la que hace contacto con la Conducta operante, es en lo que se refiere, a la utilización de la Retroalimentación, es decir, se indican a los sujetos experimentales, el tipo de consecuencias que tendrán, las diferentes respuestas ante los estímulos. Cosa que no sucede con la investigación Psicofísica Clásica.

La retroalimentación consiste en dos tipos de consecuencias, un estímulo reforzador y el castigo. Dependiendo de las respuestas del sujeto, la primera para una respuesta correcta y la segunda para una incorrecta.

Una quinta similitud se encuentra en la metodología empleada, el experimento básico utilizado en la Teoría de Detección de Señales, es el experimento denominado "SI-NO" en inglés se le conoce como "YES-NO", este procedimiento se identifica con un programa múltiple, el cuál está clasificado como un programa complejo, y está definido, como aquel programa que está constituido por dos o más programas simples y cada programa está acompañado por un estímulo discriminativo diferente, el cual esta presente tanto tiempo como el programa esta operando, y en donde se programa un estímulo reforzador para cada programa, éstos se pueden presentar en forma alternada o azarosa.

El experimento "SI-NO" de la Teoría de Detección de Señales, incluye dos clases de estímulos; 1) La señal superpuesta al ruido y 2) el ruido únicamente. Y dos clases de respuestas; "SI" (La señal está presente), y 2) "NO" (La señal esta ausente).

Existiendo cuatro eventos posibles, como ya se ha visto en el capítulo anterior, los aciertos y rechazos correctos tienen como consecuencia, estímulos reforzadores, y por otro lado, las falsas alarmas y los errores tienen como consecuencia el castigo.

En terminos del programa múltiple, en presencia de la señal el reforzamiento positivo para una respuesta "SI" es programada concurrentemente con el castigo para la respuesta alternativa "NO".

Tres son las variables principales que intervienen, en un experimento "SI-NO". La primera es la probabilidad a priori de la señal, la cual determina la frecuencia relativa de exposición a las contingencias; La segunda es la cantidad de reforzador o castigo, el cual puede programarse independientemente para cada contingencia; y la tercera se refiere a la regla de decisión utilizada por el sujeto.

En el contexto de la conducta operante se encuentra la mayor diferencia entre la psicofísica Clásica y la Teoría de Detección de Señales, en terminos de las consideraciones acerca de la naturaleza del Control de Estímulos.

La teoría clásica considera las respuestas de detección están bajo el control de los estímulos, en la mayoría de los ensayos, sin embargo, la Teoría de Detección de Señales, toma en consideración, que el control de estímulos de las respuestas es compartido con otras variables.

Las variables que afectan el criterio de respuesta del sujeto, son tres principalmente como ya se ha mencionado anteriormente y son : 1) La probabilidad a priori de la presención de la señal; 2) las consecuencias de cada respuesta y 3) la regla de decisión.

Las tres variables, han sido manipuladas en experimentos con sujetos humanos, comprobando que alteran, el criterio de respuesta del observador. En los experimentos se varía la probabilidad de presentación de la señal y modificando el criterio de respuesta se afecta la probabilidad de respuesta de detección, concluyendo lo anterior, es posible la predicción del comportamiento del observador.

Dentro de la metodología que se emplea en la Teoría de Detección de Señales, se ha trabajado con sujetos infrahumanos, en el marco de la Conducta Operante, manipulando las

variables; fuerza de la señal, probabilidad de la señal y las contingencias de reforzamiento. Estas variables son fácilmente manipulables, en experimentos de discriminación, utilizando animales como sujetos experimentales, y además se pueden realizar experimentos con miles de respuestas, lo que permite la utilización del análisis por medio de la Teoría de Detección de Señales.

El objetivo de lo anterior ha servido para clarificar los procesos sensoriales y además para conocer mejor, las interacciones de las variables que controlan la conducta.

En los trabajos con sujetos humanos, estos son considerados que tienen información, acerca de la distribución de los eventos de entrada y los cuales intentaran tomar decisiones racionales, con el objeto de alcanzar , el mayor número de respuestas correctas.

Trabajando con animales como sujetos se puede obtener información comparable a la que se obtiene con sujetos humanos, como por ejemplo en el estudio realizado por Boneau y Cole( 1967) los cuales demostraron que si el sujeto ajusta sus respuestas para obtener más cantidad de comida, por me-

nos trabajo, su contacto con las contingencias de reforzamiento, pueden proveer información comparable a la disponible para el sujeto humano completamente informado.

La Teoría de detección de Señales considera que los ensayos, son estadísticamente homogéneos, esta consideración es rara vez mencionada en estudios con humanos, pero en los estudios con animales, debe ser considerado con cuidado, donde en ocasiones, algunos lapsos de atención parecen inevitables.

Como a los animales no se les puede proporcionar instrucciones, como serían las reglas de la tarea y para la adopción de un criterio estricto o flexible, en su lugar las instrucciones son transmitidas, a través de las dependencias y contingencias de reforzamiento, las cuáles son también determinantes del criterio de respuesta del sujeto.

Si el experimento que se realiza, es para evaluar la capacidad sensorial, los datos y el procedimiento deben ser dirigidos para compensar, los efectos del sesgo de respuesta (Bias-Response). Si por otro lado, el interés radica en el criterio, el experimento y el análisis de datos debe compen

sar los efectos producidos, debido a la facilidad o dificultad de la discriminación y los cambios en la misma durante el curso del experimento (Wright & Nevin, 1974).

