# DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
## Facultad de Ingeniería

# CODIGOS PERMUTACIONALES

ALFREDO PIERO MATEOS PAPIS

## T E S I S

Presentada a la División de Estudios de Posgrado de la
FACULTAD DE INGENIERIA
de la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
como requisito para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERIA
ELECTRICA

Ciudad Universitaria        Junio de 1985

CODIGOS PERMUTACIONALES

Creditos asignados a la tesis: NUEVE (9)

APROBADO POR EL JURADO

Presidente: ____________________

Vocal: P.A. ____________________

Secretario: GUILLERMO REBOLLEDO

Suplente: ____________________

Suplente: pa ____________________

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

JEFATURA

Sr. Prof. Federico Kuhlmann
P r e s e n t e .

Me permito comunicarle que a propuesta del Coordinador de la Sección de ELECTRICA, ha sido designado como Director de tesis, del alumno ALFREDO PIERO MATEOS PAPIS, para obtener el grado de M EN I EN CONTROL y el nombre de la tesis a desarrollar propuesto es el siguiente:

"CODIGOS PERMUTACIONALES"

Mucho he de agradecerle la comunicación por escrito de su aceptación a esta designación.

A t e n t a m e n t e .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 20 de mayo de 1985.
EL JEFE DE LA DIVISION

DR. ROLANDO SPRINGALL GALINDO

E.5.1

.geg.

A la sensible y grata memoria de mi papá
A mi mamá y a mi abuela Amelia
A Giannina y Lalo
A Rosanna y Martha
A Silvia, Jorge y Sylvia
Al sr. Eduardo Hernandez Bernal y a la sra.
Martha Flores de Hernandez
A mis compañeros de tesis de licenciatura
A mis primos y tíos
Al Dr. José Antonio Alias Aguilar
Al Dr. Federico Kuhlmann Rodriguez
Al Dr. Luis Andres Buzo De La Peña
A mis compañeros de maestría
A los médicos amigos de mi papá
A mis amigos

Agradezco a la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autonoma de México por todo lo que he recibido de ella.

Quedo permanentemente agradecido con el Dr. Federico Kuhlmann Rodrigues por su amable ayuda en los problemas académicos y su comprension y apoyo en mis problemas personales y con el Dr. Andres Buzo de la Peña por la ayuda académica que siempré me brindó y por la continua orientación que recibí de él. Agradezco a ambos por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos.

Agradezco al Programa Universitario de Cómputo de la UNAM por haberme proporcionado por medio de la Facultad de Ingenieria las herramientas de computacion necesarias para hacer este trabajo, tambien agradezco a mis compañeros, candidatos a maestros en Ingenieria Eléctrica, Carlos Rivera, Andres Goytia, Roberto Morelos y en especial a Jesus Savage y Fernando Lepe por su ayuda en diversos aspectos de computación. Tambien agradezco a las secretarias de la seccion de Ingenieria Eléctrica de la DEPFI UNAM y a la Jefa de la Biblioteca de la DEPFI UNAM Luz Maria Nieves por su ayuda. Aprovecho esta oportunidad para reconocer la ayuda que durante tantos años me ha brindado la sra. Trinidad Lópes en cuestiones domésticas.

INDICE

Se ha mencionado y se ha visto de alguna forma que la correlación entre muestras que existe a la salida de una fuente discreta ocasiona que el desempeño de la cuantización por medio de Códigos Permutacionales de dicha salida se vea empobrecido. En este trabajo se hace un intento por cuantificar qué tanta correlación entre muestras produce una cierta distorsion a la salida del cuantizador. Las fuentes que se usaron fueron gaussianas por considerarse como la estadística más apropiada para un primer paso en esta cuantificación de calidad de desempeño de los códigos. La correlación entre muestras se logró filtrando la salida de dicha fuente con un filtro autorregresivo de orden uno.

Este estudio se basa en simular a las fuentes descritas por medio de una computadora y obtener los parametros necesarios a partir de las salidas de las fuentes simuladas para construir los códigos permutacionales correspondientes, y así codificar dichas salidas y obtener el correspondiente error entre la salida de la fuente y la salida del cuantizador.

Se construyó un algoritmo de prueba y error para obtener los mejores codigos permutacionales con el criterio del error medio cuadratico.

Con los resultados 'empíricos' que se obtuvieron se trata de establecer conforme aumenta la correlación entre muestras de la salida de una fuente, hasta qué tan grande puede ser la correlación para que el desempeño de los códigos permutacionales sea aceptable. Conjuntamente se reenuncian los casos en que los códigos permutacionales aventajan a otros esquemas de cuantización, dichos casos mencionados en otros trabajos.

En el capítulo UNO se habla brevemente de la importancia de la codificación de fuente y canal en los sistemas de transmisión, asi como de la codificación sin y con memoria.

En el capítulo DOS se describen los códigos permutacionales, sus aplicaciones, ventajas y desventajas.

En el capítulo TRES se describe como se obtuvieron las estadísticas de orden de la salida de las fuentes y las consideraciones que se hicieron.

En el capítulo CUATRTO se presentan los resultados obtenidos.

En el capítulo CINCO se presentan conclusiones. En el apéndice 'A' se explica el programa de prueba y error usado para obtener los códigos permutacionales. En el apéndice 'B' se presentan las estadísticas de orden obtenidas, y otras tablas de similar interes. Al final se presenta un índice alfabético.

# CAPITULO 1
## INTRODUCCION AL PROBLEMA DE LA CODIFICACION

### 1.1 Teorema de la Codificación Ruidosa de Shannon

En un sistema de comunicaciones a la entidad que selecciona o genera mensajes se le conoce como fuente, y a la que los recibe se le conoce como destino. Tanto fuente como destino estan separados espacialmente, y al lugar que los separa y por donde se transmiten los mensajes de la fuente se le conoce como 'canal'.

Aquí se considerarán fuentes cuya salida se dé en tiempos discretos, llamadas 'fuentes en tiempos discretos'.

NOTA

> En este tabajo, las letras mayúsculas representaran variables aleatorias, y las minúsculas, variables deterministicas o constantes. Un símbolo subrayado denota un arreglo.

Se manejarán fuentes que generen secuencias de símbolos pertenecientes a un conjunto tal, que se pueda asignar a cada uno de ellos un número real. Entonces, tales fuentes podrán ser representadas como una sucesión de variables aleatorias (v.a.) {Xt,t=t1,t2,...}, siendo t1, t2, etc., constantes que indican tiempos a intervalos.

Se escribirá la distribución de probabilidad de las v.a. Xt como Px(x). También, por simplicidad, se dirá que la fuente genera una sucesion de v.a. Xt.

NOTA

> En este trabajo solo se tratará con fuentes que generen sucesiones de v.a. identicamente distribuidas (i.d.).

Sea **X**t=(Xt1,Xt2,...,Xtn) un arreglo de n v.a. (por simplicidad se denotara) **X**=(X1,X2,...Xn)). La distribución de probabilidad conjunta de **X** se escribira como P**x**(**x**), donde **x**=(x1,...,xn) denota un arreglo constante.

Se llamará a las fuentes en tiempos discretos que generan simbolos de un alfabeto finito, 'fuentes discretas'. La entropia de una fuente se define informalmente como la incertidumbre apriori promedio que existe en el destino acerca de qué mensaje será enviado por la fuente <1>. Dicha entropia se representa con la letra H. Para fuentes discretas, una unidad usada para cuantificar H es la de [nats/simbolo], y se dice que dicha fuente genera en promedio una cantidad de información igual a H[nats/simbolo].

--------

<1> Se sugiere ver [B1] y [G1] para definiciones formales de entropia, información mutua, etc.

Debido a la incertidumbre mencionada, la sucesión de v.a. que genera una fuente se modela ,para su estudio, como un proceso estocástico. Es importante notar que si la fuente tuviera que seleccionar un mensaje de entre un conjuto infinito, la informacion necesaria para describirlo sería infinita.

Una fuente en tiempos discretos es estacionaria si se cumple que, $P(X_t=x)=P(X(t+s)=x)$, para cualquier $x$, $t$ y cuaquier constante s.

Cuando se tiene un canal ruidoso, el mensaje recibido por el destino puede ser diferente al generado por la fuente, en cuyo caso se dirá que ha habido un 'error en la transmision'.

Usando una medida de distorsión se puede cuantificar la frecuencia de error en la transmision (comunmente llamada 'probabilidad de error').

Un canal analógico es aquél cuyas entradas y salidas son formas de onda. En los sistemas de comunicación teóricos hay dos tipos de canales, los analógicos y los discretos. Estos últimos tienen entradas y salidas que estan formadas por secuencias de simbolos.

A un canal discreto se le puede asignar la probabilidad condicional $Q(\mathbf{y}/\mathbf{x})$ de que el destino reciba $\mathbf{y}=(y1,y2,...,yn)$ dado que la fuente gènero $\mathbf{x}$. En un canal discreto sin memoria se cumple que, $Q(\mathbf{y}/\mathbf{x})=Q(y1/x1)*Q(y2/x2)*...*Q(yn/xn)$.

Defínase $\mathbf{Y}=(Y1,Y2,...Yn)$ como el arreglo aleatorio que recibe el destino. Dada una fuente discreta cuya salida tiene cierta distribución de probabilidad, y dado un canal discreto con cierta probabilidad condicional, se define informalmente <1> 'informacion mutua entre fuente y destino' al promedio de información que el conocimiento del valor asumido por $\underline{Y}$ da acerca del valor asumido por $\underline{X}$. Dicha información mutua se representa como $I(\underline{X},\underline{Y})$.

Dado un canal, se define su capacidad (C) como,

$$C=\max_{P_{\underline{x}}(\underline{x})}\{I(\underline{X},\underline{Y})\}, \qquad 1\text{-}1$$

donde se hace la maximizacion para todas las posibles distribuciones de probabilidad $P_{\underline{x}}(\underline{x})$ de la salida de la fuente. Si no hubiera ruido en el canal, entonces la probabilidad condicional $Q(\underline{y}/\underline{x})$ sería igual a, 1 si $\underline{x}=\underline{y}$ y 0 si $\underline{x}\#\underline{y}$, por lo que C tomaría la forma especial de,

$$C=\max_{P_{\underline{x}}(\underline{x})}\{\ H\ \} = \infty. \qquad 1\text{-}2$$

Piénsese en una fuente cuya salida tiene una distribución de probabilidad dada, y que se tiene una cierta medida de distorsión, entonces existen canales cuyas funciones de probabilidad condicional redituan una misma distorsion D promedio entre fuente y destino. De todos estos canales, se escoje aquel cuya funcion de probabilidad condicional minimiza la informacion mutua entre fuente y destino. Esta mínima información mutua es función de D y forma la funcion R(D) denominada función de taza-distorsion. Esta función es la mínima taza a la que el destino debe recibir información de la fuente para poder reproducir la salida de la fuente con una distorsión promedio no mayor a D. La taza R(D) es una fracción de la taza H con que la fuente transmíte información.

La taza de entropia es el promedio de la incertidumbre en el destino acerca de cuál arreglo **x**, de dimension n, se va a seleccionar en una fuente estacionaria, dividido entre n, y esto cuando n-->oo.

Con lo anterior se puede enunciar el teorema de la codificación ruidosa de Shannon para un canal discreto sin memoria el cual dice,

> "Sea un canal discreto sin memoria que tiene capacidad C, y una fuente discreta estacionaria que tiene taza de entropia H. Si H<C entonces la salida de la fuente puede ser codificada para transmision por el canal con una frecuencia de error arbitrariamente pequeña. Si H>C entonces es posible codificar la salida de la fuente de tal manera que la frecuencia de error sea menor que H-C+e donde e es arbitrariamente pequeño y mayor que cero, pero no hay forma de codificar de tal modo que la frecuencia de error sea menor que H-C".

## 1.2 Codificación de fuente y de canal

Para que sea posible reproducir la salida de una fuente en el destino con distorsión promedio D, de la definición de R(D), se sabe que al menos un promedio de R(D)[nats/simbolo] del total de H[nats/simbolo] de información generada por la fuente, deben alcanzar al destino. O sea que cuando mucho se deben perder H-R(D)[nats/simbolo]. Nótese que no necesariamente el hecho de que el destino reciba R(D)[nats/simbolo] de información promedio significa que la distorsión promedio obtenida no vaya a exceder a D, eso dependerá de la forma en que se transmita la información, y esto a su vez dependerá del procesamiento de la salida de la fuente ántes de ser transmitida por el canal. Dicho procesamiento se traducirá en un aumento de complejidad del sistema de transmisión. Para que sea posible reproducir la salida de la fuente a la salida del canal con distorsión promedio que no exceda a D, es necesario que H-C no exceda a H-R(D), o equivalentemente, que R(D)=<C.

Se observa que es deseable tener un canal que tenga una capacidad grande. La capacidad de un canal se puede incrementar reduciendo la probabilidad de error en la transmisión, lo cual se logra transmitiendo la informacion de la fuente mas otra informacion extra o redundante. Para que esto tenga sentido práctico, la información original de la fuente mas la información redundante, deben ser enviadas en un intervalo de tiempo igual al intervalo en que se transmitía la información original. Este nuevo esquema requiere un aumento en el ancho de banda del canal físico.

El procesamiento de la información de la fuente para disminuir la probabilidad de error se llama codificación de canal. A una transmisión de informacion donde la probabilidad de error es relativamente baja se le llama transmision confiable <2>.

Con la codificación de canal se trata de proteger a la información que genera la fuente. Sin embargo, no toda la información generada por la fuente es igualmente significativa. Si se separara, en forma apropiada, de la información total generada por la fuente, aquella que fuera

---------

<2> Para una buena introducción al estudio de la codificación de canal referirse al texto de Wozencraft y Jacobs [WJ].

menos significativa se podría reproducir en el destino una versión de la salida de la fuente que tuviera una distorsion relativamente pequena. Al mismo tiempo, la cantidad de recursos necesarios, solo para transmitir la informacion más significativa, sería menor (quizá por mucho) a la original.

También, en muchos sistemas de información, R(D) es demasiado grande, mas grande que C, por lo que es necesario procesar la salida de la fuente de tal manera que solo la información mas significativa sea enviada por el canal. Tal procesamiento se llama, 'codificación de fuente'. A las técnicas para eliminar informacion irrelevante de la salida de una fuente se les llama 'algoritmos de compresion de información'. Cuando se envia información comprimida se dice que se tiene una transmisión eficiente.

Ambas codificaciones, la de canal y la de fuente, dependen una de otra, pero Gallager [G1] dice que separar la codificación y decodificacion en las partes de fuente y de canal, bajo condiciones muy diversas, no presenta limitaciones fundamentales en el desempeño de un sistema de comunicaciones. Ademas dice que esta separacion es particularmente conveniente desde el punto de vista práctico pues hace el diseño del codificador de fuente virtualmente independiente del codificador de canal. Esto facilita el uso de diversas fuentes en el mismo canal.

El codificador de fuente mapea la salida de la fuente en un conjunto de mensajes preseleccionados. Se trabaja usualmente con codificacion de fuente que representa dichos mensajes con sucesiones de dígitos binarios, este codificador de fuente divide al espacio de posibles mensajes de la fuente en clases de equivalencia e indica al codificador de canal cuál de estas clases de equivalencia contiene a la salida particular observada en la fuente. El codificador de canal envía una señal que representa a la clase de equivalencia a la que perteneció la salida de la fuente. El decodificador de canal examina los mensajes recibidos a la salida del canal y toma una decisión acerca de cuál mensaje fue enviado, y transmite su estimado al decodificador de fuente . Por último, el decodificador de fuente mapea el estimado del decodificador de canal a un mensaje entendible para el destino.

Los codificadores de fuente y decodificadores de canal son dispositivos relativamente complejos que toman decisiones al examinar sus entradas. Los codificadores de canal y decodificadores de fuente son dispositivos relativamente sencillos que solo hacen mapeos.

Es usual que los canales físicos sean analógicos. Para acoplar el codificador de canal al canal analógico se usa un modulador que mapea los simbolos de dicho codificador a formas de onda. Algúnas veces se considera al modulador como parte del codificador de canal (y al demodulador como parte del decodificador de canal). También se puede considerar al conjunto modulador, canal físico y demodulador, como un canal discreto. Esto es lo que da a los canales discretos su importancia en el estudio de los sistemas de comunicación.

Resumiendo las ideas anteriores, se puede afirmar que la codificación y decodificación, como lazo entre la fuente y el canal, y entre el canal y el destino, surge debido a la necesidad de establecer una transmisión eficiente y confiable entre fuente y destino. Ademas, que el análisis de este problema inminentemente práctico, puede ser realizado utilizando las herramientas poderosas de la Teoría de Información.

## 1.3 Cuantización de fuente con y sin memoria.

Considérese que se tiene una fuente en tiempos discretos.

Un cuantizador de cero-memoria de n puntos se define como aquél que tiene una colección de n+1 niveles de decisión a0,a1,...,an y una colección de n niveles de salida q1,q2,...,qn, y que mapea individualmente una v.a. X de salida de la fuente a un valor 'qi' cuando el valor de X cae en el intervalo i-ésimo,

$$Ri=\{a(i-1)<X<ai\}. \qquad 1-3$$

En la cuantización con memoria, un arreglo de muestras de n v.a. $\mathbf{x}=(x1,x2,...,xn)$ es cuantizado simultaneamente produciendo una salida $\mathbf{y}i=(y1,y2,...,yn)$ de entre un conjunto $G=\{\mathbf{y}j, j=1,M\}$ de arreglos, donde la salida cumple con, $d(\mathbf{x},\mathbf{y}i)<d(\mathbf{x},\mathbf{y}j)$, yj e G, j=1,...M y donde d es una medida de distorsión.

Diferentemente a los cuantizadores de cero-memoria, el valor yj no solo depende del correspondiente valor xj, sino de todos los valores xi del arreglo $\mathbf{X}$. La cuantización anterior también se llama cuantización vectorial. La taza de transmisión es R=(1/n)log2(M) [bits/simbolo].

Conforme el tamaño del arreglo crece, la taza de tansmisión mínima que se necesita para tener una distorsión promedio (D) dada decrece. En el límite, conforme n->∞ la taza mínima se aproxima a un valor fijo. Referirse a [G2],[B4].

NOTA

A partir de aquí, se trabajará con fuentes en tiempos discretos estacionarias cuya salida será una sucesión de v.a. independientes e identicamente distribuidas (sean estas v.a. Wi), llámese a estas fuentes 'fuentes sin memoria', las cuales serán introducidas a un filtro autorregresivo de orden uno con constante de autorregresion 'a'. Se conjuntará dicha fuente y dicho filtro como una sola fuente y se le denominará simplemente 'fuente'. Se denotarán las v.a. de salida de esta última fuente como Xi. En los casos en que sea necesario indicar que distribución tienen las v.a. (Xi) de salida de la fuente, entonces se denominará a la fuente, por ejemplo, 'fuente gaussiana', o inclusive, 'fuente gaussiana con constante de autorregresion a', o 'fuente autorregresiva gaussiana con constante de autorregresion a'.