En los estudios recientes con animales, en los cuales se ha empleado el análisis de detección de Señales, pocos de estos han utilizado el análisis como una ayuda en la determinación de las funciones sensoriales.

Wright (1972) realizó un estudio, sobre la discriminación de longitudes de onda, con pichones, en el cual un picotazo en una tecla, si las dos longitudes de onda, una de muestra y la otra de comparación, eran las mismas y en la otra tecla si eran diferentes, con el objeto de encontrar el cambio de criterio, que es necesario para generar las curvas ROC. Wright (1972) vario la probabilidad relativa de reforzamiento para las respuestas a las dos teclas.

Posteriormente Wright (1974) utilizó los resultados anteriores para desarrollar un modelo de discriminación, que integra la teoría de detección de señales con el punto de la función Psicométrica Clásica. Argumentando que cuando la discriminación es medida bajo condiciones de igualdad de

cráterios, la función Psicométrica es una línea recta, si es gráfícada con  $d'$  como una función de la diferencia de estímulos.

Estudios llevados a cabo por Clopton (1972) y Elsemore (1972) ejemplifican la manipulación del criterio a través de los cambios de probabilidad de la presentación de la señal, más que de la probabilidad de reforzamiento.

Los monos de Clopton (1972) discriminaban incrementos en la intensidad del ruido. Los de Elsemore, fueron entrenados a presionar una palanca para los estímulos de larga duración y otra palanca para duraciones más pequeñas.

Elsemore, obtuvo un cambio de criterio hacía las dos palancas, también analizó la interacción entre la probabilidad de reforzamiento, sobre las dos palancas. Demostrando que el criterio óptimo de respuesta, que maximiza la probabilidad de reforzamiento, bajo estas circunstancias, está muy de cerca al criterio actual que él observó.

En la obtención de los datos para la construcción de las curvas ROC, a través de la manipulación experimental del criterio del sujeto, se requiere gran cantidad de ensa-

vos, en cada uno de los valores de la variable de criterio.

En Psicofísica humana, el método que produce estas curvas más rápidamente es el Método por Rangos (Rating Method). Este método considera que el sujeto tiene varios criterios al mismo tiempo, cada uno controlando una respuesta que indica un grado de certeza, acerca de la señal. Así por ejemplo si la señal no es lo suficientemente fuerte para hacer que el sujeto responda "SI", esta muy seguro de que la señal estuvo presente, o aun, si la señal estuvo presente puede todavía hacerle responder, si una señal pudo haber estado presente. Cada uno de estos grados de certeza, o rango representa el efecto de un criterio diferente y genera un punto sobre la curva ROC para una señal con determinada fuerza.

Este método por rangos fue aplicado por Blough (1967) considerando a la tasa de picoteo de los pichones como un índice que refleja su rango de un estímulo. El estudio, utilizó estímulos sobre un continuo de longitud de onda, el conjunto de estímulos incluían un solo valor  $S^+$ , las presentaciones las cuales fueron entremezcladas, con gran número de presentaciones de  $S^-$ , si la tasa de respuestas era muy baja, al pichon se le consideraba que estaba bastante

seguro, de que el estímulo que refuerza no esta presente, mientras si la tasa de respuestas es muy alta, el pichon esta seguro de que el estímulo que refuerza estuvo presente.

Una sola curva ROC corresponde a un estímulo particular (señal) que difiere del  $\underline{S}^+$  (ruido). Cada punto a lo largo de una curva, está basada en la proporción de ensayos que proporcionan una tasa de respuestas al  $\underline{S}^+$  o al estímulo en cuestión.

Yager y Duncan (1971) trabajando con animales, han utilizado la latencia de las respuestas como una medida de rango.

Dentro del contexto de la investigación de condicionamiento, en las tareas de discriminación de varios tipos de interacción o confusión del reforzamiento y la sensibilidad ha sido la mayoría de las veces descuidada.

Boneau, Holland y Baker (1965) & Nevin (1965) en Hirsch (1979) encontraron que la probabilidad de una respuesta a un estímulo dado, era en algún grado una función de si o no respondia a diferentes estímulos en un ensayo

inmediato precedente, habiendo resultado con refuerzo. Boneau y col. (1965) lo explican en términos de criterio de respuesta, considerando que tal criterio existe.

La investigación sobre generalización de estímulo ha estado de acuerdo con Thurstone, en lo que se refiere a la descripción de la distribución Gaussiana de la dispersión discriminial, aunada con la principal ventaja, que es, la que el análisis por medio de detección de señales permite la evaluación por un lado, y por el otro, el del criterio de respuesta, se ha encontrado que la sumación algébrica de las probabilidades de respuesta, cuando los dos estímulos son presentados juntos.

Por ejemplo, Blough (1969) presenta datos obtenidos de dos pichones, en un experimento diseñado para estudiar este problema.

En este estudio, los pichones fueron entrenados a responder a tres frecuencias distintas de luz (570,582 y 590 nanómetros).

La probabilidad de respuesta se obtuvo de la tasa de respuesta de cada uno de los tres estímulos y otras longitudes de onda en dos incrementos de 560 a 600 nanómetros.

Hubo dos tipos de pruebas. 1) La primera, a los pichones se les presentaba una secuencia de estímulos, la cuál incluía únicamente un  $\underline{S}^+$ , y 2) La segunda prueba, incluía dos estímulos  $\underline{S}^+$  en la secuencia.

El entrenamiento de los sujetos, había incluido un procedimiento de señalización por el cuál los pichones se les hacía del conocimiento de cuál de los tres  $\underline{S}^+$  estaría presente en la siguiente sesión. Las sesiones con doble  $\underline{S}^+$  fueron también señaladas. Los gradientes de respuesta para un solo  $\underline{S}^+$  fueron sumados en pares y comparados con los gradientes correspondientes de doble  $\underline{S}^+$ .

En las separaciones amplias del  $\underline{S}^+$  las tasas de respuestas observadas son muy altas, por una cantidad considerable que las predichas; en separaciones ligeras, las tasas son menores que las predichas. Como Blough señala, las formulaciones previas de tasas dobles para  $\underline{S}^+$  siendo una suma algébrica de una tasa para un  $\underline{S}^+$  (Carterette, 1961) Laberge & Martin (1964), como el resultado de ninguna inter

acción o sumación exponencial (Hull, 1943).

Los resultados de Blough (1969) no son consistentes con algunas de las predicciones anteriores. Sin embargo? existen otras dos formulaciones cuyas predicciones no han sido adecuadamente evaluadas. La primera indica que una relación multiplicativa exponencial, representada como:

$$P(R) = \frac{[1 - P(R)]^x [1 - P(R)]^x}{y}$$

Donde  $P(R)$  es la probabilidad de respuesta, en una situación de doble  $S^+$ ;  $P(R)$  y  $P(R)$  son las probabilidades de respuesta de los dos estímulos  $S^+$ , en una situación de un solo estímulo  $S^+$ , y  $x$  y  $y$  son parámetros de valor aún indeterminado. El análisis visual de las gráficas muestran los datos de Blough, se puede observar, que si  $x$  y  $y$  son iguales a (2.0) la forma de la curva predicha, se aproxima a la curva obtenida por el estudio de Blough.

Es importante observar, para el presente contexto, el hecho de que un cambio de criterio de respuesta podría contar también para las tasas de respuesta observadas de doble

S<sup>+</sup> ( un cambio, a un criterio menos estricto).

El análisis de detección de señales de gradientes de respuesta, no esta limitada a situaciones de ensayos discretos como puede parecer inicialmente el caso.

Las tasas de respuesta pueden, ser transformadas a probabilidad de respuesta, mediante el uso de una escala de rangos (Sliding rate scale). Este método es descrito por Blough (1967).

La Teoría de Detección de Señales ha sido utilizada para relacionar cuantitativamente dos áreas de Psicología interesadas, para estudiar los programas concurrentes (Mc Carthy & Michael Davison, 1979).

Baum (1974) demostró, como la ley de igualación puede ser usada para describir la conducta, en un experimento típico de detección de señales. La forma logarítmica de esta ley es:

$$\text{Log } \frac{P_1}{P_2} = a \text{ Log } \frac{R_1}{R_2} + \text{Log } C$$

Donde  $P$  y  $P$  son el número de respuestas emitidas y  $R$  y  $R$ , son el número de reforzadores obtenidas en cada una de las teclas. El parámetro  $\log C$  describe una constante de sesgo que el animal puede emitir sobre una respuesta y  $(a)$  es la sensibilidad de la razón de selección al cambio en razón del reforzamiento.

El valor usual de  $(a)$  para programas concurrentes de intervalo variable, está entre 0.8 y 1.0 .

Mc Carthy & Davison (1979) realizaron un estudio para verificar experimentalmente la aproximación de la igualdad hacia la ejecución de la detección.

Este experimento constó de tres procedimientos, en los cuales se media la detección. El primero fue un diseño estándar de detección de señales, en el cual la probabilidad de  $S_1$  fue variable y el número de reforzamientos obtenidos para las respuestas a  $S_1$  correctas, permitía que covariara. En el segundo procedimiento, la probabilidad de  $S_1$  , fue de nuevo variable, pero la distribución de reforzamiento entre las dos selecciones se conserva igual y por último en el tercer procedimiento, la probabilidad de  $S_1$  , se mantenía constante, mientras la distribución de reforzamientos fue variable, entre las dos selecciones.

Los datos obtenidos apoyan la aproximación de la ley de igualación hacia la ejecución de la detección de señal. Los hallazgos sugieren que los sesgadores adecuados para obtener curvas isosensitivas, son bien conocidos de los estudios de los programas concurrentes, pero que la probabilidad de presentación de la señal, por sí misma (per-si) no es una variable efectiva. Por último, el análisis de los datos, sugieren que la sensibilidad del cambio de conducta a variaciones de estos sesgadores puede ser una función del grado de discriminación entre los dos estímulos discriminativos.

Posteriormente los mismos autores, Davison & Mc Carthy (1980), diseñaron un experimento para investigar la aplicación del modelo de reforzamiento para errores en un procedimiento parecido al método de detección de señales, en el cual seis pichones fueron entrenados, se les pedía que picaran la tecla izquierda cuando una luz blanca, estaba presente por 5 seg. y la tecla derecha, cuando estaba presente por 10 seg.

Las respuestas correctas fueron seguidas por reforzamiento con una probabilidad de (0.7). Las respuestas inco-

rectas, fueron seguidas por el retiro de la iluminación de la caja. Posteriormente los errores fueron seguidos por comida como reforzador, con la probabilidad que se incrementaba mientras la probabilidad para las respuestas correctas se mantenía constante.