Las v.a. Xi y Wi estan relacionadas de la siguiente forma,

$$X_i = W_i + aX(i-1), \qquad 1\text{-}4$$

donde si $|a|<1$, entonces el filtro es estable, y $\{X_i\}$ es un proceso estacionario, y se puede escribir,

$$X_i = \sum_{k=0}^{\infty} a^k W(i-k), \qquad 1\text{-}5$$

Donde $a^0=1$.

El proceso {Xi} tiene media cero, y si $|a|<1$, tiene variancia,

$$E(X^2)=var(X)=var(W)/(1-a^2), \qquad 1\text{-}6$$

y autocorrelacion,

$$Rx[k]=var(X)a^{|k|}, \qquad 1\text{-}7$$

donde E( ) denota el valor esperado <3>.

A las estadísticas de orden de los arreglos de n v.a. identicamente distribuidas generadas por la fuente se les llamará 'estadísticas de orden de la salida de la fuente' y se les representará como Zi, donde el subíndice i significa la i-ésima mayor variable de entre un número determinado.

--------
<3> ver [L1,pag.10]

# CAPITULO 2
# CODIGOS PERMUTACIONALES

## 2.1 Introducción a los Códigos Permutacionales (CPP).

Los CPP son un tipo de cuantización vectorial de fuente, y se explican a continuación.

Considérese una fuente discreta que genera una sucesión de v.a. Xk, k=1,2,... Se quiere cuantizar una muestra de tamaño n de la salida de la fuente, sea ésta $\mathbf{x}$=(x1,x2,...,xn) usando un conjunto B de arreglos tal que B={$\mathbf{y}$1,$\mathbf{y}$2,...,$\mathbf{y}$M}. A cada $\mathbf{y}$i de B se le llamará 'palabra-código'. Si todas las palabras-código son equiprobables, el cuantizador tendrá una entropia de,

R=(1/n)log2(M)[bits/simbolo]. 2-1

La distorsión promedio por letra o símbolo está definida como,

D=(1/n)E{min{d($\mathbf{X}$,$\mathbf{y}$)}}, $\mathbf{y}$ e B, 2-2

donde d es una medida de distorsión y E{ } denota el valor esperado.

El procedimiento de cuantización óptimo para un esquema general consistiría en comparar la distancia del arreglo **x** con cada uno de los arreglos **y**i de B y escoger el mas cercano a **x** según d.

Una atracción fundamental de los CPP es que con éstos se tiene un procedimiento de cuantización simple para una amplia clase de interesantes medidas de distorsión.

Hay dos variantes de los códigos permutacionales que se describen a continuacion,

Variante I: La primera palabra-codigo de esta variante es,

$$\mathbf{y}1=(\underbrace{u1,\ldots,u1}_{n1},\underbrace{u2,\ldots,u2}_{n2},\ldots,\underbrace{uK,\ldots,uK}_{nK}), \qquad 2\text{-}3$$

donde los ui son K números reales tales que, $u1>u2>\ldots>uK$, y las ni son enteros que satisfacen, $n1+n2+\ldots+nK=n$.

Todas las demas palabras-código se obtienen permutando los componentes de **y**1 en todas las formas posibles, por lo que hay un numero de,

$$M=n!/(n1!*n2!*\ldots nK!) \qquad 2\text{-}4$$

palabras-código.

Variante II: **y**1 tiene la misma forma que en el variante I pero bajo las condiciones de que, $u1>u2>\ldots>uK>=0$. Los demás códigos se obtienen asignando signos a los componentes de **y**1 y permutando, ambas cosas en todas las formas posibles.

El número de palabras-código en el variante II es de,

$$M=2^{l}*n!/(n1!*n2!*\ldots*nK!), \qquad 2\text{-}5$$

donde $l=n$ si $uK>0$ y $l=n-nK$ si $uK=0$.

Considérese la medida de distorsión de la forma,

$$d(\mathbf{x},\mathbf{y})=g\left(\sum_{j=1}^{n} f(|xj-yj|)\right), \qquad 2\text{-}6$$

donde $\mathbf{x}=(x1,x2,...,xn)$, $\mathbf{y}=(y1,y2,...,yn)$, g es una función no decreciente, f es otra función, no negativa, no decreciente y convexa U para argumentos positivos.

Teorema:

La forma óptima de cuantizar con las variante I y II de los CPP con respecto a la medida 'd' esta dada por los siguientes algoritmos.

**Variante_I**

1) Reemplazar los n1 mayores componentes de **x** por u1.
2) Reemplazar los n2 siguientes mayores componentes de **x** por u2.

. . .

. . .

K) Reemplazar los nK menores componentes de **x** por uK.

Usar la palabra-código que resulte de estos reemplazos para representar a **x**.

**Variante_II**

1) Reemplazar los n1 mayores componentes de **x** en valor absoluto por +u1 o -u1, escogiendo el signo de manera que concuerde con el del componente reemplazado.
2) Reemplazar los n2 siguientes mayores componentes de **x** en valor absoluto por +u2 o -u2, escogiendo el signo de manera

que concuerde con el del componente reemplazado.

. . .

. . .

K) Reemplazar los $n_K$ menores componentes de $\mathbf{x}$ en valor absoluto por $+u_K$ o $-u_K$, escogiendo el signo de manera que concuerde con el del componente reemplazado.

Usar la palabra-código que resulte de estos reemplazos para representar a $\mathbf{x}$.

La prueba de este teorema se da en [B2, apendice 2].

NOTA

La medida de distorsión del error medio cuadrático (EMC) es de especial interes porque con esta medida se tiene una gran facilidad para obtener resultados analíticos, y es con esta medida con la que se trabajará en adelante.

También se ha enfocado este trabajo al uso de la variante I de los CPP.

La distorsión según el EMC será entonces,

$$d(\mathbf{x},\mathbf{y})=[(x_1-y_1)^2+(x_2-y_2)^2+\ldots+(x_n-y_n)^2]/n. \qquad 2\text{-}7$$

Defínase la variable $Z_j$, $j=1,\ldots,n$ como la j-esima estadística de orden del arreglo de v.a. $\mathbf{X}$. Defínase también, $S_i=n_1+n_2+\ldots+n_i$, $S_0=0$. Entonces el valor esperado de la distorsión será,

$$D=(1/n)E\{\sum_{i=1}^{K}\sum_{j=S(i-1)+1}^{S_i}(Z_j-u_i)^2\}. \qquad 2\text{-}8$$

Derivando con respecto a ui para n1,n2,...,nK dados e igualando a cero se obtienen los valores óptimos para ui, i=1,...,K, que son,

$$ui=(1/ni)\sum_{j=S(i-1)+1}^{Si} E\{Zj\} , \qquad 2\text{-}9$$

por lo que el valor esperado de la distorsión es,

$$D=(1/n)(E\{\sum_{j=1}^{n} Xj^{2} - \sum_{i=1}^{K} ni*ui^{2}\}). \qquad 2\text{-}10$$

Para el variante I de los CPP, el código que es óptimo en el sentido del EMC es el que minimiza D sujeto a la restricción (log2(n!)-log2(n1!)-...-log(nK!))/n=<R.

## 2.2 Características y aplicaciones de los CPP

Teorema:

Si se tiene un codificador de cero-memoria ({ai},{qi}) de K puntos que codifica la salida de una fuente discreta con una taza R finita y una distorsion D finita en forma óptima <3'>, basándose en la función de distribución Fx(x) de la salida, entonces existe una sucesión de CPP, en su variante I, que trabajan con arreglos (x1,x2,...,xn) y con tazas respectivas Rn y distorsión promedio por simbolo Dn y con parámetros ui=qi, i=1,K, donde K es fija y ni es proporcional a n, que cumplen con:

$$\lim_{n\to\infty}\{Rn\}=R, \quad y \quad \lim_{n\to\infty}\{Dn\}=D. \qquad 2\text{-}11$$

----------------

<3'> Para mas información sobre codificación cero-memoria óptima y no óptima referirse a [B4] y [M1].

la prueba se presenta en [B4, teorema 2] y [B3, teorema 2 y apendice].

Debido a la naturaleza no paramétrica de los CPP, Berger et al [B2] proponen un procedimiento para codificar una sucesion de v.a. proveniente de una fuente discreta cuya estadística es desconocida o variante con el tiempo, dicho procedimento se describe a continuación.

Seleccione una taza R cercana a la capacidad del canal que es usado para transmisión, seleccione una longitud de arreglo n tan grande como las consideraciones prácticas lo permitan. Particione n en grupos {ni} que tengan una taza R. Una buena elección para {ni} cuando no se conoce la estadística de la fuente es la partición óptima en el sentido del EMC para una fuente gaussiana. Codifique arreglos sucesivos en la forma usual, pero también coleccione las estadísticas de orden de las muestras. Despues de un peroiodo comparable al de la constante de tiempo del fenomeno responsable del comportamiento variante con el tiempo (si se concce), envíe los {ui} calculados de las estadísticas de orden de las muestras. Entonces en el receptor comience a usar los {ui} para codificar y decodificar.

Un comentario importante en [B2] es el siguiente, 'Notar que los {ui} de las muestras reditúan aun mejor desempeño que los verdaderos {ui} si éstos fuesen conocidos, por lo que es deseable seguir el procedimiento señalado aun cuando la estadística de la fuente sea conocida'.

A continuación se enlistan algúnas ventajas y desventajas de los CPP:

1. Cuando las v.a. de la sucesión de salida de una fuente discreta son altamente dependientes los CPP tienen un desempeño relativamente pobre, aun cuando los valores óptimos de los {ui} sean usados.

2. El desempeño de los CPP óptimos a una taza dada, generalmente mejora conforme el tamano n del arreglo es mayor.

3. Es relativamente fácil codificar con los CPP aun cuando se tenga un valor de n grande.

4. Los CPP a una taza relativamente grande para el caso de una estadística gaussiana sin correlación tienen un desempeño pobre en relación con la función de taza-distorsion de Shannon, [B1,pag.100].

5. La naturaleza no paramétrica de los CPP los hace apropiados para situaciones en las que la estadística de la fuente es desconocida o variante con el tiempo.

6. La simplicidad de cuantización de los CPP cuando se tiene una fuente con estadística desconocida o variante con el tiempo no puede ser obtenida con técnicas de cuantización con palabra por palabra, puesto que con dichas técnicas para poder ajustar los niveles de decisión a los datos se tienen que guardar, primero los datos, luego calcular y enviar los niveles mencionados y codificar los datos símbolo por símbolo. Esto involucra un esquema complicado de codificacion por bloques que requiere un mucho mayor tiempo de retrazo (al menos en el transmisor) que el que requeririan los CPP.

7. Para el caso gaussiano, usando el EMC, los CPP son asintóticamente ideales en tazas pequeñas.

8. En el caso en el que se tiene una fuente que genera una sucesión de v.a. i.i.d. que tienen una estadística conocida formando una salida que se cuantiza palabra por palabra. Si la estadística es tal que el cuantizador tiene niveles que son unos mas probables que otros, entonces, para que la taza de transmisión exceda apenas la entropía del cuantizador se necesita codificar la salida de dicho cuantizador con un código de longitud variable, lo que hace necesario usar un esquema complicado de codificación a base de buffers <4>.

   En el mismo caso, cuantizando con CPP variante I, las palabras-código son equiprobables por lo que la codificación de las mismas es síncrona.

--------

<4> Referirse a Jelinek [J1]

Berger , Jelinek y Wolf [B2, apendice II] desarrollaron un algoritmo que para valores de n y R fijos obtiene CPP cuya taza se aproxima cercanamente a R y que obtiene un valor de K y parametros {ni} y {ui} que minimizan D en el sentido del EMC. Dichos autores demuestran que si E{Zj} es una función de j convexa U para j e {1,2,...,[n/2]} y concava para j e {[n/2]+1,...,n} (donde [x] es el entero menor y mas cercano a x), entonces su algoritmo puede generar CPP que son óptimos en el sentido EMC, y conjeturan que cuando la convexidad prevalece, su algoritmo siempre genera códigos cuyos valores K y {ni} difieren de los valores óptimos por lo mucho en 1. Algo similar se demuestra con relación a la variante II.

El algoritmo de Berger et al para generar CPP óptimos no ofreció los resultados esperados cuando la estadística de la fuente fue laplaciana. Townes [T2] a partir de los CPP obtenidos con el algoritmo de Berger, haciendo modificaciones como el dice 'a mano' obtuvo códigos permutacionales para estadísticas laplacianas con mejor desempeño que los originales, resultantes directamente del algoritmo de Berger et al. Townes no indica cuál fue el método 'a mano' que siguió para obtener sus códigos. En el apéndice 'A' se presenta un algoritmo (PRUER) que a base de prueba y error hace una búsqueda de el código permutacional óptimo, para 'R' y 'n' dadas, con las restricciones de que 'K' sea impar, 'n' par y que las estadísticas de orden de interes cumplan con que E{Zi}=E{Z(n+1-i)}, donde n es el tamaño del arreglo, y que dichas estadísticas cumplan con las condiciones de concavidad que se detallan en el apendice A.

Se conjetura que el algoritmo del apéndice A es exhaustivo, pero no se tiene una prueba al respecto.

# CAPITULO 3

## ESTADISTICAS DE ORDEN EMPIRICAS

### 3.1 Estimación de estadísticas de orden

Considérese una fuente autorregresiva de orden uno. Entonces la sucesion de v.a. Xi que representa a la fuente forma un proceso estocástico estacionario en el sentido fuerte (ESF). Si se forman arreglos **X** con n v.a. consecutivas cada uno, se tendrá que,

X[j]=(X1[j],...,Xn[j]), 3-1

donde el argumento 'j' significa el j-ésimo arreglo, así, las n primeras v.a. llevarán el argumento j=1, las n segundas el argumento j=2, etc. El subíndice 'i' indica la posicion de las v.a. X como elementos de **X**.

Se representará al arreglo aleatorio consistente en los elementos ordenados de **X** como,

Z[j]=(Z1[j],Z2[j],...,Zn[j]), 3-2

donde el argumento 'j' y el subindice 'i' tienen similar significado que para el arreglo **X**. Entonces Zi[j] significa la i-ésima mayor v.a. de entre las n v.a. X1[j],...,Xn[j], para j=1,m.

Las v.a. {Zi[j]} para una j dada e i=1,n son dependientes una de otra y tienen distintas distribuciones de probabilidad.

Sea F(x1,x2,...,xn), la distribución de probabilidad conjunta de las v.a. X1[j],X2[j],...,Xn[j]. Como la salida de la fuente es un proceso ESF, entonces, dicha distribución no depende de j, por lo que, la distribución conjunta de las v.a. Z1[j],Z2[j],...,Zn[j], que se representa como F(z1,z2,...,zn) tampoco dependera de j. Tambien entonces, la distribucion marginal de las v.a. Zi[j] sera independiente de j.

Supongase que se generan m arreglos aleatorios X[j],j=1,m, y se ordenan de tal forma que se obtienen m arreglos aleatorios Z[j]. Tómese el primer elemento de Z[1], el primer elemento de Z[2], etc. hasta el primer elemento de Z[m], y formese el arreglo aleatorio,

Z1=(Z1[1],Z1[2],...,Z1[m]), 3-3

de la misma forma formense los arreglos,

Zi=(Zi[1],Zi[2],...,Zi[m]), i=2,n. 3-3'

Para una i fija, Zi es parte de un proceso estocástico {Zi[j],j=1,2,...} que es ESF y que esta formado por v.a.

que estan identicamente distribuidas.

NOTA

Si las v.a. {Xi[l],i=1,n} son conjuntamente independientes de las v.a. {Xi[k],i=1,n} para k≠l y k,l=1,2,...,m, entonces las v.a. (Zi[1],Zi[2],...,Zi[m]) son conjuntamente independientes.

A partir de muestras de los arreglos **Zi**, se estimarán los valores E{Zi}. Lo anterior es válido si el proceso {Zi[j],j=1,2,...}, es ergódico.

Es importante tener un buen estimador de E{Zi}, por lo que se tratara esto en lo restante del capítulo.

3.2 Estimadores de medias.

El estimador más clásico, el estimador producto de la minimización del EMC y que es óptimo para estadísticas gaussianas es para un arreglo **x** de muestras de m v.a. (llámese también una muestra de tamano m) igual a,

$$\left(\sum_{i=1}^{m} xi\right)/m. \qquad 3\text{-}4$$

Se verificará a continuacion, que este estimador surge de la minimización del EMC al codificar la muestra **x**[j]=(x1[j],x2[j],...,xn[j]) con **y**[j]=(y1[j],y2[j],...,yn[j]).

Se recordará que la medida de distorsión del EMC para los CPP es,

$$d[j]=(1/n)\sum_{i=1}^{n}(x_i[j]-y_i[j])^2=(1/n)\sum_{i=1}^{K}\ \sum_{l=S(i-1)+1}^{S_i}(z_l[j]-u_i)^2\ ). \qquad 3\text{-}5$$

Si se tienen muestras n-dimensionales $x[j], j=1,m$, entonces el promedio aritmético de las distorsiones es,

$$D=(1/m)\sum_{j=1}^{m}d[j]. \qquad 3\text{-}6$$

Sustituyendo la ecuación de $d[j]$ en esta última y desarrollando se obtiene,

$$D=\frac{1}{mn}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}x_i[j]^2-\frac{2}{mn}\sum_{i=1}^{K}u_i\sum_{l=S(i-1)+1}^{S_i}\ \sum_{j=1}^{m}z_l[j]+\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{K}u_i^2 n_i, \qquad 3\text{-}7$$

donde se tomó en cuenta que,

$$\sum_{l=1}^{n}z_l[j]=\sum_{l=1}^{n}x_l[j], \quad j=1,m. \qquad 3\text{-}8$$

Derivando D con respecto a $u_i, i=1,n$ e igualando a cero se obtiene,

$$u_i=\frac{1}{n_i}\sum_{l=S(i-1)+1}^{S_i}\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}z_l[j]. \qquad 3\text{-}9$$

Comparando con la ecuación 2-9 , obtenida en el capítulo anterior con valores esperados, se ve que el estimado de $E\{Z_l\}$ es,

$$(1/m)\sum_{j=1}^{m}z_l[j], \qquad 3\text{-}10$$

que se denotara como Mz1.

Para cuantizar con CPP la salida de fuentes autorregresivas de orden uno, una forma de hacerlo es estimando las estadísticas de orden de dicha salida.

Se sabe que Mz1 no es bueno para estimar la media de ciertas distribuciones simétricas [H2]. Dicho estimador es dependiente tanto de los datos como de la distribucion que se use [L2].

Existen estimadores de media mas robustos que el anterior [D1,pag.158].

Se escogió Mzi como estimador de la estadistica de orden E{Zi} porque comparando con otros estimadores que pudieran ser mas eficientes <5> el estimador Mzi es el de aplicacion mas sencilla. Por otro lado, como se conocen las estadísticas de orden provenientes de una fuente gaussiana sin memoria [H1] hasta un tamano de arreglo de 400, se verificó en este caso que los 400 estimadores Mz1 a Mzn (donde Mzi se obtuvo a partir de una muestra de tamano 4000 {zi[j],j=1,2,...,4000}) ofrecieron un promedio de error menor a 0.072%.

Al tender 'a' de cero a uno, la variancia de las v.a. generadas por la fuente autorregresiva aumenta de uno a

--------

<5> Ver definiciones de insesgamiento, eficiencia y consistencia para estimadores en el libro de Bendat y Piersol [BP1].

infinito. Cuando a es igual a 0.95 la variancia de dichas v.a. es de 10.2564 .

Al estimar las estadísticas de orden de la salida de una fuente siendo a=0.95, la diferencia de los estimados usando un tamano de muestra m=3500 y usando un tamano de m=4000 no fue mayor, haciendo un promedio de todos los estimadores, a 0.49%.

En el apéndice B se presentan tablas que muestran los errores arriba mencionados.

Se considera que con los estimados de las estadísticas de orden se obtienen CPP cuyos parámetros, y cuya función taza-distorsión tienen una variación despreciable con respecto a los correspondientes paramentros y funcion taza-distorsión de los CPP que se obtendrian a partir de las estadisticas de orden reales si estas se conociesen. Para hacer una comparacion, en las tablas 4.1 y 4.2 se muestran códigos permutacionales obtenidos a partir de estadísticas de orden estimadas con muestras de tamano 3500 para constantes de autorregresion a=0.0 y a=0.95. Dichos codigos se pueden comparar con los obtenidos con estadisticas de orden estimadas a partir de muestras de tamano 4000 que para valores de a=0.0 y a=0.95 se muestran en las tablas 4.3 y 4.8.

### 3.3 Condiciones de ergodicidad

Se dice que un proceso estocastico es ergodico en el sentido debil (ERSD) si su función de autocovariancia y su media pueden ser obtenidas a partir de promedios con una realización cualquiera de dicho proceso.

Sean Mzi el estimador de E{Zi} y MCzi[l] el estimador de la autocovariancia Czi[l]=E{(Zi[j]-E{Zi})(Zi[j+l]-E{Zi})} del proceso estacionario {Zi[j],j=1,2,...}, tales que,

$$Mzi=(1/m)\sum_{j=1}^{m} zi[j] \qquad 3\text{-}11$$

y

$$MCzi[l]=(1/(m-1))\sum_{j=1}^{m-1}(zi[j]-E\{Zi\})(zi[j+l]-E\{Zi\}). \qquad 3\text{-}12$$

Bentad y Piersol [BP1] demuestran que si el proceso es ERSD entonces,

$$\lim_{m\to\infty}\{Mzi\}=E\{Zi\}, \quad y \quad \lim_{m\to\infty}\{MCzi[l]\}=Czi[l]. \qquad 3\text{-}13$$

Si Mzi es insesgada una condición suficiente para que Mzi sea consistente es que,

$$\lim_{m\to\infty}\{var(Mzi)\}=0. \qquad 3\text{-}14$$

Es facil ver que,

$$var\{Mzi\}=(1/m)\sum_{j=-(m-1)}^{(m-1)}(1-|j|/m)Czi[j] \quad \text{<6>}. \qquad 3\text{-}15$$

Para valuar la ecuación inmediata anterior es necesario conocer la funcion Czi[j] o estimarla. Dado que dicha función no se conocía y que para estimarla se necesitaban muestras {zi[j],j=1,2,...} muy grandes, la condición

--------

<6> ver [P1,pag.247;9.141]

anterior no se valuó, pero la variación de los estimados de las estadisticas de orden a partir de muestras de tamano 3500 y muestras de tamano 4000 se consideró despreciable por lo que se optó en no probar con rigor la convergencia de los estimadores usados.

# CAPITULO 4
# RESULTADOS

## 4.1 Códigos Obtenidos

La estadística de orden E{Zi} de la salida de una fuente gaussiana autorregresiva de orden uno con constante de autorregresion 'a' dada se estimó usando una muestra de tamaño 4000 {zi[j],j=1,2,...,4000} de dicha salida. Lo anterior se hizo para valores de i=1,2,...,400 y valores de a=0.0, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 0.95 .

Para los casos de a=0.0 y a=0.95 también se obtuvieron estadísticas de orden a partir de muestras de tamano 3500 con motivo de comparación.

Dichas estadísticas de orden son teóricamente simétricas (E{Zi}=E{Z(n+1-i)}), por lo que para obtener códigos permutacionales con el algoritmo de prueba y error a partir de las estadísticas estimadas, se tomaron solo las primeras 200, es decir, solo las positivas, y las 200 negativas se obtuvieron de las positivas cambiándoles de signo.

Los códigos obtenidos se presentan en las tablas 4.1-4.8. En la tabla 4.9 se presentan los códigos permutacionales óptimos en el sentido del EMC para las estadísticas de orden teóricas de una fuente gaussiana con constante de autorregresión cero, que han sido tabuladas por Harter [H1].

Las estadísticas de orden estimadas para a=0.0, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 y 0.95 asi como las estadísticas de orden teóricas todas para fuentes gaussianas se presentan en el apendice B.

También en el apendice B se presentan tablas que muestran los porcentajes de error entre las estadísticas de orden estimadas de {zi[j],j=1,4000} con a=0.0 y las estadísticas de orden teóricas. Similarmente se presentan porcentajes de error entre las estadísticas de orden estimadas de {zi[j],j=1,3500} y las estimadas de {zi[j],j=1,4000} para a=0.0 y 0.95.

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTOCORRELACION a=0.0 Y TAMAÑO DE ARREGLO n=400. OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 3500. VARIANCIA ESTIMADA=0.99916

| R | RHAT | D/E(X$^2$) | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.618760 | 1 | 2.116930 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.348708 | 1 | 1.682056 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.175285 | 1 | 2.619681 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.294232 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.088651 | 1 | 2.810225 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 1.915388 | 21 | |
| | | | 3 | 0.954251 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4994 | 0.046135 | 1 | 2.966653 | 1 | 11 |
| | | | 2 | 2.570350 | 2 | |
| | | | 3 | 2.032048 | 12 | |
| | | | 4 | 1.372403 | 41 | |
| | | | 5 | 0.689399 | 88 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 112 | |
| 3.0 | 3.0000 | 0.025389 | 1 | 2.966653 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 2.570350 | 2 | |
| | | | 3 | 2.283436 | 3 | |
| | | | 4 | 1.911832 | 11 | |
| | | | 5 | 1.451120 | 26 | |
| | | | 6 | 0.968868 | 49 | |
| | | | 7 | 0.480309 | 70 | |
| | | | 8 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.1

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.95 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 3500. VARIANCIA ESTIMADA 10.26231

| R | RHAT | $D/E\{X^2\}$ | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.685420 | 1 | 6.162810 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.436240 | 1 | 5.015403 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4999 | 0.283576 | 1 | 7.509740 | 2 | 5 |
| | | | 2 | 3.862528 | 91 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 214 | |
| 2.0 | 1.9991 | 0.209254 | 1 | 7.707653 | 1 | 7 |
| | | | 2 | 5.640717 | 25 | |
| | | | 3 | 2.889498 | 92 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 164 | |
| 2.5 | 2.4995 | 0.172727 | 1 | 7.509740 | 2 | 9 |
| | | | 2 | 6.036480 | 14 | |
| | | | 3 | 4.105464 | 42 | |
| | | | 4 | 2.066073 | 86 | |
| | | | 5 | 0.000000 | 112 | |
| 3.0 | 2.9998 | 0.154772 | 1 | 7.092385 | 5 | 11 |
| | | | 2 | 5.682449 | 14 | |
| | | | 3 | 4.261871 | 28 | |
| | | | 4 | 2.845010 | 48 | |
| | | | 5 | 1.414896 | 67 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.2

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.0 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISITCAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 4000. VARIANCIA ESTIMADA=0.99927

| R | RHAT | $D/E(X^2)$ | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.618897 | 1 | 2.116674 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.348994 | 1 | 1.681785 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.175651 | 1 | 2.619912 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.293955 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.089386 | 1 | 2.810895 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 1.915110 | 21 | |
| | | | 3 | 0.953872 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4994 | 0.046666 | 1 | 2.967746 | 1 | 11 |
| | | | 2 | 2.570309 | 2 | |
| | | | 3 | 2.031667 | 12 | |
| | | | 4 | 1.372149 | 41 | |
| | | | 5 | 0.689047 | 88 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 112 | |
| 3.0 | 3.0000 | 0.025892 | 1 | 2.967746 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 2.570309 | 2 | |
| | | | 3 | 2.283280 | 3 | |
| | | | 4 | 1.911387 | 11 | |
| | | | 5 | 1.450847 | 26 | |
| | | | 6 | 0.968583 | 49 | |
| | | | 7 | 0.480081 | 70 | |
| | | | 8 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.3

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.1 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 4000. VARIANCIA ESTIMADA=1.01073

| R | RHAT | $D/E(X^2)$ | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.618941 | 1 | 2.128652 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.348555 | 1 | 1.691971 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.175739 | 1 | 2.635673 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.301193 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.089448 | 1 | 2.829615 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 1.926649 | 21 | |
| | | | 3 | 0.958846 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4994 | 0.046700 | 1 | 2.984478 | 1 | 11 |
| | | | 2 | 2.588625 | 2 | |
| | | | 3 | 2.042181 | 12 | |
| | | | 4 | 1.360734 | 41 | |
| | | | 5 | 0.692391 | 88 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 112 | |
| 3.0 | 3.0000 | 0.025926 | 1 | 2.984478 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 2.588625 | 2 | |
| | | | 3 | 2.293013 | 3 | |
| | | | 4 | 1.922392 | 11 | |
| | | | 5 | 1.460249 | 26 | |
| | | | 6 | 0.973291 | 49 | |
| | | | 7 | 0.482749 | 70 | |
| | | | 8 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.4

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.25 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 4000. VARIANCIA ESTIMADA=1.06679

| R | RHAT | $D/E(X^2)$ | 1 | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.618932 | 1 | 2.186910 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.348837 | 1 | 1.737881 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.176005 | 1 | 2.708205 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.336487 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.089779 | 1 | 2.907696 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 1.979086 | 21 | |
| | | | 3 | 0.984787 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4994 | 0.047147 | 1 | 3.066574 | 1 | 11 |
| | | | 2 | 2.658810 | 2 | |
| | | | 3 | 2.098296 | 12 | |
| | | | 4 | 1.417741 | 41 | |
| | | | 5 | 0.711213 | 88 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 112 | |
| 3.0 | 3.0000 | 0.026343 | 1 | 3.066574 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 2.658810 | 2 | |
| | | | 3 | 2.358073 | 3 | |
| | | | 4 | 1.974460 | 11 | |
| | | | 5 | 1.499701 | 26 | |
| | | | 6 | 0.999673 | 49 | |
| | | | 7 | 0.495484 | 70 | |
| | | | 8 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.5

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.50 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 4000. VARIANCIA ESTIMADA=1.33313

| R | RHAT | $D/E(X^2)$ | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.623474 | 1 | 2.430105 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9888 | 0.355688 | 1 | 1.932507 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.184444 | 1 | 3.003360 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.487216 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.099819 | 1 | 3.217273 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 2.200714 | 21 | |
| | | | 3 | 1.095466 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4999 | 0.057726 | 1 | 3.097289 | 3 | 9 |
| | | | 2 | 2.333379 | 12 | |
| | | | 3 | 1.561610 | 43 | |
| | | | 4 | 0.784099 | 85 | |
| | | | 5 | 0.000000 | 114 | |
| 3.0 | 2.9999 | 0.037131 | 1 | 3.386303 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 2.952783 | 2 | |
| | | | 3 | 2.620306 | 3 | |
| | | | 4 | 2.196272 | 11 | |
| | | | 5 | 1.659086 | 27 | |
| | | | 6 | 1.111954 | 47 | |
| | | | 7 | 0.561208 | 69 | |
| | | | 8 | 0.000000 | 80 | |

TABLA 4.6

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.75 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 4000. VARIANCIA ESTIMADA=2.28485

| R | RHAT | $D/E\{X^2\}$ | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.629753 | 1 | 3.154754 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.363540 | 1 | 2.514493 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.193755 | 1 | 3.865451 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.940150 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.109630 | 1 | 4.117060 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 2.865236 | 21 | |
| | | | 3 | 1.430609 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4999 | 0.067923 | 1 | 3.976761 | 3 | 9 |
| | | | 2 | 3.038659 | 12 | |
| | | | 3 | 2.036606 | 43 | |
| | | | 4 | 1.025168 | 85 | |
| | | | 5 | 0.000000 | 114 | |
| 3.0 | 2.9994 | 0.047600 | 1 | 4.117060 | 2 | 13 |
| | | | 2 | 3.479293 | 4 | |
| | | | 3 | 2.836224 | 12 | |
| | | | 4 | 2.147763 | 26 | |
| | | | 5 | 1.445841 | 48 | |
| | | | 6 | 0.723210 | 69 | |
| | | | 7 | 0.000000 | 78 | |

TABLA 4.7

CPP PARA FUENTE GAUSSIANA CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.95 Y UN TAMAÑO DE ARREGLO n=400 OBTENIDOS A PARTIR DE ESTADISTICAS DE ORDEN ESTIMADAS CON MUESTRAS DE TAMAÑO 4000. VARIANCIA ESTIMADA=10.26965

| R | RHAT | $D/E\{X^2\}$ | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.685422 | 1 | 6.164996 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.435888 | 1 | 5.018759 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4999 | 0.282591 | 1 | 7.515324 | 2 | 5 |
| | | | 2 | 3.866663 | 91 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 214 | |
| 2.0 | 1.9975 | 0.208126 | 1 | 7.712436 | 1 | 7 |
| | | | 2 | 5.685526 | 24 | |
| | | | 3 | 2.985840 | 95 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 160 | |
| 2.5 | 2.4999 | 0.171452 | 1 | 7.712436 | 1 | 9 |
| | | | 2 | 6.123452 | 15 | |
| | | | 3 | 4.068230 | 44 | |
| | | | 4 | 2.010392 | 87 | |
| | | | 5 | 0.000000 | 106 | |
| 3.0 | 2.9998 | 0.153456 | 1 | 7.096231 | 5 | 11 |
| | | | 2 | 5.684236 | 14 | |
| | | | 3 | 4.265964 | 28 | |
| | | | 4 | 2.850008 | 48 | |
| | | | 5 | 1.420388 | 67 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.8

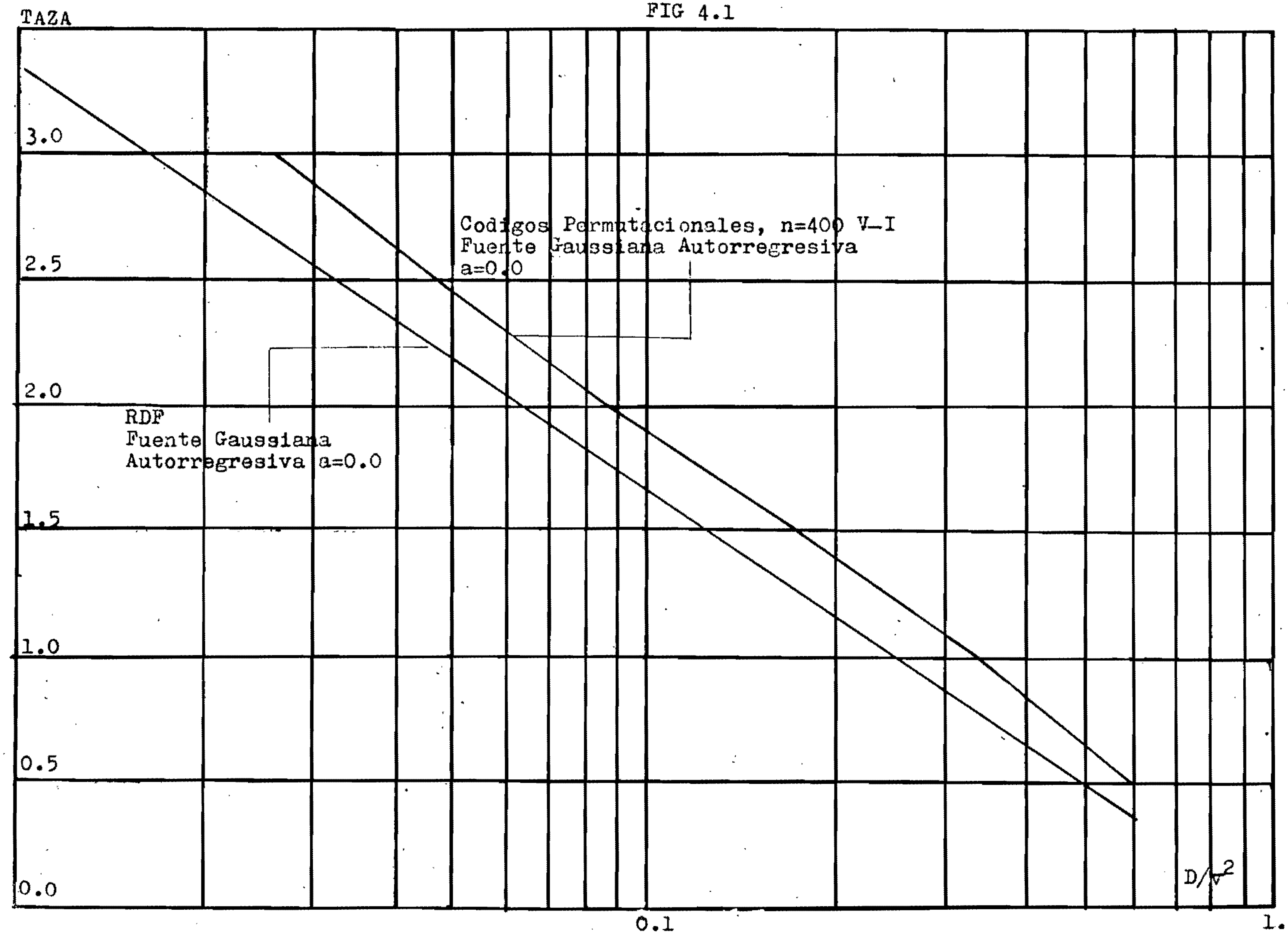
CPP PARA FUENTE GAUSSIANA USANDO ESTADISTICAS DE ORDEN TEORICAS CON TAMANO DE ARREGLO n=400. VARIANCIA=1.0

| R | RHAT | D/E{X^2} | i | ui | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4878 | 0.619175 | 1 | 2.116670 | 17 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 366 | |
| 1.0 | 0.9880 | 0.349169 | 1 | 1.682171 | 46 | 3 |
| | | | 2 | 0.000000 | 308 | |
| 1.5 | 1.4992 | 0.176155 | 1 | 2.620705 | 4 | 5 |
| | | | 2 | 1.293966 | 82 | |
| | | | 3 | 0.000000 | 228 | |
| 2.0 | 1.9979 | 0.090118 | 1 | 2.812895 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 1.915456 | 21 | |
| | | | 3 | 0.953529 | 98 | |
| | | | 4 | 0.000000 | 158 | |
| 2.5 | 2.4994 | 0.047540 | 1 | 2.968180 | 1 | 11 |
| | | | 2 | 2.572835 | 2 | |
| | | | 3 | 2.030998 | 12 | |
| | | | 4 | 1.372569 | 41 | |
| | | | 5 | 0.688393 | 88 | |
| | | | 6 | 0.000000 | 112 | |
| 3.0 | 3.0000 | 0.026734 | 1 | 2.968180 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 2.572835 | 2 | |
| | | | 3 | 2.281557 | 3 | |
| | | | 4 | 1.911351 | 11 | |
| | | | 5 | 1.451514 | 26 | |
| | | | 6 | 0.968277 | 49 | |
| | | | 7 | 0.479316 | 70 | |
| | | | 8 | 0.000000 | 76 | |

TABLA 4.9

Las funciones taza-distorsión de la salida de un cuantizador permutacional que cuantiza la salida de una fuente autorregresiva de orden 1 para valores del coeficiente de autorregresión de a=0.0, a=0.5, a=0.75 y a=0.95 se presentan graficadas en las figuras 4.1-4.4 . Dichas figuras resultan de graficar las tablas 4.3, 4.6, 4.7 y 4.8 .