Los resultados mostraron que el porcentaje de respuestas correctas disminuía, mientras la probabilidad de reforzamiento de los errores se incrementaba. Un modelo de igualación de la ejecución de detección de detección, en el cuál la discriminación es una función de unión de la discriminación de estímulos y la asociación estímulo-reforzamiento, proveen un ajuste convincente de los datos ya publicados.

Otro aspecto dentro de la Conducta Operante que se ha estudiado, es el de discriminación de la densidad de reforzamiento, Commons (1979) examinó las propiedades discriminativas de los programas de reforzamiento probabilísticos, en un procedimiento de selección.

En el experimento se sobrelapaban dos programas de reforzamiento probabilístico, uno rico en reforzamiento y el otro pobre.



U.N.A.M. CAMPUS  
IZTACALA

-79-

En términos de la Teoría de Detección de Señales, la detección se acercaba a la máxima posible  $d'$ , para los cuatro pichones. La probabilidad de picar la tecla izquierda se incrementaba, cuando el número de reforzadores en un sub-estímulo se incrementaba, cuando esto ocurría, esto ocurría más cuando se acercaba a la selección, o cuando los pellets eran mayores para picar la tecla izquierda, que al picar la tecla derecha correcta.

### **IZT. 1000371**

El promedio, sobre diferentes patrones temporales de reforzamiento en el sub-estímulo, éste con el mismo número de reforzadores, produjo la probabilidad de igualación más que maximizar una alternativa.

De lo anterior se desprende, la pregunta, de cuándo o bajo que circunstancias se puede utilizar animales, en experimentos, utilizando la Teoría de Detección de Señales.

En primer lugar hay que considerar, que si la interacción de los factores sensoriales y de sesgo, que están implícitos, en el modelo de detección, corresponden a la naturaleza del control discriminativo, en condiciones Psi-

cofísicas, y así la detección de señales, aísla una medida de sensibilidad, esto es, independiente de las variables no-sensoriales.

Segundo, esta medición es de utilidad práctica, en terminos de tiempo o de número de observaciones requeridas para estimar la medición. Las curvas ROC encontradas en animales sugieren que la detección de respuestas es una función de la unión de lo sensorial con otras variables, por esta razón, el paradigma de detección, puede ser útil a los investigadores interesados, en clarificar la naturaleza del control de estímulos (Blough, en Honig & Staddon 1984).

CAPITULO III  
OTRAS APLICACIONES DE LA TEORIA DE DETECCION  
DE SEÑALES

La incidencia de la Teoría de Detección de Señales en una amplia variedad de áreas, se ha incrementado en los últimos años.

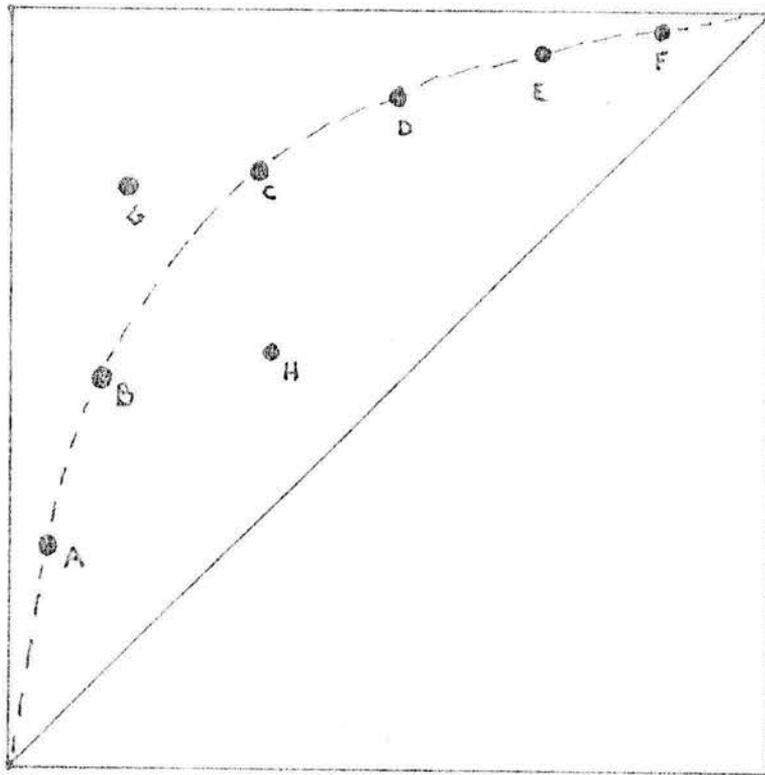
La diversidad de ésta, comprende, el estudio de la discriminación visual con drogas (Milar, 1981); percepción de diferencia de peso (Blitz y Van Moorst, 1978); discriminación táctil (Guyot, Johnson Wesver, 1981); condicionamiento parapelar en humanos (Rees & Fishbein, 1970); evaluación de las actitudes raciales de los niños (Williams, Williams & Beck, 1973); Evaluación de personal (Pfeiffer & Giamotti, 1979); evaluación de la personalidad (Pfeiffer & Giamotti, 1975); déficit de procesamiento en esquizofrénicos (Korboot & Damiani, 1976), percepción de la ansiedad (Jarenko, 1980) y memoria en humanos (Lockart y Murdock, 1970) y (Banks, 1970).