FIG 4.1


TAZA
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.1
1.0
D/v^2
Codigos Permutacionales, n=400 V-I
Fuente Gaussiana Autorregresiva
a=0.0
RDF
Fuente Gaussiana
Autorregresiva a=0.0

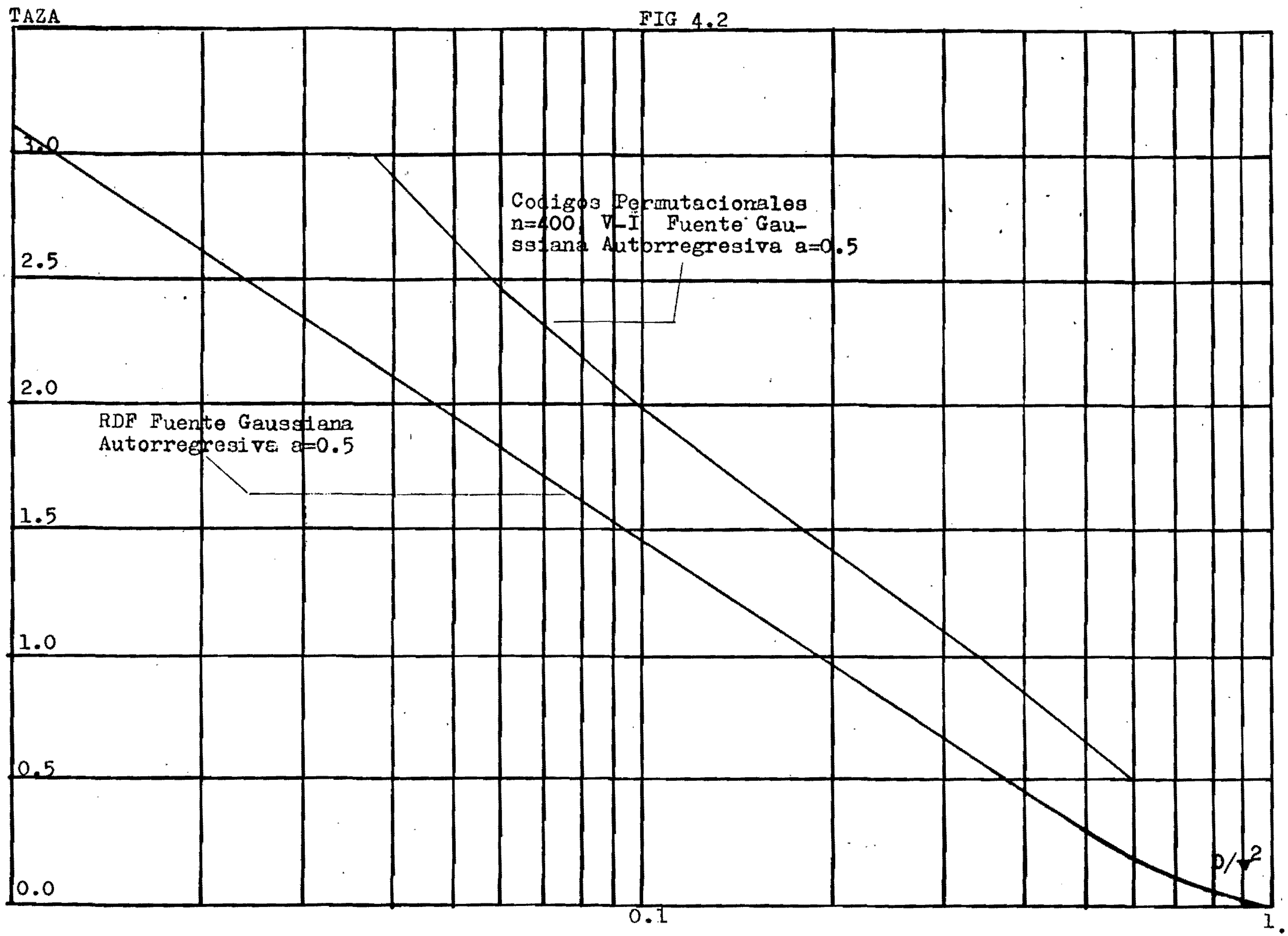

TAZA
FIG 4.2
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0.1
1.0
D/σ²
Codigos Permutacionales
n=400, V-I Fuente Gau-
ssiana Autorregresiva a=0.5
RDF Fuente Gaussiana
Autorregresiva a=0.5

FIG 4.3

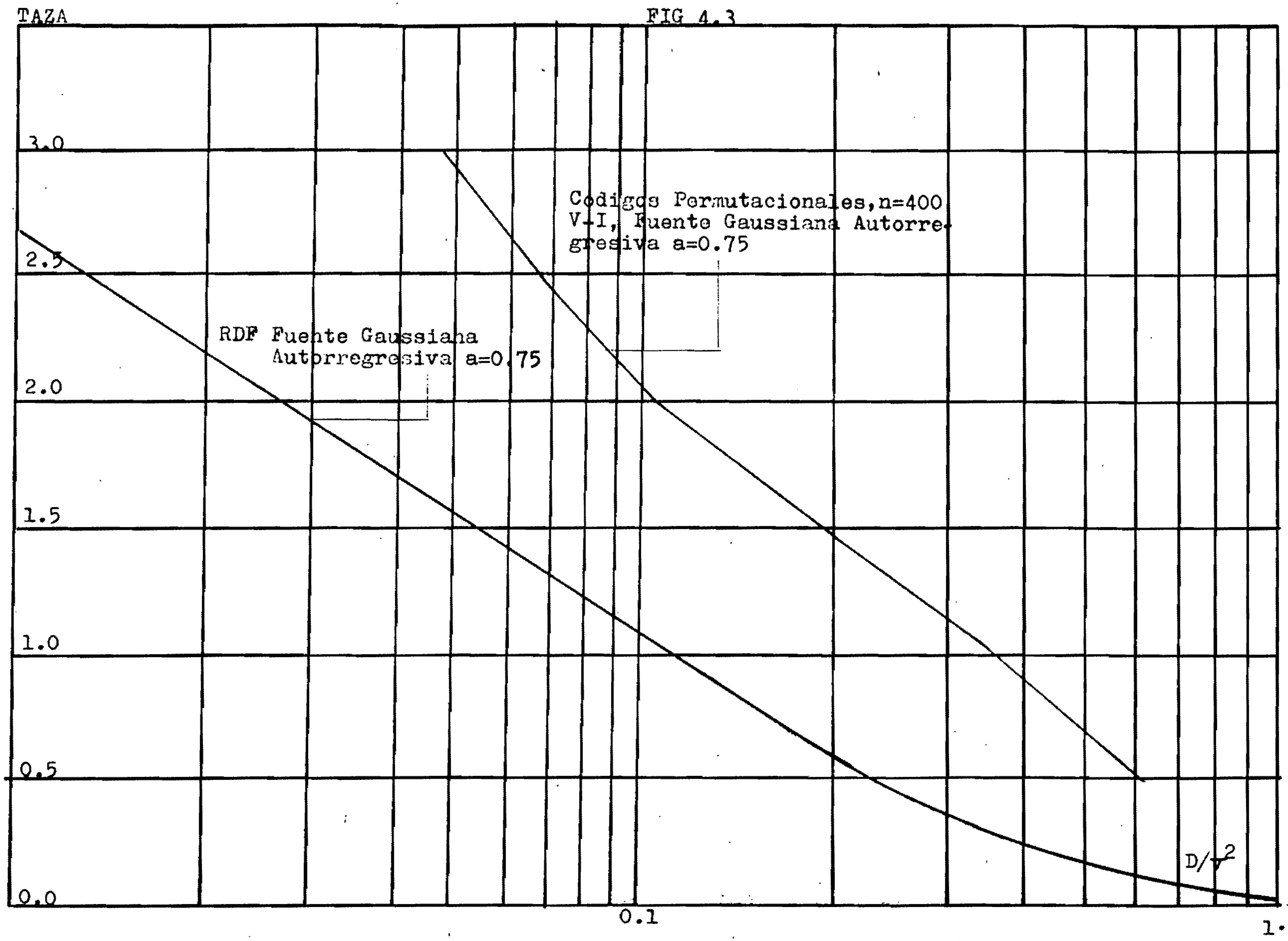

TAZA
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Codigos Permutacionales,n=400
V-I, Fuente Gaussiana Autorre-
gresiva a=0.75
RDF Fuente Gaussiana
Autorregresiva a=0.75
$D/\sigma^2$
0.1
1.0

FIG 4.4

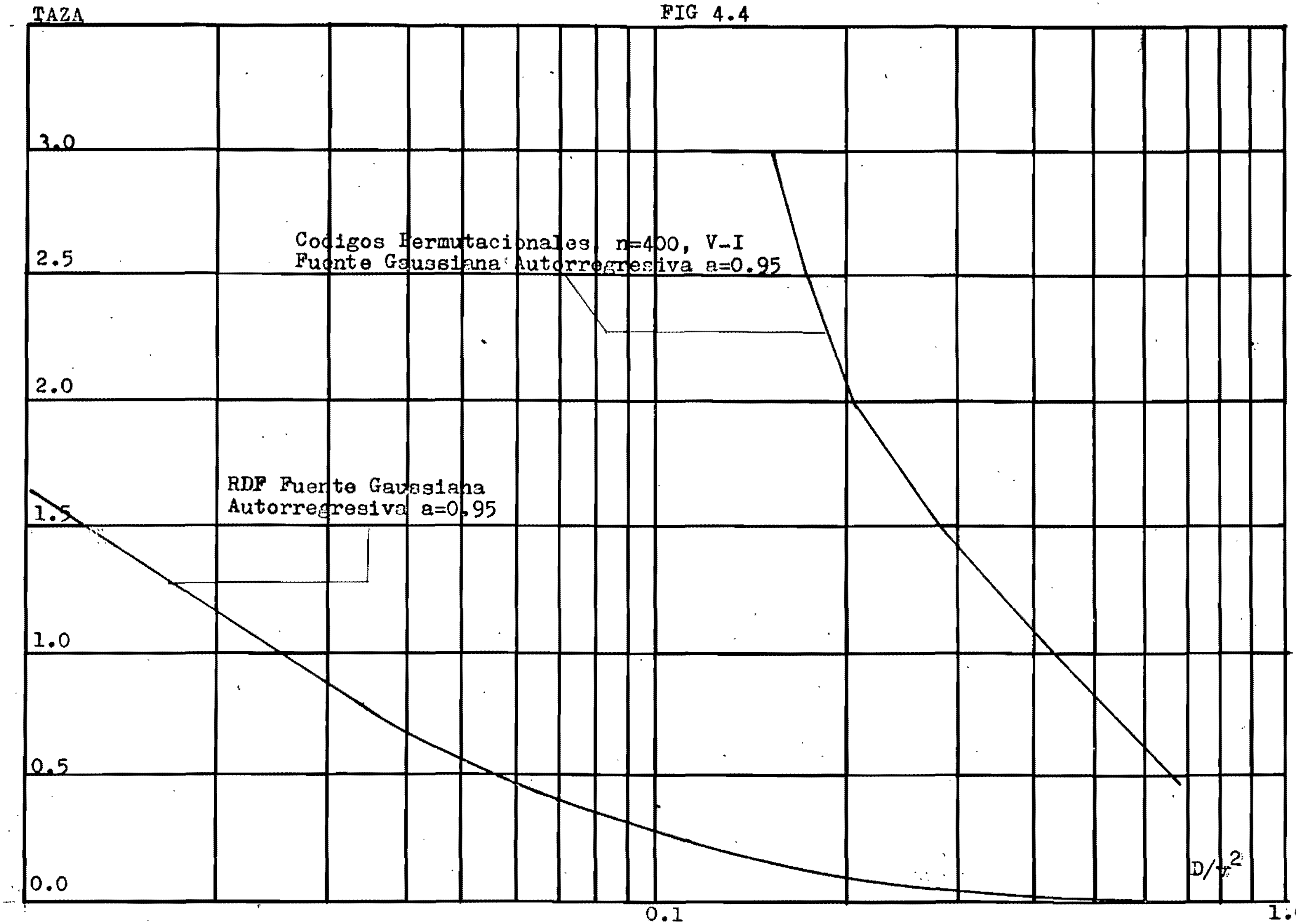
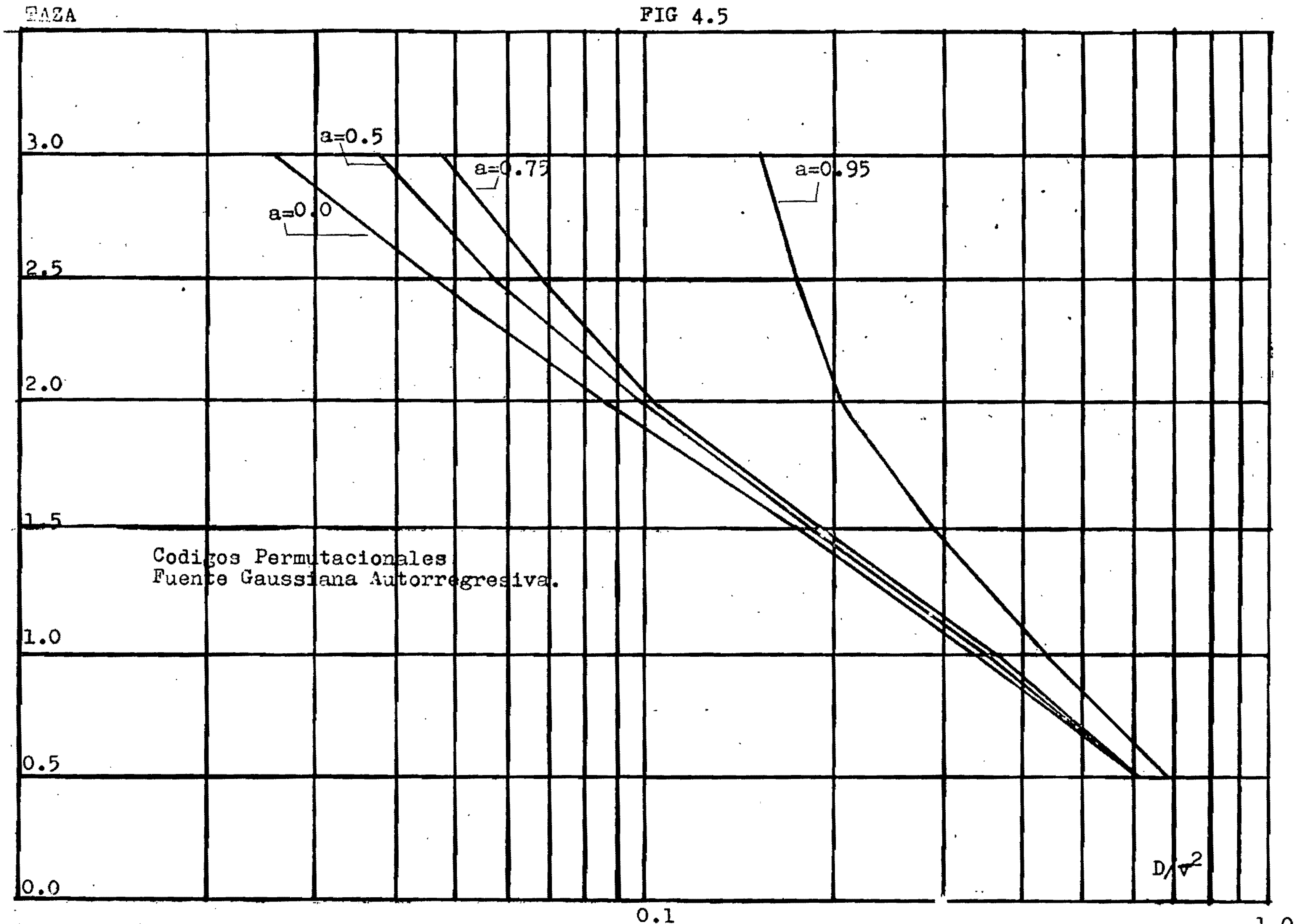

TAZA
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Codigos Permutacionales, n=400, V-I
Fuente Gaussiana Autorregresiva a=0.95
RDF Fuente Gaussiana
Autorregresiva a=0.95
0.1
1.0

FIG 4.5


TAZA
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
a=0.5
a=0.75
a=0.0
a=0.95
Codigos Permutacionales
Fuente Gaussiana Autorregresiva.
$D/\sigma^2$
0.1
1.0

# CAPITULO 5
# CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtuvieron de este trabajo se enlistan a continuación.

1. Los códigos permutacionales no toman en cuenta la corrrelación entre muestras de un arreglo para cuantizarlo. Por lo tanto tampoco aprovechan esta correlación para cuantizar.

2. La mecánica de los CPP destruye la información acerca de la correlación entre muestras que hay en los arreglos que se cuantizan.

3. Intuitivamente se puede corroborar que los CPP tienen un desempeño pobre cuando se cuantizan arrelgos cuuyas muestras estan altamente correlacionadas porque en dichos arreglos la probabilidad de que dos muestras consecutivas tengan magnitudes cercanas a un valor dado es relativamente grande, por lo tanto al comparar dichos arreglos con los arreglos de las estadísticas de orden cuyas muestras abarcan todo el intervalo entre un valor positivo y otro

negativo, el error es grande.

## APPENDICE A
## PROGRAMA PARA OBTENER CPP OPTIMOS

### A.1 Introducción:

Este programa hace una búsqueda del mejor CP en el sentido del EMC por medio de prueba y error. No busca exhaustivamente todas las soluciones posibles, pero se piensa que llega al mismo resultado al que llegaría un programa exhaustivo y utilizando una cantidad mucho menor de tiempo.

El programa trabaja con la variante I de los CPP y tiene las siguientes restricciones:

1. La estadística debe ser simétrica con media cero, así las estadísticas de orden correspondientes también serán simétricas.

2. Si se considera al conjunto de valores esperados $E\{Z_i\}$ como una función de $i$, entonces, para el variante I de los CPP dicha función debe cumplir con que sea una función convexa U para $i \in \{1,2,\ldots,[n/2]\}$ y cóncava para $i \in \{[n/2]+1,\ldots,n\}$ <a1>. Con ésto los parámetros

--------

<a1> Referirse a [B2, ap. III] para ver las condiciones que se requieren en la fuente (para el caso de fuente sin memoria) para que las condiciones de convexidad en las estadísticas de orden se cumplan.

ui se decrementarán monotónicamente conforme i se incremente de 1 a [(K+1)/2] y se incrementarán monotonicamente conforme i se incremente de [(K+1)/2] a K. Con las condiciones dadas de convexidad de los valores esperados, en los CPP óptimos, los parámetros 'ni' serán no decrecientes conforme i se incrementa de 1 a [(K+1)/2] y serán no crecientes conforme i se incremente de [(K+1)/2] a K <a2>.

3. Los valores de n y K deben ser par e impar respectivamente.

4. El valor de K debe ser mayor a 5 <a3>.

Este programa ofrece soluciones para una taza RH menor a la taza deseada R. Una explicación muy general, no detallada del funcionamiento del programa es la siguiente.

Supóngase que se tienen ya valores n1,n2,...nK, tales que, ni=n(K+1-i), i=1,...,(K-1)/2 , que n1+n2+...nK=n , que se tiene una taza RH<R, y que se tiene un conjunto {u1,u2,...,uK} donde uK=0, y ui=-u(K+1-i). Sea K1=(K+1)/2.

En el PASO UNO se hace,

--------

<a2> Ver demostracion en [B2 ap. III].

--------

<a3> Para K=<5 se uso un algoritmo exhaustivo.

n(K1-1)<--n(K1-1)+1
n(K1)<--n(K1)-2
n(K1+1)<--n(K1+1)+1,
y se checa que las ni resultantes cumplan con:
ni=<n(i+1),i=1,K1-1
ni>=n(i+1),i=K1,K-1
que son las condiciones de monotonicidad en ni.

Se sigue el procedimiento anterior hasta un paso antes de que RH>R o de que no se cumplan las condiciones de monotonicidad en ni. Entonces, si el paso siguiente no se ha hecho, se guarda DH en DH1 y el conjunto {ni} y se va al paso siguiente. En caso contrario, se compara DH con DH1, si DH es menor que DH1, se guardan el conjunto {ni} y DH en DH1. Se procede al siguiente paso, PASO DOS,
n(K1-2)<--n(K1-2)+1
n(K1+2)<--n(k1+2)+1
n(K1-1)<--n(K1-2)
n(K1+1)<--n(K1+2)
n(K1)<-- n-n1-..-n(K1-1)-n(K1+1)-..-nK,
si se cumple la condicion de monotonicidad de ni y que RH sea menor o igual a R, ir al paso uno, si no ir al paso siguiente, PASO TRES,
n(K1+3)<--n(K1+3)+1
n(K1-3)<--n(K1-3)+1
n(K1-2)<--n(K1-3)
n(K1-1)<--n(K1-3)
n(K1+1)<--n(K1+3)
n(K1+2)<--n(K1+3)
n(K1)<-- n-n1-..n(K1-1)-n(K1+1)-..-n(K),

de lo anterior se ve que en este programa no se aumenta necesariamente los valores de n(K1-J) y n(K1+J), J>=2 (en nuestro caso particular se hizo la explicación para J=2) hasta que ya no se cumpla la condición de monotonicidad en ni o hasta que RH sea mayor a R, lo cual sería el caso exahustivo, sino que por se va comparando, digamos para el caso J=2, la nueva DH con la DH1 obtenida anteriormente. Si DH no es menor que DH1 entonces se supone que el valor de DH1 ya no va a mejorar si se sigue aumentando el valor de n(K1-2) y n(K1+2), por lo que se procede al paso siguiente.

La idea del algoritmo se aclara aun mas con la siguiente explicación, supongamos que se tiene una sucesion de v.a. i.i.d. gaussianas con variancia S, y que el conjunto de parametros ni tienen los siguientes valores,

```
n1=1    |
n2=1    |    ----------- extremos
n3=396
n4=1    |    ----------- extremos
n5=1    |
```

donde se tiene que RH=0.086385 y DH1/S=0.92063.

Los valores de ni anteriores para K=5, dan el valor de taza mas pequeno que se puede tener cuando se cumple que ni#0,i=1,K. Un aumento en los valores extremos de ni (n1 y n5) tiene mas peso en el aumento de la taza RH que un aumento en los valores ni mas centricos (n2 y n4).

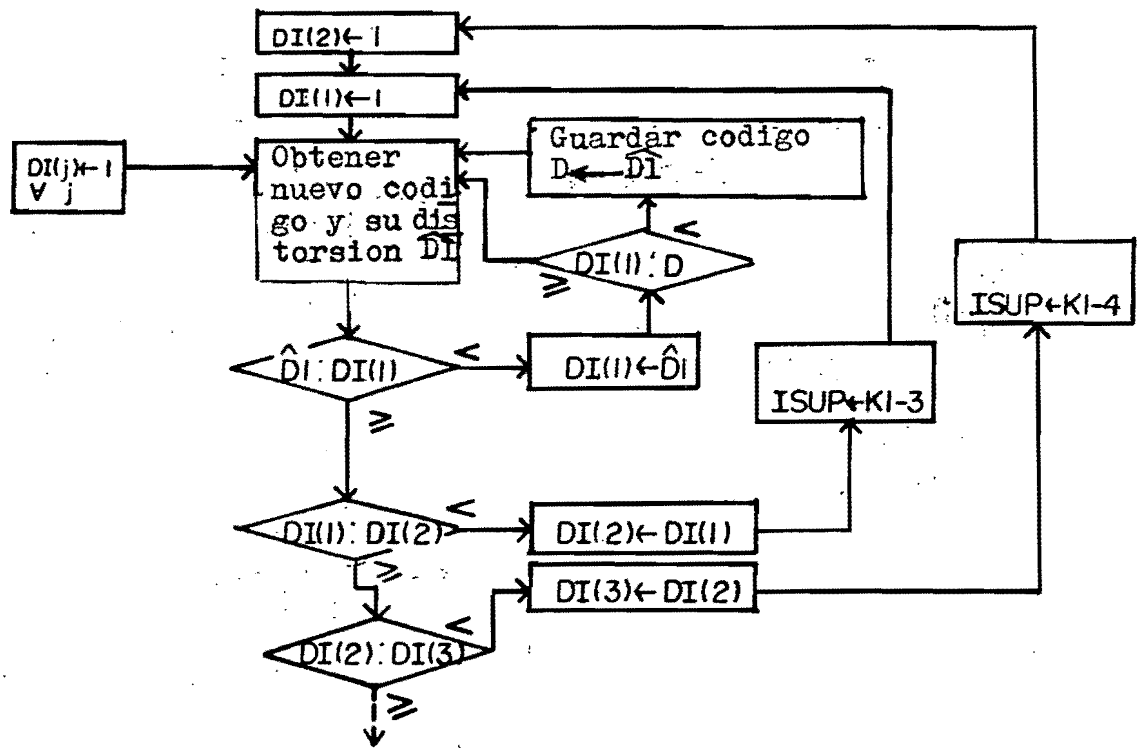
Con los valores anteriores ni,i=1,5 se tiene una distorsión DH1 relativamente grande porque casi todos lo valores de la muestra x de tamaño n de la salida de la fuente son mapeados a 0 en la codificación. Si se aumentaran los valores de n2 y n4 en uno, se disminuiría la distorsión y se aumentaría el valor de RH. Si se siguieran aumentando los valores de n2 y n4 sin pensar en una restricción en el valor de RH, el valor de DH1 se seguiría disminuyendo solo hasta cierto punto, para ilustrar esto se presenta la siguiente tabla para el caso gaussiano con v.a. i.i.d.

| | | | |
|---|---|---|---|
| n1 | 1 | 1 | 1 |
| n2 | 108 | 109 | 110 |
| n3 | 182 | 180 | 178 |
| n4 | 108 | 109 | 110 |
| n5 | 1 | 1 | 1 |
| DH1 | 0.178334 | 0.178304 | 0.178330 |

Cuando se aumenta n2 a 110, el peso de la distorsión relativa de mapear los n1+1 a n1+n2 mayores valores de x a u2 y los n1+n2+n3+1 a n1+n2+n3+n4 mayores valores de x a u4=-u2 crece a tal grado que hace que la distorsión total ya no disminuya por el hecho de que la distorsión de mapear los n1+n2+1 a n1+n2+n3 mayores valores de x a 0 vaya disminuyendo por disminuir el valor de n3.

El cambio en el valor de la distorsión de variar los valores de los parámetros ni es mayor si dichos parámetros son más extremos. La forma en que se van comparando las distorsiones obtenidas en el algoritmo para saber si se sigue aumentando el valor n(j) para una j determinada se presenta en el siguiente diagrama.

FIGURA A1


DI(2)←1
DI(1)←1
DI(j)←1 ∀ j
Obtener nuevo codigo y su distorsion D̂I
Guardar codigo D←D̂I
DI(1) : D
<
≥
D̂I : DI(1)
DI(1)←D̂I
ISUP←KI-3
ISUP←KI-4
DI(1) : DI(2)
DI(2)←DI(1)
DI(3)←DI(2)
DI(2) : DI(3)

A.2 Diagramas de flujo y codificación de PRUER.

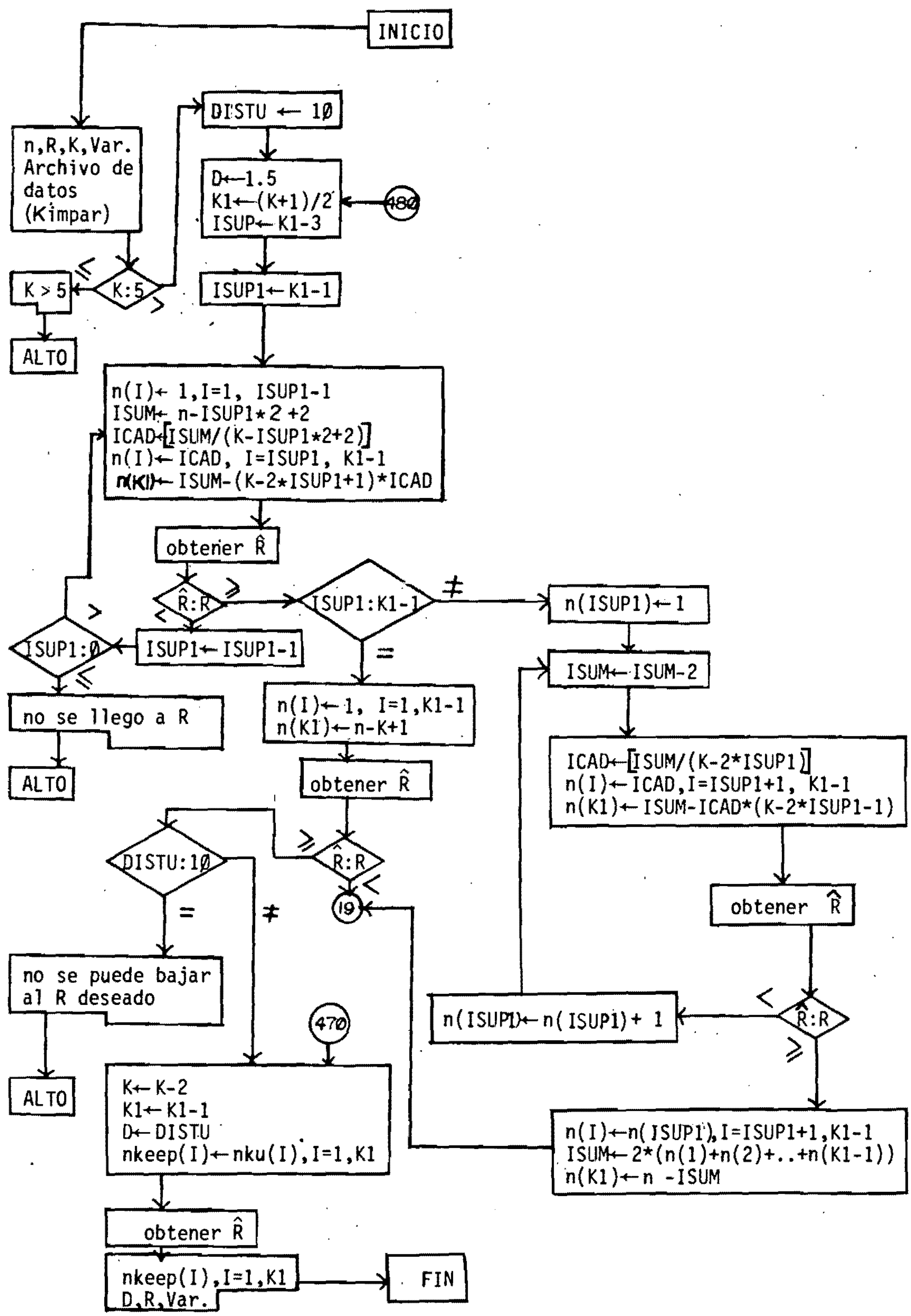
A continuación se presenta una tabla de códigos obtenidos para una fuente laplaciana con variancia=2. Se usaron las estadísticas de orden teóricas. Estos códigos se presentan para que se observe el desempeño de el programa de prueba y error para este tipo especial de estadística. Dichos códigos se pueden comparar con los obtenidos por Townes y O'Neal Jr. [T1].