Dentro del área de la memoria , existen dos artículos que aparecieron simultáneamente en el " Psychological Bulletin " de Banks (1970) y Lockart & Murdock (1970), los cuales describen algunas de las aplicaciones de la teoría de Detección de Señales en el estudio de los procesos de la memoria; Lockart & Murdock (1970) los discuten en términos de problemas de identificación y de prueba. La identificación se refiere a la igualación de elementos de la teoría formal con constructos que constituyen una teoría de la memoria.

Por otro lado Banks (1970), los procesos de la memoria son revisados en cuatro categorías: (a) Usos de La Teoría de Detección de Señales (SDT) en la fuerza de la escala de la memoria; (b) el uso de SDT en las interpretaciones del criterio de los datos que parecen indicar olvido; (c) intentar utilizar la SDT para determinar la forma para trazar el almacén y establecer la cuestión de aprendizaje de todo o nada y (d) las extensiones de SDT a la escala de memoria basada en la discriminabilidad, en un análisis más fino de retención.

Dentro del contexto de la memoria , Norman & Wickel-

gren's (1965) suguieren que las gráficas ROC se denóminen curvas MOC (The Memory Operating CHARACTERISTICS). La cuál no tiene ninguna diferencia con respecto a las curvas ROC. (Response Operating CHARACTERISTICS), puesto que en el eje de las abscisa se encuentra la tasa de falsas alarmas y en la ordenada, la tasa de los aciertos, un ejemplo es el que se muestra en la siguiente figura:



Banks (1975) en su artículo titulado "Signal Detection Theory and Human Memory" proporciona siete puntos como principales en el estudio de la memoria, utilizando La Teoría de Detección de Señales, y que se mencionan a continuación:

- " 1) Existen dos tipos de ventajas al utilizar SDT
  - (a) Las mediciones obtenidas con SDT son insesgadas por el criterio de respuesta; (b) Con la utilización de las curvas MOC, éstas proporcionan un máximo de información.
- 2) Las conclusiones extraídas del análisis de detección de los datos de recuerdo son más amplias, que aquellos obtenidos con el reconocimiento.
- 3) El análisis de Murdock's (1968) de discriminabilidad del recuerdo ofrece algunas promesas de superar los problemas de técnicas previas.
- 4) Los usos posteriores de SDT para explicar la escala de memoria basada en la discriminación, prometen un análisis detallado y exacto de los procesos de la memoria.
- 5) El uso completo de la habilidad de SDT para aislar los factores de criterio, en la memoria podrían ser realizados si "Cj" fuera utilizada en lugar de  $\frac{C}{2}$  como una medida de criterio de respuesta. El "Cj" es el puntaje  $\frac{z}{2}$  del criterio.

6) La utilización de las funciones MOC para probar modelos de umbrales característicos de los trazos de la memoria son sin duda superiores.

7) La SDT extrae de los datos apropiados, una escala de valores que representa el grado con el cuál un conjunto dado de items aprendidos, ha sido retenido "

La aplicación de la teoría de detección de señales alcanza áreas, donde los sujetos humanos son evaluados, por ejemplo Stenson , Kleinmuntz & Scott (1975) utilizaron la SDT para evaluar la personalidad.

El estudio fue conducido para probar las tres consideraciones siguientes, que podrían contribuir a hacer que el modelo SDT sea aplicable para interpretar el Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI) . Puesto que se ha hipotetizado que un proceso de juicio discriminativo es una muestra de una distribución normal de todos los procesos posibles discriminativos, para el conjunto de estímulos del MMPI; Segundo, que la desviación estándar de dos distribuciones de decisiones binarias MMPI son iguales; y por último que las capacidades discriminativas de juicio, permanecen fijas, de una sesión a la siguiente, sin conside-

rar las instrucciones. Stenson & et al. (1975) encontraron que las tres consideraciones anteriores fueron satisfactoriamente encontradas por medio de la utilización de la SDT.

Otra área, en la cual ha incidido SDT, es en la evaluación de personal (Pfeiffer & Giamotti, 1979) en su estudio, tenían por objeto aplicar la SDT para evaluar la sensibilidad de 15 trabajadores, los cuales tenían como tarea clasificar los niveles de madurez de los niños de una guardería.

Estos encontraron que el conjunto de mejores trabajadores no mostraban una mejor confiabilidad que sus compañeros.

Williams, Williams & Beck (1973) aplicaron la SDT para evaluar las actitudes raciales de los niños. El estudio se realizó , porque se ha encontrado que los niños preescolares negros y caucacos, tienden a asociar adjetivos evaluativos positivos con figuras humanas de piel clara y adjetivos negativos con los de piel obscura. Los resultados indican , que aplicando la SDT, los resultados anteriores se confirman.

Dentro de la Psicología Clínica, también ha incidido la SDT, por ejemplo, en un trabajo de Korboot & Damian (1976), estudiaron la velocidad del procesamiento auditivo en sujetos esquizofrénicos. Dos diferentes explicaciones del déficit de procesamiento fueron estudiados, estos puntos de vista pertenecen a Chapman & Mc Ghie's (1962) y Yates (1966).

Los primeros sugieren que la susceptibilidad del esquizofrénico a la estimulación irrelevante, puede ser debido a la rotura de la operación de un filtro selectivo. Por otro lado Yates, sugiere que el déficit, no radica en el efecto distractor de la estimulación irrelevante, sino, en la tasa anormalmente baja, con la cuál la información relevante es procesada.