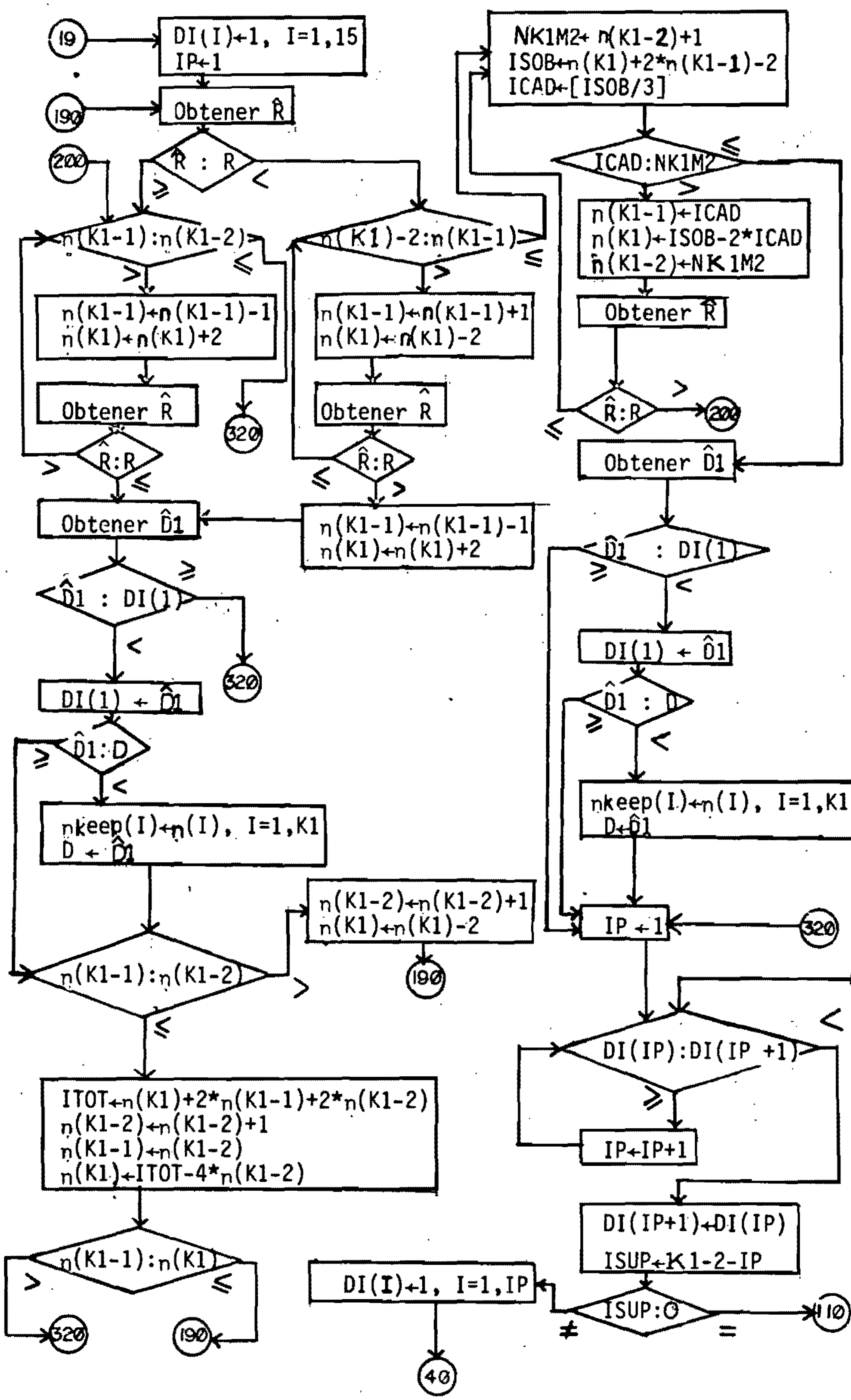
TABLA A.1

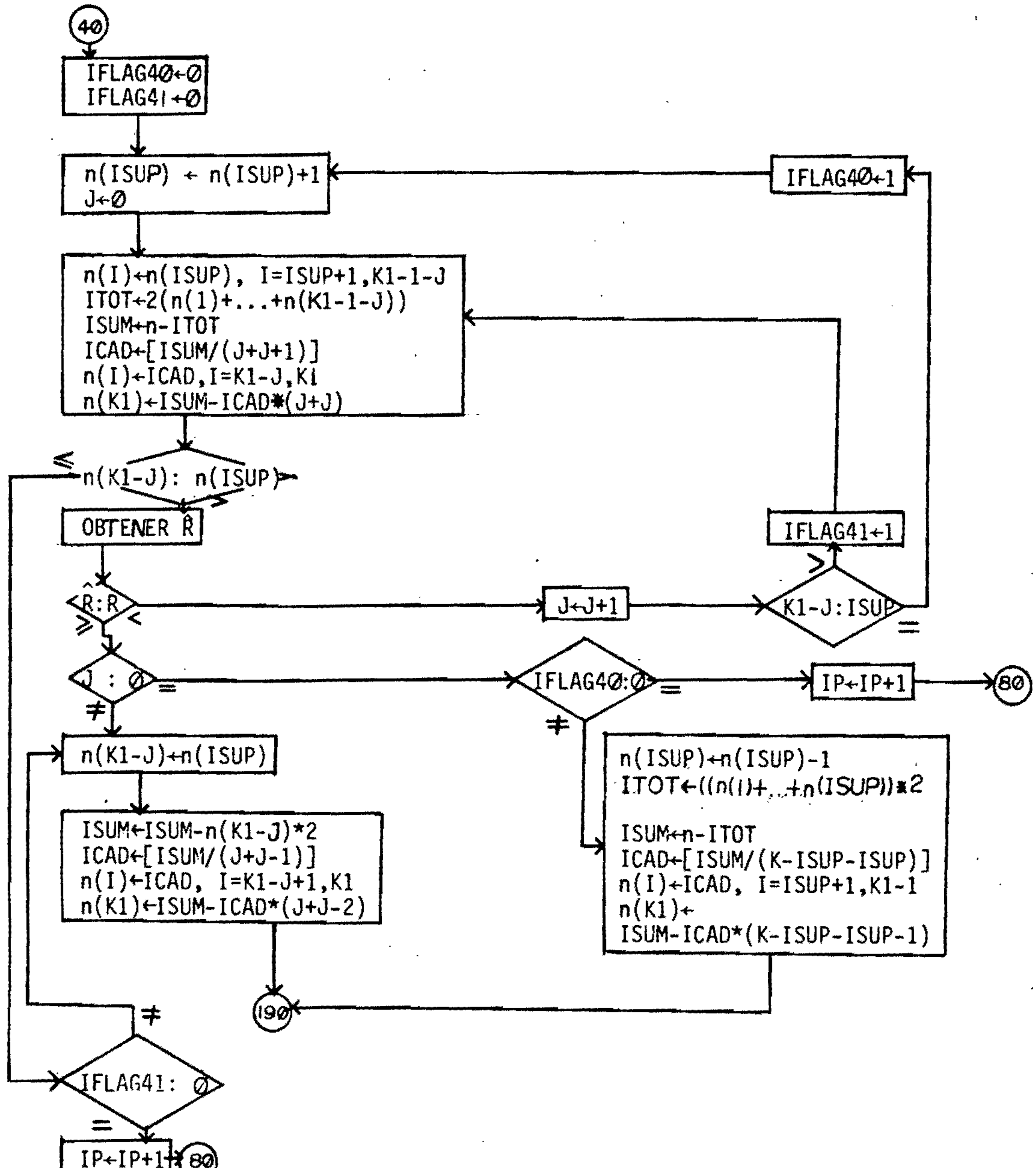
| R | RHAT | $D/E(X^2)$ | i | ni | K |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.4857 | 0.495990 | 1 | 1 | 5 |
| | | | 2 | 15 | |
| | | | 3 | 368 | |
| 1.0 | 0.9992 | 0.257001 | 1 | 3 | 5 |
| | | | 2 | 39 | |
| | | | 3 | 316 | |
| 1.5 | 1.4986 | 0.146958 | 1 | 2 | 7 |
| | | | 2 | 10 | |
| | | | 3 | 57 | |
| | | | 4 | 262 | |
| 2.0 | 1.9996 | 0.082198 | 1 | 1 | 11 |
| | | | 2 | 2 | |
| | | | 3 | 6 | |
| | | | 4 | 17 | |
| | | | 5 | 71 | |
| | | | 6 | 206 | |
| 2.5 | 2.4996 | 0.048595 | 1 | 1 | 15 |
| | | | 2 | 1 | |
| | | | 3 | 3 | |
| | | | 4 | 4 | |
| | | | 5 | 12 | |
| | | | 6 | 28 | |
| | | | 7 | 73 | |
| | | | 8 | 156 | |
| 3.0 | 2.9999 | 0.031607 | 1 | 1 | 21 |
| | | | 2 | 1 | |
| | | | 3 | 1 | |
| | | | 4 | 2 | |
| | | | 5 | 3 | |
| | | | 6 | 5 | |
| | | | 7 | 10 | |
| | | | 8 | 18 | |
| | | | 9 | 35 | |
| | | | 10 | 65 | |
| | | | 11 | 118 | |

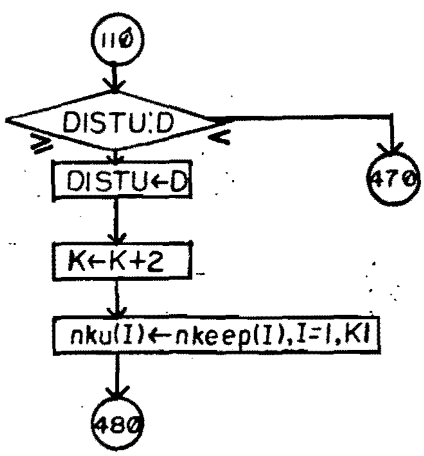
Los diagramas de flujo del programa de prueba y error se presentan en la figura A.2 También se presenta la codificación en FORTRAN del programa de prueba y error. Todos los cálculos de este trabajo se realizaron en una computadora PDP-11/34.

Para obtener los estimados de las estadísticas de orden se utilizó un programa de 'Quicksorting' [50].


INICIO
n,R,K,Var.
Archivo de datos
(Kimpar)
K:5
K > 5
ALTO
DISTU ← 10
D←1.5
K1←(K+1)/2
ISUP←K1-3
480
ISUP1←K1-1
n(I)← 1,I=1, ISUP1-1
ISUM← n-ISUP1*2 +2
ICAD←[ISUM/(K-ISUP1*2+2)]
n(I)←ICAD, I=ISUP1, K1-1
n(K1)←ISUM-(K-2*ISUP1+1)*ICAD
obtener R̂
R̂:R
ISUP1:K1-1
n(ISUP1)←1
ISUP1:0
ISUP1←ISUP1-1
ISUM←ISUM-2
no se llego a R
ALTO
n(I)←1, I=1,K1-1
n(K1)←n-K+1
obtener R̂
ICAD←[ISUM/(K-2*ISUP1)]
n(I)←ICAD,I=ISUP1+1, K1-1
n(K1)←ISUM-ICAD*(K-2*ISUP1-1)
DISTU:10
R̂:R
19
obtener R̂
no se puede bajar al R deseado
ALTO
470
n(ISUP1)←n(ISUP1)+ 1
R̂:R
K←K-2
K1←K1-1
D←DISTU
nkeep(I)←nku(I),I=1,K1
n(I)←n(ISUP1),I=ISUP1+1,K1-1
ISUM←2*(n(1)+n(2)+..+n(K1-1))
n(K1)←n -ISUM
obtener R̂
nkeep(I),I=1,K1
D,R,Var.
FIN


19
DI(I)←1, I=1,15
IP←1
190
Obtener R̂
200
R̂ : R
n(K1-1):n(K1-2)
n(K1)-2:n(K1-1)
n(K1-1)←n(K1-1)-1
n(K1)←n(K1)+2
n(K1-1)←n(K1-1)+1
n(K1)←n(K1)-2
Obtener R̂
320
R̂:R
Obtener D̂1
n(K1-1)←n(K1-1)-1
n(K1)←n(K1)+2
D̂1 : DI(1)
DI(1) ← D̂1
D̂1:D
nkeep(I)←n(I), I=1,K1
D ← D̂1
n(K1-2)←n(K1-2)+1
n(K1)←n(K1)-2
n(K1-1):n(K1-2)
ITOT←n(K1)+2*n(K1-1)+2*n(K1-2)
n(K1-2)←n(K1-2)+1
n(K1-1)←n(K1-2)
n(K1)←ITOT-4*n(K1-2)
n(K1-1):n(K1)
NK1M2← n(K1-2)+1
ISOB←n(K1)+2*n(K1-1)-2
ICAD←[ISOB/3]
ICAD:NK1M2
n(K1-1)←ICAD
n(K1)←ISOB-2*ICAD
n(K1-2)←NK1M2
IP ←1
80
DI(IP):DI(IP +1)
IP←IP+1
DI(IP+1)←DI(IP)
ISUP←K1-2-IP
DI(I)←1, I=1,IP
ISUP:0
110
40


40
IFLAG4Ø←Ø
IFLAG41←Ø
n(ISUP) ← n(ISUP)+1
J←Ø
n(I)←n(ISUP), I=ISUP+1,K1-1-J
ITOT←2(n(1)+...+n(K1-1-J))
ISUM←n-ITOT
ICAD←[ISUM/(J+J+1)]
n(I)←ICAD,I=K1-J,K1
n(K1)←ISUM-ICAD*(J+J)
n(K1-J): n(ISUP)
OBTENER R̂
R̂:R
J←J+1
K1-J:ISUP
IFLAG41←1
IFLAG4Ø←1
J : Ø
IFLAG4Ø:Ø
IP←IP+1
80
n(K1-J)←n(ISUP)
ISUM←ISUM-n(K1-J)*2
ICAD←[ISUM/(J+J-1)]
n(I)←ICAD, I=K1-J+1,K1
n(K1)←ISUM-ICAD*(J+J-2)
n(ISUP)←n(ISUP)-1
ITOT←((n(1)+...+n(ISUP))*2
ISUM←n-ITOT
ICAD←[ISUM/(K-ISUP-ISUP)]
n(I)←ICAD, I=ISUP+1,K1-1
n(K1)←
ISUM-ICAD*(K-ISUP-ISUP-1)
190
IFLAG41: Ø
IP←IP+1
80


110
DISTU:D
≥
<
470
DISTU←D
K←K+2
nku(I)←nkeep(I),I=1,KI
480

```
C       PROGRAMA BAJO EL NOMBRE DE *PRUER16.FTN* ES UNA BUSQUEDA
C       DEL MEJOR CODIGO PERMUTACIONAL.
C       PROGRAMA HECHO POR ALFREDO MATEOS
C       LAS ESTADISTICAS DE ORDEN SON SIMETRICAS, K ES IMPAR
C       N (AQUI N1) ES PAR, SE TRABAJA CON LA MITAD DE LAS
C       ESTADISTICAS DE ORDEN DE ENTRADA (PUES LA OTRA MITAD
C       SE CONSIDERA IGUAL PERO DE SIGNO CONTRARIO)
C       LAS ESTADISTICAS DE ORDEN DE ENTRADA SON DE DOBLE PRECISION
C       EL VALOR DE K SE VA AUMENTANDO HASTA QUE YA NO HAY MEJORIA
C       EN EL CODIGO PERMUTACIONAL OBTENIDO. EL VALOR MINIMO DE K ES
C       DE 7.
C       EL PROGRAMA NECESITA LEER UN ARCHIVO LLAMADO 'FACTO1.DAT'
C       QUE CONTIENE LOS LOGARITMOS BASE DOS DE LOS FACTORIALES DEL
C       1 AL 400 Y LOS GUARDA EN MEMORIA.
        DOUBLE PRECISION A(400)
        DIMENSION N(15),NKEEP(15),EX(400),FAC(400),DI(15),U(15),
     1  NKU(15)
        INTEGER ARCHIV(15),DAT(5)
        TYPE 1000
1000    FORMAT(5X,'ENTER N1 ',$)
        ACCEPT 2000,N1
2000    FORMAT(I5)
        AN1=FLOAT(N1)
        TYPE 1001
1001    FORMAT(5X,'ENTER RATE ',$)
        ACCEPT 2001,R
2001    FORMAT(F10.5)
        TYPE 1002
1002    FORMAT(5X,'ENTER NAME OF DATA FILE ',$)
        ACCEPT 2002,(ARCHIV(I),I=1,15)
2002    FORMAT(15A2)
        CALL ASSIGN(3,ARCHIV)
        DEFINE FILE 3(1,2048,U,IVAR3)
        L=N1/2
        READ(3'1)(A(I),I=1,L)
        CALL CLOSE(3)
        DO 20 I=1,L
        EX(I)=A(I)
20      EX(L+I)=-A(L-I+1)
        TYPE 1003
1003    FORMAT(5X,'ENTER VALUE OF VARIANCE OF SOURCE ',$)
        ACCEPT 2001,VAR
C       FACTORIAL READING
        CALL ASSIGN(3,'FACTO1.DAT;1',12)
        DEFINE FILE 3(1,2048,U,IVAR3)
        READ(3'1)(FAC(I),I=1,N1)
        CALL CLOSE(3)
C
        WRITE(5,5001)
5001    FORMAT(5X,'ENTER INITIAL VALUE OF K->',$)
        READ(5,2000) K
        IF(K.LE.5)GOTO450
        VAR1=2./AN1/VAR
        DISTU=10.
C
480     D=1.5
        K1=(K+1)/2
        ISUP=K1-3
        KUMU=K1-1
        KUMT=K1-2
        FAN1=FAC(N1)
C
        ISUP1=KUMU
10      DO 6 I=1,ISUP1-1
6       N(I)=1
        ISUM=N1-ISUP1-ISUP1+2
        ICAD=ISUM/(K-ISUP1-ISUP1+2)
        DO 7 I=ISUP1,KUMU
7       N(I)=ICAD
        N(K1)=ISUM-(K-ISUP1-ISUP1+1)*ICAD
        RHAT=0.
        DO 8 I=ISUP1,KUMU
8       RHAT=RHAT-FAC(N(I))
        RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
        IF(RHAT.GE.R)GOTO9
```

```
          ISUP1=ISUP1-1
          IF(ISUP1.GT.0)GOTO10
          GOTO460
9         IF(ISUP1.EQ.KUMU)GOTO18
          N(ISUP1)=1
11        ISUM=ISUM-2
          ICAD=ISUM/(K-ISUP1-ISUP1)
          DO 12 I=ISUP1+1,KUMU
12        N(I)=ICAD
          N(K1)=ISUM-ICAD*(K-ISUP1-ISUP1-1)
          RHAT=0.
          DO 13 I=ISUP1,KUMU
13        RHAT=RHAT-FAC(N(I))
          RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
          IF(RHAT.GE.R)GOTO14
          N(ISUP1)=N(ISUP1)+1
          GOTO11
14        DO 15 I=ISUP1+1,KUMU
15        N(I)=N(ISUP1)
          ISUM=0
          DO 16 I=1,KUMU
16        ISUM=ISUM+N(I)+N(I)
          N(K1)=N1-ISUM
          GOTO19
18        DO 21 I=1,KUMU
21        N(I)=1
          N(K1)=N1-K+1
C
          RHAT=(FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
          IF(RHAT.LT.R)GOTO19
          IF(DISTU.EQ.10.)GOTO600
          GOTO470
C
19        DO 5 I=1,15
5         DI(I)=1.
          IP=1
          GOTO190
C
40        IFLG40=0
          IFLG41=0
41        N(ISUP)=N(ISUP)+1
          J=0
C
42        DO 52 I=ISUP+1,KUMU-J
52        N(I)=N(ISUP)
          ITOT=0
          DO 53 I=1,KUMU-J
53        ITOT=ITOT+N(I)+N(I)
          ISUM=N1-ITOT
          ICAD=ISUM/(J+J+1)
          DO 54 I=K1-J,K1
54        N(I)=ICAD
          N(K1)=ISUM-ICAD*(J+J)
C
          IF(N(K1-J).GT.N(ISUP))GOTO94
43        IF(IFLG41.EQ.0)GOTO93
          IP=IP+1
          GOTO80
94        RHAT=0.
          DO 55 I=1,KUMU
55        RHAT=RHAT-FAC(N(I))
          RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
          IF(RHAT.LT.R)GOTO44
45        IF(J.EQ.0)GOTO46
C
93        N(K1-J)=N(ISUP)
          ISUM=ISUM-N(ISUP)-N(ISUP)
          ICAD=ISUM/(J+J-1)
          DO 56 I=K1-J+1,K1
56        N(I)=ICAD
          N(K1)=ISUM-ICAD*(J+J-2)
          GOTO190
46        IF(IFLG40.NE.0)GOTO48
          IP=IP+1
          GOTO80
```

```
C
48        N(ISUP)=N(ISUP)-1
          ITOT=0
          DO 57 I=1,ISUP
57        ITOT=ITOT+N(I)+N(I)
          ISUM=N1-ITOT
          ICAD=ISUM/(K-ISUP-ISUP)
          DO 47 I=ISUP+1,KUMU
47        N(I)=ICAD
          N(K1)=ISUM-ICAD*(K-ISUP-ISUP-1)
          GOTO190
44        J=J+1
          IF(K1-J.EQ.ISUP)GOTO92
          IFLG41=1
          GOTO42
92        IFLG40=1
          GOTO41
190       RHAT=0.
          DO 191 I=1,KUMU
191       RHAT=RHAT-FAC(N(I))
          RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
C
          IF(RHAT.LT.R)GOTO210
200       IF(N(KUMU).GE.N(KUMT))GOTO320
310       N(KUMU)=N(KUMU)-1
          N(K1)=N(K1)+2
          RHAT=0.
          DO 311 I=1,KUMU
311       RHAT=RHAT-FAC(N(I))
          RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
C
          IF(RHAT.GT.R)GOTO200
300       J1=1
          J2=N(1)
          DO 504 I=1,KUMU
          U(I)=0.
          DO 505 J=J1,J2
505       U(I)=U(I)+EX(J)
          U(I)=U(I)/FLOAT(N(I))
          J1=J2+1
504       J2=J2+N(I+1)
          U(K1)=0.
          DHAT1=0.
          DO 506 I=1,KUMU
506       DHAT1=DHAT1-FLOAT(N(I))*U(I)**2
          DHAT1=DHAT1*VAR1+1.
C
          IF(DHAT1.GE.DI(1))GOTO320
          DI(1)=DHAT1
          IF(DHAT1.GE.D)GOTO330
          DO 331 I=1,K1
331       NKEEP(I)=N(I)
          D=DHAT1
          TYPE *,'D=',D
330       IF(N(KUMU).LE.N(KUMT))GOTO350
C
340       N(KUMT)=N(KUMT)+1
          N(K1)=N(K1)-2
C
          GOTO190
C
350       ITOT=N(K1)+2*N(KUMU)+2*N(KUMT)
          N2=N(KUMT)+1
          N(KUMT)=N2
          N(KUMU)=N2
          N(K1)=ITOT-4*N2
C
360       IF(N(KUMU).GT.N(K1))GOTO320
          GOTO190
210       IF(N(K1)-2.GT.N(KUMU))GOTO220
260       NK1M2=N(KUMT)+1
          ISOB=N(K1)+N(KUMU)+N(KUMU)-2
          ICAD=ISOB/3
          IF(ICAD.LE.NK1M2)GOTO325
C
```

```
270     N(KUMU)=ICAD
        N(K1)=ISOB-ICAD-ICAD
        N(KUMT)=NK1M2
        RHAT=0..
        DO 271 I=1,KUMU
271     RHAT=RHAT-FAC(N(I))
        RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
        IF(RHAT.LE.R)GOTO260
        GOTO200
325     J1=1
        J2=N(1)
        DO 507 I=1,KUMU
        U(I)=0.
        DO 508 J=J1,J2
508     U(I)=U(I)+EX(J)
        U(I)=U(I)/FLOAT(N(I))
        J1=J2+1
507     J2=J2+N(I+1)
        U(K1)=0.
        DHAT1=0.
        DO 509 I=1,KUMU
509     DHAT1=DHAT1-FLOAT(N(I))*U(I)**2
        DHAT1=DHAT1*VAR1+1.
        IF(DHAT1.GE.DI(1))GOTO320
        DI(1)=DHAT1
        IF(DHAT1.GE.D)GOTO320
        DO 329 I=1,K1
329     NKEEP(I)=N(I)
        D=DHAT1
        TYPE *,'D=',D
        GOTO320
C
220     N(KUMU)=N(KUMU)+1
        N(K1)=N(K1)-2
C
        RHAT=0.
        DO 221 I=1,KUMU
221     RHAT=RHAT-FAC(N(I))
        RHAT=(RHAT+RHAT+FAN1-FAC(N(K1)))/AN1
C
        IF(RHAT.LE.R)GOTO210
C
290     N(KUMU)=N(KUMU)-1
        N(K1)=N(K1)+2
C
        GOTO300
C
320     IP=1
80      IF(DI(IP).LT.DI(IP+1))GOTO81
        IP=IP+1
        GOTO80
81      DI(IP+1)=DI(IP)
        ISUP=K1-2-IP
        IF(ISUP.EQ.0)GOTO110
        DO 82 I=1,IP
82      DI(I)=1.
        GOTO40
110     IF(DISTU.LT.D)GOTO470
        TYPE *,'DISTU=',DISTU
        TYPE *,'D=     ',D
        TYPE *,'K=     ',K
        WRITE(5,4203)
4203    FORMAT(/)
        DISTU=D
        K=K+2
        DO 490 I=1,K1
490     NKU(I)=NKEEP(I)
        GOTO480
470     K=K-2
        K1=K1-1
        KUMU=KUMU-1
        D=DISTU
        DO 495 I=1,K1
495     NKEEP(I)=NKU(I)
        CALL ASSIGN(3,'LP0:',4)
```

```
        WRITE(3,2025)
 2025   FORMAT(5X,//'PRUER16')
        CALL DATE(DAT)
        WRITE(3,2024)(DAT(I),I=1,5)
 2024   FORMAT(5X,'TODAY IS:',5A2)
        WRITE(3,2020)(I,NKEEP(I),I=1,K1)
 2020   FORMAT(5X,'NKEEP(',I3,')=',I3)
 C
        RHAT=0.
        DO 440 I=1,KUMU
 440    RHAT=RHAT-FAC(NKEEP(I))
        RHAT=(RHAT+RHAT-FAC(NKEEP(K1))+FAN1)/AN1
 C
        WRITE(3,2023)(ARCHIV(I),I=1,15)
 2023   FORMAT(5X,'DATA FILE=',15A2)
        WRITE(3,2022) D,RHAT,R,VAR
 2022   FORMAT(5X,'D=',F10.6,5X,'RHAT=',F10.4,5X,'R=',F10.4,/,
      1 5X,'ESTIMATED VARIANCE=',F10.5,//)
        STOP
 450    WRITE(5,2441)
 2441   FORMAT(5X,'K>5 PLEASE')
        STOP
 460    WRITE(5,2442)
 2442   FORMAT(5X,'THE DESIRED RATE IS NOT REACHED')
        STOP
 600    WRITE(5,2443)
 2443   FORMAT(5X,'THE DESIRED RATE IS TOO LOW FOR THE VALUE OF K')
        END
```