Los resultados mostraron, que la explicación proporcionada por Yates, es la más indicada, y además indican que los esquizofrénicos, pueden atender con éxito, a uno de los dos canales en competencia. Ninguno de los sujetos reducía su sensibilidad visual, ni el sesgo de respuesta, parecía afectar la ejecución.

Continuando en el área Clínica, en el campo del dolor y la ansiedad, se ha empleado la SDT con buenos resultados Dougher (1979) investigó los efectos de la ansiedad característica e instrucciones experimentales, diseñadas para manipular las consecuencias de los reportes de dolor, sobre el umbral de dolor de la presión focal en estudiantes.

Los resultados mostraron que la ansiedad y las instrucciones, afectaban el umbral de dolor, sin embargo, el análisis proporcionado por la SDT revela que estos hallazgos fueron debidos a las diferencias de sesgo de respuesta y no se encontró ninguna diferencia en la sensibilidad.

Por otra parte Jarenko (1980) en un escrito sobre la aplicación de la SDT a la percepción de la ansiedad, señala que dicho modelo es apoyado por los datos que muestran el efecto del reforzamiento positivo, sobre la conducta perceptual ( Rock & Fleck, 1950; Jarenko & Weaver, 1979).

La SDT puede ser útil en entender porqué los sujetos perciben la estimulación aversiva, en algunas situaciones pero no en otras.

Otra área que recientemente involucra la SDT , es la Psicofarmacología , en un estudio de Milner (1981) estudia los efectos de la anfetamina,scopolamina, y physostigmina sobre una tarea de discriminación de brillantez. Como resultado, se encontró que las drogas no afectaban la sensibilidad de discriminación simple.El efecto de la droga sobre la tendencia a responder para una discriminación simple fue difícil de interpretar.

Siguiendo en el área de percepción de estímulos, el modelo de SDT, ha sido empleado para estudiar , el efecto de la intensidad del ruido blanco sobre la sensibilidad al parpadeo visual. Los resultados indican cambios confiables en la sensibilidad, como una función del incremento del ruido blanco. Además, no se encontró cambios confiables y sistemáticos, en la estimación del sesgo de respuesta.

El parpadeo visual también ha sido estudiado, en sujetos con sordera y normales, analizando los datos con la SDT por Bross & Saverwein (1980) encontraron que no existe ninguna diferencia significativa sobre la sensibilidad sensorial y el sesgo de respuesta.

La técnica de la SDT, también se ha empleado en combinación, con la técnica del condicionamiento clásico (Reess & Fishbein, 1970), estos autores, utilizaron, esta combinación para investigar la aplicación de la SDT a la ejecución estable, en el condicionamiento del parpadeo. en los resultados se muestra que las respuestas verbales, son adecuadas al modelo de SDT, mientras las respuestas de condicionamiento del parpadeo, fracasaban en mostrar cambios en el criterio de respuesta, con cambios en el programa de pago o probabilidad a priori.

En la Psicofísica, la percepción de peso ha sido estudiada, aplicando la SDT por Bltz & Van Moorst (1978) quienes investigaron la percepción de diferencia de peso. Los resultados mostraron que las consideraciones de normalidad e igualdad de varianzas fueron observadas.

Se ha estudiado la posibilidad de aplicar la SDT hacia la degustación, probando el efecto de tres variables, fumar, probabilidad de la señal e ingestión de la comida.

En este estudio, se concluye, que aunque la SDT es aplicable a la modalidad gustatoria, no es práctica para

investigaciones a gran escala.

Se puede concluir, que a pesar de que existe un incremento en la aplicación de la SDT, existen muchos Psicólogos que desconocen, la facilidad o las situaciones, con las cuales, la SDT puede ser aplicada a un gran rango de posibilidades, sin embargo, también existen sus limitaciones.

En resumen, sus aplicaciones la evaluación de:

- a) El estado del organismo o el medio ambiente
- b) La relación entre estímulo y respuesta.
- c) La independencia de canales para procesar información
- d) En trabajos en memoria.

## CONCLUSIONES

La Teoría de detección de señales ha sido de gran utilidad cuando los experimentadores, quienes estudian los procesos sensoriales, buscan datos que reflejen los efectos de los estímulos, sin confundirlos, con variables que afectan la conducta, a través de otros canales.

Puede ser una herramienta de investigación poderosa que tiene aplicación, en una gran variedad de condiciones experimentales. La aplicación incluye la evaluación de: el estado del organismo o el medio ambiente ; la relación entre estímulo y la respuesta; la independencia de los canales para procesar información de los estímulos y el trabajo en memoria con sujetos humanos.

Sin embargo, apesar de la reciente moda de la utilización de la SDT en la Conducta Operante, y observando que existen similitudes, por ejemplo, en las contingencias de reforzamiento o en los procedimientos empleados (programas) múltiples. Blough (1983, pág. 717).

" Parece, entonces que el trabajo operante interesado

estrictamente con los procesos sensoriales, la determinación de las curvas ROC, probablemente no añadan suficiente información para merecer su costo. Más que enfocarse sobre la curva ROC, o sobre la medición de ( $d'$ ) el experimentador deberá concentrarse en la minimización del sesgo y utilizar el procedimiento de selección forzosa si es posible. Para trabajos que no son estrictamente sensoriales, pueden comprender una estructura conveniente.

Esta estructura puede ser llevada al análisis de procesos discriminativos en animales, y los experimentos con animales pueden proveer un medio eficiente para probar el modelo SDT y sus consideraciones "

De lo anterior se desprende, que existe aun, cierta incertidumbre por la validez de los resultados obtenidos a través del modelo de SDT, en el campo de la Conducta operante.

Sin embargo, la utilización se ha incrementado principalmente en el trabajo con humanos y se ha comprobado su utilidad en el campo Clínico, en problemas de dolor principalmente y de ansiedad.

Pero aún la gran mayoría de los Psicólogos desconocen la existencia de SDT debido a la poca difusión que ha tenido, principalmente en el idioma español, es por ésta razón por la cuál, se realizó éste trabajo, el cual pretende dar una mayor difusión a su utilización.

Cuando algún Psicólogo se llega a informar de la existencia de dicho modelo, generalmente rehuye de su utilización, a pesar de las ventajas que trae consigo, pues existe una predisposición dentro de la carrera de Psicología a la utilización de la Estadística Matemática.

- Andreas, G. Psicología Experimental. México: Trillas-Limusa, 1978.
- Banks, P. W. Signal detection theory and human memory. Psychological Bulletin, 1970, 74, 81-99.
- Baum, W. M. On two types of deviation from the matching law: bias and undermatching. Journal of the Experimental Analysis of Behavior 1974, 22, 231-242.
- Elitz, S. P., & Van Moorst, A. Application of the theory of signal detectability to the perception of differences in load. Perceptual and Motor Skills, 1978, 47, 1083-1088.
- Blough, D. S. Stimulus generalization as signal detection in pigeons. Science, 1967, 158, 940-941.
- Blough, D. S. Generalization gradient shape and summation in steady-state tests. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1969 12, 91-104.
- Blough, D. S., & Blough, P. Psicofísica animal. En Honig, W. K., & Staddon, R. E. (Ed.). Manual de Conducta Operante. México: Trillas 1983.
- Boneau, C. A., & Cole, J. L. Decision theory, the pigeon, and the psychophysical function. Psychological Review, 1967, 74, 123-135.
- Boneau, C. A., Holland, M. K., & Baker, W. M. Color discrimination performance of pigeons: effects of reward. Science, 1965, 149, 1113-1114.

- Broadbent, D. E. Word-frequency effect and response bias. Psychological Review, 1967, 74, 1-15.
- Bross, M., & Saverwein, H. Signal detection analysis of visual flicker in deaf and hearing individuals. Perceptual & Motor Skills, 1980, 51, 839-843.
- Carterette, T. S. An application of stimulus sampling theory to summed generalization. Journal of Experimental Psychology, 1961, 62, 448-455.
- Chapman, J., & Mc Ghie, A. A. A comparative study of disordered attention in schizophrenia. Journal of Mental Science, 1962, 108, 487-500.
- Commons, L. M. Decision rules and signal detectability in a reinforcement density discrimination. Journal of the Experimental Analysis of the Behavior, 1979, 32, 101-120.
- Clopton, B. M. Detection of increments in noise intensity by monkeys. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1972, 17, 473-481.
- Davison, M. C., & Mc Carthy, D. Reinforcement for errors in a signal detection procedure. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1980, 34, 35-47.
- Davison, M. C., & Tustin, R. D. The relation between the generalized matching law and signal detection theory. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1978, 29, 331-336.

- Dougher, M. J. Sensory decision theory analysis of the effects of anxiety and experimental instructions on pain. Journal of Abnormal Psychology, 1979, 88, 137-144.
- Elsmore, T. Duration discrimination: effects of probability of stimulus presentation. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1972, 18, 465-469.
- Fergenson, P. E., Moss, S., Dzendolet, E., Sawyer, F. M., & Moore, J. W. The effect of signal probability, food intake, sex, & smoking on gustation, as measured by the theory of signal detection. The Journal of General Psychology, 1975, 92, 109-127.
- Gescheider, G. A. Psychophysics. New York: Wiley, 1976.
- Goldiamond, I. Perception. In Bachrach, A. J. (Ed), Experimental Foundation of Clinical Psychology. New York : Basic Books, 1962.
- Goldiamond, I. Behavioral approaches and liaison psychiatry. Psychiatry Clinics of North America, 1979, 2, 379-396.
- Green, D. M., & Swets, J. A. Signal detection theory and psychophysics New York : Wiley, 1966.
- Green, D. M., & Swets, J. A. Signal detection theory and psychophysics New York : Wiley, 1974.
- Grier, J. B. Nonparametric index for sensitivity and bias computing formulas. Psychological Bulletin, 1971, 75, 424-429.
- Guyot, G. W., Johnson, F. D., & Weaver, C. Two point tactual discrimination a signal detection approach. Perceptual and Motor Skills, 1981, 52, 433-434.

- Hack, M. H. Signal detection in the rat. Science, 1963, 139, 758-759.
- Harper, D. W. Signal detection analysis of effect of white noise intensity on sensitivity to visual flicker. Perceptual and Motor Skills 1979, 48, 791-798.
- Hirsch, K. A. Signal detection analysis of conditioning data. The Journal of General Psychology, 1979, 101, 249-258.
- Hodos, W. Nonparametric index of response bias for use in detection and recognition experiments. Psychological Bulletin, 1970, 74, 351-354.
- Hull, C. L. Principles of behavior. New York: Appleton Century, 1943.
- Hume, A. L., & Irwin, R. J. Bias function and operating characteristics of rats discriminating auditory stimuli. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1974, 21, 285-295.
- Irwin, R. J., & Terman, M. Detection of brief tones in noise by rats. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1970, 13, 135-143.
- Jarenko, M. The application of signal detection theory to anxiety perception. Journal Behavior Theory and Experimental Psychiatry, 1980, 11, 151.
- Jarenko, M., & Weaver, J. The effect of a past history of reinforcement on signal detection. Manuscripto sin publicar, University of Richmond.