## APENDICE B

### ESTADISTICAS DE ORDEN

Las siguientes tablas presentan las estadísticas de orden estimadas para una fuente gaussiana con constantes de autorregresión a=0., a=0.1, a=0.25, a=0.5, a=0.75, a=0.95.

ESTADISTICAS DE ORDEN DE FUENTE AUTORREGRESIVA GAUSSIANA DE ORDEN UNO CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.0

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 1)= 2.96775 | U( 2)= 2.65404 | U( 3)= 2.48657 | U( 4)= 2.37128 |
| U( 5)= 2.27749 | U( 6)= 2.20107 | U( 7)= 2.13491 | U( 8)= 2.07719 |
| U( 9)= 2.02597 | U( 10)= 1.97973 | U( 11)= 1.93656 | U( 12)= 1.89757 |
| U( 13)= 1.86061 | U( 14)= 1.82528 | U( 15)= 1.79236 | U( 16)= 1.76198 |
| U( 17)= 1.73311 | U( 18)= 1.70497 | U( 19)= 1.67814 | U( 20)= 1.65288 |
| U( 21)= 1.62930 | U( 22)= 1.60634 | U( 23)= 1.58400 | U( 24)= 1.56275 |
| U( 25)= 1.54132 | U( 26)= 1.52151 | U( 27)= 1.50215 | U( 28)= 1.48330 |
| U( 29)= 1.46475 | U( 30)= 1.44665 | U( 31)= 1.42926 | U( 32)= 1.41233 |
| U( 33)= 1.39587 | U( 34)= 1.37969 | U( 35)= 1.36358 | U( 36)= 1.34761 |
| U( 37)= 1.33209 | U( 38)= 1.31688 | U( 39)= 1.30196 | U( 40)= 1.28711 |
| U( 41)= 1.27301 | U( 42)= 1.25925 | U( 43)= 1.24532 | U( 44)= 1.23175 |
| U( 45)= 1.21874 | U( 46)= 1.20613 | U( 47)= 1.19323 | U( 48)= 1.18091 |
| U( 49)= 1.16835 | U( 50)= 1.15610 | U( 51)= 1.14393 | U( 52)= 1.13186 |
| U( 53)= 1.11978 | U( 54)= 1.10828 | U( 55)= 1.09663 | U( 56)= 1.08538 |
| U( 57)= 1.07411 | U( 58)= 1.06287 | U( 59)= 1.05184 | U( 60)= 1.04088 |
| U( 61)= 1.03053 | U( 62)= 1.01947 | U( 63)= 1.00936 | U( 64)= 0.99909 |
| U( 65)= 0.98877 | U( 66)= 0.97846 | U( 67)= 0.96864 | U( 68)= 0.95878 |
| U( 69)= 0.94919 | U( 70)= 0.93972 | U( 71)= 0.93006 | U( 72)= 0.92036 |
| U( 73)= 0.91088 | U( 74)= 0.90134 | U( 75)= 0.89185 | U( 76)= 0.88268 |
| U( 77)= 0.87337 | U( 78)= 0.86432 | U( 79)= 0.85513 | U( 80)= 0.84595 |
| U( 81)= 0.83702 | U( 82)= 0.82814 | U( 83)= 0.81924 | U( 84)= 0.81047 |
| U( 85)= 0.80174 | U( 86)= 0.79324 | U( 87)= 0.78463 | U( 88)= 0.77627 |
| U( 89)= 0.76789 | U( 90)= 0.75960 | U( 91)= 0.75093 | U( 92)= 0.74276 |
| U( 93)= 0.73464 | U( 94)= 0.72666 | U( 95)= 0.71846 | U( 96)= 0.71051 |
| U( 97)= 0.70243 | U( 98)= 0.69455 | U( 99)= 0.68663 | U(100)= 0.67864 |
| U(101)= 0.67075 | U(102)= 0.66271 | U(103)= 0.65509 | U(104)= 0.64756 |
| U(105)= 0.63986 | U(106)= 0.63228 | U(107)= 0.62460 | U(108)= 0.61716 |
| U(109)= 0.60959 | U(110)= 0.60201 | U(111)= 0.59447 | U(112)= 0.58730 |
| U(113)= 0.57994 | U(114)= 0.57269 | U(115)= 0.56538 | U(116)= 0.55776 |
| U(117)= 0.55043 | U(118)= 0.54320 | U(119)= 0.53616 | U(120)= 0.52908 |
| U(121)= 0.52196 | U(122)= 0.51480 | U(123)= 0.50781 | U(124)= 0.50040 |
| U(125)= 0.49324 | U(126)= 0.48607 | U(127)= 0.47912 | U(128)= 0.47179 |
| U(129)= 0.46480 | U(130)= 0.45774 | U(131)= 0.45064 | U(132)= 0.44390 |
| U(133)= 0.43701 | U(134)= 0.43000 | U(135)= 0.42289 | U(136)= 0.41615 |
| U(137)= 0.40955 | U(138)= 0.40282 | U(139)= 0.39615 | U(140)= 0.38923 |
| U(141)= 0.38247 | U(142)= 0.37586 | U(143)= 0.36912 | U(144)= 0.36251 |
| U(145)= 0.35569 | U(146)= 0.34910 | U(147)= 0.34232 | U(148)= 0.33570 |
| U(149)= 0.32891 | U(150)= 0.32220 | U(151)= 0.31559 | U(152)= 0.30899 |
| U(153)= 0.30230 | U(154)= 0.29584 | U(155)= 0.28935 | U(156)= 0.28291 |
| U(157)= 0.27643 | U(158)= 0.26990 | U(159)= 0.26335 | U(160)= 0.25681 |
| U(161)= 0.25015 | U(162)= 0.24360 | U(163)= 0.23711 | U(164)= 0.23055 |
| U(165)= 0.22423 | U(166)= 0.21778 | U(167)= 0.21139 | U(168)= 0.20468 |
| U(169)= 0.19806 | U(170)= 0.19174 | U(171)= 0.18542 | U(172)= 0.17913 |
| U(173)= 0.17285 | U(174)= 0.16651 | U(175)= 0.16026 | U(176)= 0.15398 |
| U(177)= 0.14772 | U(178)= 0.14124 | U(179)= 0.13502 | U(180)= 0.12885 |
| U(181)= 0.12255 | U(182)= 0.11613 | U(183)= 0.10987 | U(184)= 0.10360 |
| U(185)= 0.09725 | U(186)= 0.09096 | U(187)= 0.08477 | U(188)= 0.07845 |
| U(189)= 0.07212 | U(190)= 0.06594 | U(191)= 0.05959 | U(192)= 0.05327 |
| U(193)= 0.04705 | U(194)= 0.04062 | U(195)= 0.03443 | U(196)= 0.02833 |
| U(197)= 0.02206 | U(198)= 0.01590 | U(199)= 0.00952 | U(200)= 0.00333 |
| U(201)=-0.00296 | U(202)=-0.00934 | U(203)=-0.01562 | U(204)=-0.02187 |
| U(205)=-0.02802 | U(206)=-0.03423 | U(207)=-0.04058 | U(208)=-0.04688 |
| U(209)=-0.05307 | U(210)=-0.05934 | U(211)=-0.06547 | U(212)=-0.07179 |
| U(213)=-0.07797 | U(214)=-0.08433 | U(215)=-0.09050 | U(216)=-0.09685 |
| U(217)=-0.10297 | U(218)=-0.10909 | U(219)=-0.11545 | U(220)=-0.12171 |
| U(221)=-0.12812 | U(222)=-0.13442 | U(223)=-0.14085 | U(224)=-0.14703 |
| U(225)=-0.15334 | U(226)=-0.15965 | U(227)=-0.16599 | U(228)=-0.17236 |
| U(229)=-0.17899 | U(230)=-0.18512 | U(231)=-0.19151 | U(232)=-0.19797 |
| U(233)=-0.20431 | U(234)=-0.21077 | U(235)=-0.21739 | U(236)=-0.22376 |
| U(237)=-0.23010 | U(238)=-0.23667 | U(239)=-0.24309 | U(240)=-0.24963 |
| U(241)=-0.25602 | U(242)=-0.26226 | U(243)=-0.26891 | U(244)=-0.27551 |
| U(245)=-0.28197 | U(246)=-0.28845 | U(247)=-0.29507 | U(248)=-0.30153 |
| U(249)=-0.30808 | U(250)=-0.31452 | U(251)=-0.32131 | U(252)=-0.32788 |
| U(253)=-0.33439 | U(254)=-0.34107 | U(255)=-0.34763 | U(256)=-0.35434 |
| U(257)=-0.36099 | U(258)=-0.36762 | U(259)=-0.37445 | U(260)=-0.38117 |
| U(261)=-0.38812 | U(262)=-0.39491 | U(263)=-0.40170 | U(264)=-0.40844 |
| U(265)=-0.41524 | U(266)=-0.42193 | U(267)=-0.42880 | U(268)=-0.43562 |
| U(269)=-0.44256 | U(270)=-0.44949 | U(271)=-0.45623 | U(272)=-0.46311 |
| U(273)=-0.47003 | U(274)=-0.47707 | U(275)=-0.48413 | U(276)=-0.49128 |
| U(277)=-0.49837 | U(278)=-0.50541 | U(279)=-0.51263 | U(280)=-0.51971 |
| U(281)=-0.52675 | U(282)=-0.53375 | U(283)=-0.54116 | U(284)=-0.54858 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(285)=-0.55585 | U(286)=-0.56323 | U(287)=-0.57064 | U(288)=-0.57819 |
| U(289)=-0.58565 | U(290)=-0.59318 | U(291)=-0.60077 | U(292)=-0.60836 |
| U(293)=-0.61568 | U(294)=-0.62316 | U(295)=-0.63068 | U(296)=-0.63843 |
| U(297)=-0.64615 | U(298)=-0.65382 | U(299)=-0.66155 | U(300)=-0.66946 |
| U(301)=-0.67732 | U(302)=-0.68510 | U(303)=-0.69314 | U(304)=-0.70105 |
| U(305)=-0.70902 | U(306)=-0.71685 | U(307)=-0.72487 | U(308)=-0.73305 |
| U(309)=-0.74131 | U(310)=-0.74975 | U(311)=-0.75797 | U(312)=-0.76632 |
| U(313)=-0.77443 | U(314)=-0.78305 | U(315)=-0.79163 | U(316)=-0.80027 |
| U(317)=-0.80914 | U(318)=-0.81784 | U(319)=-0.82667 | U(320)=-0.83549 |
| U(321)=-0.84425 | U(322)=-0.85342 | U(323)=-0.86234 | U(324)=-0.87158 |
| U(325)=-0.88075 | U(326)=-0.89010 | U(327)=-0.89908 | U(328)=-0.90877 |
| U(329)=-0.91827 | U(330)=-0.92796 | U(331)=-0.93751 | U(332)=-0.94739 |
| U(333)=-0.95718 | U(334)=-0.96718 | U(335)=-0.97728 | U(336)=-0.98762 |
| U(337)=-0.99765 | U(338)=-1.00790 | U(339)=-1.01838 | U(340)=-1.02886 |
| U(341)=-1.03967 | U(342)=-1.05050 | U(343)=-1.06125 | U(344)=-1.07225 |
| U(345)=-1.08368 | U(346)=-1.09493 | U(347)=-1.10644 | U(348)=-1.11829 |
| U(349)=-1.12986 | U(350)=-1.14158 | U(351)=-1.15414 | U(352)=-1.16662 |
| U(353)=-1.17934 | U(354)=-1.19221 | U(355)=-1.20534 | U(356)=-1.21828 |
| U(357)=-1.23181 | U(358)=-1.24581 | U(359)=-1.25937 | U(360)=-1.27323 |
| U(361)=-1.28792 | U(362)=-1.30230 | U(363)=-1.31699 | U(364)=-1.33186 |
| U(365)=-1.34708 | U(366)=-1.36292 | U(367)=-1.37898 | U(368)=-1.39524 |
| U(369)=-1.41227 | U(370)=-1.42967 | U(371)=-1.44742 | U(372)=-1.46570 |
| U(373)=-1.48395 | U(374)=-1.50301 | U(375)=-1.52251 | U(376)=-1.54301 |
| U(377)=-1.56373 | U(378)=-1.58534 | U(379)=-1.60734 | U(380)=-1.63040 |
| U(381)=-1.65429 | U(382)=-1.67974 | U(383)=-1.70668 | U(384)=-1.73424 |
| U(385)=-1.76316 | U(386)=-1.79321 | U(387)=-1.82531 | U(388)=-1.85977 |
| U(389)=-1.89649 | U(390)=-1.93587 | U(391)=-1.97760 | U(392)=-2.02346 |
| U(393)=-2.07388 | U(394)=-2.13235 | U(395)=-2.19698 | U(396)=-2.27202 |
| U(397)=-2.36366 | U(398)=-2.48344 | U(399)=-2.65534 | U(400)=-2.96082 |

ESTADISTICAS DE ORDEN DE FUENTE AUTORREGRESIVA GAUSSIANA DE ORDEN UNO CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.1