- Karboot, P. J., Y Damiani, N. Auditory processing speed and signal detection in schizophrenia. Journal of Abnormal Psychology, 1970, 85, 287-295.
- Karp, H., & Layng, T. J. An Introduction to Signal Detection Theory. Manuscrito sin publicar, 1980.
- Kushnir, T., & Duncan, K. D. An analysis of social facilitation effects in terms of signal detection theory. Psychological Record, 1978, 28, 535-541.
- Laberge, D., & Martin, D. R. An analysis of summated generalization. Journal of Experimental Psychology, 1964, 68, 71-79.
- Lattal, K. A. Reinforcement contingencies as discriminative stimuli: effects of changes in stimulus probability. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1979, 31, 15-22.
- Lee, W. Relationships between Thurstone category scaling and signal detection theory. Psychological Bulletin, 1968, 71, 101-107.
- Lockhart, R. S., & Murdock, B. B. Memory and the theory of signal detection. Psychological Bulletin, 1970, 74, 100-109.
- Manning, A. A., & Vierck, Ch. J. Behavioral assessment of pain detection and tolerance in monkeys. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1973, 19, 125-132.
- McCarthy, D., & Davison, M. Signal probability, reinforcement and signal detection. Journal of the Experimental Analysis of Behavior 1979, 32, 373-386.

- McCarthy, D., Dawison, M., & Jenkins, P.E. Stimulus discriminability in free operant and discrete-trial detection procedures. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1982, 37, 199-215.
- Milner, K. S. Cholinergic drug effects on visual discriminations: a signal detection analysis. Psychopharmacology, 1981, 74, 383-388.
- Nevin, J. A. Signal detection theory and operant behavior. A review of David M. Green & John A. Swets, Signal detection theory and Psychophysics. Journal of the Experimental Analysis of Behavior 1969, 12, 475-480.
- Nevin, J. A. Decision theory in studies of discrimination in animals. Science, 1965, 150, 1057.
- Nevin, J. A., Olson, K., Mandell, Ch., & Yarensky, P. Differential reinforcement and signal detection. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1975, 24, 355-367.
- Nevin, J. A., Jenkins, P., Whittaker, S., & Yarensky, P. Reinforcement contingencies and signal detection. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1982, 37, 65-79.
- Norman, D. D., & Wickelgren, W. A. Short term recognition memory for single digits and pairs of digits. Journal of Experimental Psychology, 1965, 70, 479-489.
- Pastore, R. E., & Scheirer, C. J. Signal detection theory: considerations for general application. Psychological Bulletin, 1974, 81, 945-948.

- Pfeiffer, M. G., & Giamotti, J. W. Application of signal detection theory to evaluate personnel using a behavioral levels system. Perceptual and Motor Skills, 1979, 48, 283-289.
- Pike, R., & Ryder, P. Multiple observations and latency functions: a further note on response latency in signal detection. Psychological Review, 1978, 85, 48-52.
- Pollack, I., Hsieh, R. Sampling variability of the area under the ROC curve and of  $d'$ . Psychological Bulletin, 1969, 71, 161-173.
- Rees, J. F. & Fishbein, H. D. Test of the TSD model in human eyelid conditioning: a priori probability and pay off manipulations. Journal of Experimental Psychology, 1970, 83, 291-298.
- Rilling, M., & Mc Diarmid, C. Signal detection in fixed-ratio schedules. Science, 1965, 148, 526-527.
- Rock, I., & Fleck, F. A re-examination of monetary reward and punishment on figure-ground perception. Journal of Experimental Psychology, 1950, 39, 766-776.
- Stenson, H., Kleimuntz, B., & Scott, B. Personality Assessment as a signal detection task. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 1975, 43, 794-799.
- Teman, M. Discrimination of auditory intensities by rats. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1970, 13, 145-160.

- Terman, M., & Terman, J. S. Latency differentiation of hits and false alarms in an operant-psycho-physical test. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1973, 20, 439-445.
- Williams, K. H., Williams, J. E., & Beck, R. C. Assessing children's racial attitudes via a signal detection model. Perceptual and Motor Skills, 1973, 36, 587-598.
- White, M. J. Signal detection analysis of laterality differences. Journal of Experimental Psychology, 1970, 83, 174-176.
- Wright, A. A. Psychometric and psycho-physical hue discrimination functions for the pigeon. Vision Research, 1972, 12, 1447-1464.
- Wright, A. A. Psychometric and Psycho-physical theory within a framework of response bias. Psychological Review, 1974, 81, 322-347.
- Wright, A. A., & Nevin, J. A. Signal detection methods for measurement of utility in animals. Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 1974, 21, 373-380.
- Yager, D., & Duncan, I. Signal detection analysis of luminance generalization in goldfish using latency as a graded response measure. Perception and Psychophysics, 1971, 9, 353-355.
- Yates, A. J. Data-processing levels and thought disorder in schizophrenia. Australian Journal of Psychology, 1966, 18, 103-117.