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 1)= 2.98448 | U( 2)= 2.67475 | U( 3)= 2.50250 | U( 4)= 2.38097 |
| U( 5)= 2.28789 | U( 6)= 2.21018 | U( 7)= 2.14668 | U( 8)= 2.08821 |
| U( 9)= 2.03601 | U( 10)= 1.98933 | U( 11)= 1.94674 | U( 12)= 1.90751 |
| U( 13)= 1.87109 | U( 14)= 1.83706 | U( 15)= 1.80451 | U( 16)= 1.77429 |
| U( 17)= 1.74490 | U( 18)= 1.71770 | U( 19)= 1.69070 | U( 20)= 1.66610 |
| U( 21)= 1.64223 | U( 22)= 1.61902 | U( 23)= 1.59604 | U( 24)= 1.57395 |
| U( 25)= 1.55325 | U( 26)= 1.53239 | U( 27)= 1.51308 | U( 28)= 1.49350 |
| U( 29)= 1.47441 | U( 30)= 1.45581 | U( 31)= 1.43793 | U( 32)= 1.41988 |
| U( 33)= 1.40301 | U( 34)= 1.38621 | U( 35)= 1.37036 | U( 36)= 1.35454 |
| U( 37)= 1.33912 | U( 38)= 1.32400 | U( 39)= 1.30920 | U( 40)= 1.29471 |
| U( 41)= 1.28036 | U( 42)= 1.26647 | U( 43)= 1.25251 | U( 44)= 1.23906 |
| U( 45)= 1.22559 | U( 46)= 1.21246 | U( 47)= 1.19984 | U( 48)= 1.18742 |
| U( 49)= 1.17471 | U( 50)= 1.16240 | U( 51)= 1.15023 | U( 52)= 1.13814 |
| U( 53)= 1.12648 | U( 54)= 1.11425 | U( 55)= 1.10278 | U( 56)= 1.09109 |
| U( 57)= 1.07925 | U( 58)= 1.06793 | U( 59)= 1.05720 | U( 60)= 1.04628 |
| U( 61)= 1.03570 | U( 62)= 1.02472 | U( 63)= 1.01423 | U( 64)= 1.00391 |
| U( 65)= 0.99344 | U( 66)= 0.98314 | U( 67)= 0.97330 | U( 68)= 0.96294 |
| U( 69)= 0.95293 | U( 70)= 0.94288 | U( 71)= 0.93303 | U( 72)= 0.92366 |
| U( 73)= 0.91430 | U( 74)= 0.90481 | U( 75)= 0.89548 | U( 76)= 0.88637 |
| U( 77)= 0.87724 | U( 78)= 0.86808 | U( 79)= 0.85902 | U( 80)= 0.85001 |
| U( 81)= 0.84105 | U( 82)= 0.83182 | U( 83)= 0.82299 | U( 84)= 0.81425 |
| U( 85)= 0.80555 | U( 86)= 0.79700 | U( 87)= 0.78849 | U( 88)= 0.77994 |
| U( 89)= 0.77151 | U( 90)= 0.76310 | U( 91)= 0.75482 | U( 92)= 0.74647 |
| U( 93)= 0.73834 | U( 94)= 0.73015 | U( 95)= 0.72204 | U( 96)= 0.71388 |
| U( 97)= 0.70577 | U( 98)= 0.69762 | U( 99)= 0.68960 | U(100)= 0.68172 |
| U(101)= 0.67366 | U(102)= 0.66592 | U(103)= 0.65831 | U(104)= 0.65043 |
| U(105)= 0.64266 | U(106)= 0.63518 | U(107)= 0.62769 | U(108)= 0.62026 |
| U(109)= 0.61274 | U(110)= 0.60511 | U(111)= 0.59777 | U(112)= 0.59037 |
| U(113)= 0.58295 | U(114)= 0.57560 | U(115)= 0.56838 | U(116)= 0.56094 |
| U(117)= 0.55343 | U(118)= 0.54595 | U(119)= 0.53872 | U(120)= 0.53149 |
| U(121)= 0.52431 | U(122)= 0.51726 | U(123)= 0.50997 | U(124)= 0.50309 |
| U(125)= 0.49586 | U(126)= 0.48876 | U(127)= 0.48165 | U(128)= 0.47448 |
| U(129)= 0.46755 | U(130)= 0.46064 | U(131)= 0.45356 | U(132)= 0.44647 |
| U(133)= 0.43953 | U(134)= 0.43272 | U(135)= 0.42581 | U(136)= 0.41897 |
| U(137)= 0.41208 | U(138)= 0.40516 | U(139)= 0.39842 | U(140)= 0.39170 |
| U(141)= 0.38508 | U(142)= 0.37814 | U(143)= 0.37119 | U(144)= 0.36454 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(145)= 0.35759 | U(146)= 0.35104 | U(147)= 0.34446 | U(148)= 0.33794 |
| U(149)= 0.33140 | U(150)= 0.32466 | U(151)= 0.31809 | U(152)= 0.31127 |
| U(153)= 0.30476 | U(154)= 0.29831 | U(155)= 0.29173 | U(156)= 0.28525 |
| U(157)= 0.27856 | U(158)= 0.27191 | U(159)= 0.26529 | U(160)= 0.25874 |
| U(161)= 0.25215 | U(162)= 0.24561 | U(163)= 0.23907 | U(164)= 0.23253 |
| U(165)= 0.22602 | U(166)= 0.21958 | U(167)= 0.21305 | U(168)= 0.20664 |
| U(169)= 0.20042 | U(170)= 0.19391 | U(171)= 0.18750 | U(172)= 0.18098 |
| U(173)= 0.17460 | U(174)= 0.16840 | U(175)= 0.16201 | U(176)= 0.15584 |
| U(177)= 0.14950 | U(178)= 0.14316 | U(179)= 0.13680 | U(180)= 0.13053 |
| U(181)= 0.12422 | U(182)= 0.11761 | U(183)= 0.11115 | U(184)= 0.10486 |
| U(185)= 0.09866 | U(186)= 0.09236 | U(187)= 0.08617 | U(188)= 0.07990 |
| U(189)= 0.07352 | U(190)= 0.06714 | U(191)= 0.06087 | U(192)= 0.05464 |
| U(193)= 0.04842 | U(194)= 0.04214 | U(195)= 0.03570 | U(196)= 0.02939 |
| U(197)= 0.02319 | U(198)= 0.01691 | U(199)= 0.01060 | U(200)= 0.00428 |
| U(201)=-0.00194 | U(202)=-0.00822 | U(203)=-0.01449 | U(204)=-0.02083 |
| U(205)=-0.02715 | U(206)=-0.03331 | U(207)=-0.03961 | U(208)=-0.04596 |
| U(209)=-0.05248 | U(210)=-0.05881 | U(211)=-0.06524 | U(212)=-0.07148 |
| U(213)=-0.07815 | U(214)=-0.08450 | U(215)=-0.09072 | U(216)=-0.09696 |
| U(217)=-0.10329 | U(218)=-0.10953 | U(219)=-0.11578 | U(220)=-0.12210 |
| U(221)=-0.12843 | U(222)=-0.13478 | U(223)=-0.14110 | U(224)=-0.14755 |
| U(225)=-0.15391 | U(226)=-0.16023 | U(227)=-0.16666 | U(228)=-0.17310 |
| U(229)=-0.17960 | U(230)=-0.18614 | U(231)=-0.19241 | U(232)=-0.19874 |
| U(233)=-0.20515 | U(234)=-0.21154 | U(235)=-0.21797 | U(236)=-0.22460 |
| U(237)=-0.23098 | U(238)=-0.23738 | U(239)=-0.24386 | U(240)=-0.25037 |
| U(241)=-0.25698 | U(242)=-0.26339 | U(243)=-0.26996 | U(244)=-0.27632 |
| U(245)=-0.28298 | U(246)=-0.28954 | U(247)=-0.29619 | U(248)=-0.30274 |
| U(249)=-0.30951 | U(250)=-0.31600 | U(251)=-0.32273 | U(252)=-0.32928 |
| U(253)=-0.33599 | U(254)=-0.34280 | U(255)=-0.34945 | U(256)=-0.35615 |
| U(257)=-0.36282 | U(258)=-0.36948 | U(259)=-0.37623 | U(260)=-0.38323 |
| U(261)=-0.39025 | U(262)=-0.39693 | U(263)=-0.40385 | U(264)=-0.41061 |
| U(265)=-0.41767 | U(266)=-0.42429 | U(267)=-0.43107 | U(268)=-0.43807 |
| U(269)=-0.44506 | U(270)=-0.45209 | U(271)=-0.45925 | U(272)=-0.46626 |
| U(273)=-0.47334 | U(274)=-0.48053 | U(275)=-0.48749 | U(276)=-0.49480 |
| U(277)=-0.50181 | U(278)=-0.50897 | U(279)=-0.51606 | U(280)=-0.52337 |
| U(281)=-0.53058 | U(282)=-0.53796 | U(283)=-0.54527 | U(284)=-0.55260 |
| U(285)=-0.55997 | U(286)=-0.56719 | U(287)=-0.57444 | U(288)=-0.58164 |
| U(289)=-0.58914 | U(290)=-0.59651 | U(291)=-0.60397 | U(292)=-0.61160 |
| U(293)=-0.61909 | U(294)=-0.62675 | U(295)=-0.63461 | U(296)=-0.64222 |
| U(297)=-0.65006 | U(298)=-0.65786 | U(299)=-0.66558 | U(300)=-0.67349 |
| U(301)=-0.68130 | U(302)=-0.68935 | U(303)=-0.69738 | U(304)=-0.70535 |
| U(305)=-0.71332 | U(306)=-0.72168 | U(307)=-0.72964 | U(308)=-0.73815 |
| U(309)=-0.74660 | U(310)=-0.75474 | U(311)=-0.76320 | U(312)=-0.77156 |
| U(313)=-0.77988 | U(314)=-0.78821 | U(315)=-0.79697 | U(316)=-0.80569 |
| U(317)=-0.81446 | U(318)=-0.82310 | U(319)=-0.83199 | U(320)=-0.84095 |
| U(321)=-0.85017 | U(322)=-0.85900 | U(323)=-0.86775 | U(324)=-0.87693 |
| U(325)=-0.88604 | U(326)=-0.89540 | U(327)=-0.90500 | U(328)=-0.91458 |
| U(329)=-0.92421 | U(330)=-0.93387 | U(331)=-0.94373 | U(332)=-0.95350 |
| U(333)=-0.96363 | U(334)=-0.97354 | U(335)=-0.98392 | U(336)=-0.99408 |
| U(337)=-1.00472 | U(338)=-1.01510 | U(339)=-1.02573 | U(340)=-1.03659 |
| U(341)=-1.04743 | U(342)=-1.05830 | U(343)=-1.06917 | U(344)=-1.08029 |
| U(345)=-1.09174 | U(346)=-1.10316 | U(347)=-1.11477 | U(348)=-1.12613 |
| U(349)=-1.13805 | U(350)=-1.15002 | U(351)=-1.16198 | U(352)=-1.17420 |
| U(353)=-1.18691 | U(354)=-1.19922 | U(355)=-1.21178 | U(356)=-1.22478 |
| U(357)=-1.23800 | U(358)=-1.25157 | U(359)=-1.26501 | U(360)=-1.27910 |
| U(361)=-1.29363 | U(362)=-1.30801 | U(363)=-1.32318 | U(364)=-1.33807 |
| U(365)=-1.35310 | U(366)=-1.36906 | U(367)=-1.38488 | U(368)=-1.40127 |
| U(369)=-1.41782 | U(370)=-1.43533 | U(371)=-1.45297 | U(372)=-1.47145 |
| U(373)=-1.49011 | U(374)=-1.50953 | U(375)=-1.52899 | U(376)=-1.54925 |
| U(377)=-1.57057 | U(378)=-1.59254 | U(379)=-1.61481 | U(380)=-1.63825 |
| U(381)=-1.66254 | U(382)=-1.68784 | U(383)=-1.71430 | U(384)=-1.74180 |
| U(385)=-1.77089 | U(386)=-1.80141 | U(387)=-1.83324 | U(388)=-1.86829 |
| U(389)=-1.90433 | U(390)=-1.94348 | U(391)=-1.98634 | U(392)=-2.03417 |
| U(393)=-2.08493 | U(394)=-2.14100 | U(395)=-2.20711 | U(396)=-2.28496 |
| U(397)=-2.37532 | U(398)=-2.49497 | U(399)=-2.66574 | U(400)=-2.97703 |

ESTADISTICAS DE ORDEN DE FUENTE GAUSSIANA AUTORREGRESIVA DE ORDEN UNO CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.25

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 1)= 3.06657 | U( 2)= 2.74882 | U( 3)= 2.56880 | U( 4)= 2.44862 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(  5)= 2.35204 | U(  6)= 2.27355 | U(  7)= 2.20571 | U(  8)= 2.14600 |
| U(  9)= 2.09124 | U( 10)= 2.04354 | U( 11)= 1.99978 | U( 12)= 1.95848 |
| U( 13)= 1.92125 | U( 14)= 1.88650 | U( 15)= 1.85284 | U( 16)= 1.82171 |
| U( 17)= 1.79201 | U( 18)= 1.76342 | U( 19)= 1.73650 | U( 20)= 1.71083 |
| U( 21)= 1.68605 | U( 22)= 1.66258 | U( 23)= 1.63935 | U( 24)= 1.61660 |
| U( 25)= 1.59494 | U( 26)= 1.57390 | U( 27)= 1.55391 | U( 28)= 1.53404 |
| U( 29)= 1.51486 | U( 30)= 1.49607 | U( 31)= 1.47777 | U( 32)= 1.45973 |
| U( 33)= 1.44198 | U( 34)= 1.42486 | U( 35)= 1.40792 | U( 36)= 1.39139 |
| U( 37)= 1.37520 | U( 38)= 1.35922 | U( 39)= 1.34363 | U( 40)= 1.32864 |
| U( 41)= 1.31386 | U( 42)= 1.29948 | U( 43)= 1.28550 | U( 44)= 1.27105 |
| U( 45)= 1.25752 | U( 46)= 1.24427 | U( 47)= 1.23113 | U( 48)= 1.21796 |
| U( 49)= 1.20517 | U( 50)= 1.19268 | U( 51)= 1.18052 | U( 52)= 1.16837 |
| U( 53)= 1.15610 | U( 54)= 1.14413 | U( 55)= 1.13208 | U( 56)= 1.12046 |
| U( 57)= 1.10892 | U( 58)= 1.09736 | U( 59)= 1.08597 | U( 60)= 1.07467 |
| U( 61)= 1.06349 | U( 62)= 1.05272 | U( 63)= 1.04176 | U( 64)= 1.03116 |
| U( 65)= 1.02067 | U( 66)= 1.00996 | U( 67)= 0.99962 | U( 68)= 0.98960 |
| U( 69)= 0.97949 | U( 70)= 0.96961 | U( 71)= 0.95960 | U( 72)= 0.94988 |
| U( 73)= 0.93981 | U( 74)= 0.92994 | U( 75)= 0.92069 | U( 76)= 0.91103 |
| U( 77)= 0.90137 | U( 78)= 0.89196 | U( 79)= 0.88268 | U( 80)= 0.87325 |
| U( 81)= 0.86409 | U( 82)= 0.85490 | U( 83)= 0.84577 | U( 84)= 0.83681 |
| U( 85)= 0.82785 | U( 86)= 0.81902 | U( 87)= 0.80997 | U( 88)= 0.80142 |
| U( 89)= 0.79249 | U( 90)= 0.78374 | U( 91)= 0.77497 | U( 92)= 0.76629 |
| U( 93)= 0.75763 | U( 94)= 0.74952 | U( 95)= 0.74129 | U( 96)= 0.73286 |
| U( 97)= 0.72486 | U( 98)= 0.71670 | U( 99)= 0.70858 | U(100)= 0.70047 |
| U(101)= 0.69228 | U(102)= 0.68426 | U(103)= 0.67625 | U(104)= 0.66821 |
| U(105)= 0.66020 | U(106)= 0.65248 | U(107)= 0.64488 | U(108)= 0.63701 |
| U(109)= 0.62927 | U(110)= 0.62159 | U(111)= 0.61403 | U(112)= 0.60608 |
| U(113)= 0.59838 | U(114)= 0.59067 | U(115)= 0.58313 | U(116)= 0.57566 |
| U(117)= 0.56806 | U(118)= 0.56048 | U(119)= 0.55315 | U(120)= 0.54550 |
| U(121)= 0.53817 | U(122)= 0.53088 | U(123)= 0.52356 | U(124)= 0.51644 |
| U(125)= 0.50899 | U(126)= 0.50170 | U(127)= 0.49449 | U(128)= 0.48729 |
| U(129)= 0.48015 | U(130)= 0.47299 | U(131)= 0.46586 | U(132)= 0.45857 |
| U(133)= 0.45151 | U(134)= 0.44442 | U(135)= 0.43751 | U(136)= 0.43043 |
| U(137)= 0.42331 | U(138)= 0.41609 | U(139)= 0.40899 | U(140)= 0.40188 |
| U(141)= 0.39486 | U(142)= 0.38779 | U(143)= 0.38090 | U(144)= 0.37391 |
| U(145)= 0.36693 | U(146)= 0.35982 | U(147)= 0.35296 | U(148)= 0.34613 |
| U(149)= 0.33926 | U(150)= 0.33252 | U(151)= 0.32558 | U(152)= 0.31870 |
| U(153)= 0.31200 | U(154)= 0.30516 | U(155)= 0.29847 | U(156)= 0.29182 |
| U(157)= 0.28506 | U(158)= 0.27847 | U(159)= 0.27170 | U(160)= 0.26505 |
| U(161)= 0.25836 | U(162)= 0.25167 | U(163)= 0.24502 | U(164)= 0.23842 |
| U(165)= 0.23183 | U(166)= 0.22524 | U(167)= 0.21850 | U(168)= 0.21177 |
| U(169)= 0.20525 | U(170)= 0.19864 | U(171)= 0.19202 | U(172)= 0.18546 |
| U(173)= 0.17891 | U(174)= 0.17238 | U(175)= 0.16599 | U(176)= 0.15933 |
| U(177)= 0.15265 | U(178)= 0.14616 | U(179)= 0.13977 | U(180)= 0.13325 |
| U(181)= 0.12682 | U(182)= 0.12048 | U(183)= 0.11378 | U(184)= 0.10724 |
| U(185)= 0.10069 | U(186)= 0.09397 | U(187)= 0.08741 | U(188)= 0.08108 |
| U(189)= 0.07472 | U(190)= 0.06816 | U(191)= 0.06170 | U(192)= 0.05514 |
| U(193)= 0.04870 | U(194)= 0.04230 | U(195)= 0.03574 | U(196)= 0.02924 |
| U(197)= 0.02276 | U(198)= 0.01634 | U(199)= 0.00973 | U(200)= 0.00345 |
| U(201)=-0.00299 | U(202)=-0.00958 | U(203)=-0.01609 | U(204)=-0.02259 |
| U(205)=-0.02893 | U(206)=-0.03510 | U(207)=-0.04166 | U(208)=-0.04819 |
| U(209)=-0.05473 | U(210)=-0.06108 | U(211)=-0.06764 | U(212)=-0.07417 |
| U(213)=-0.08050 | U(214)=-0.08713 | U(215)=-0.09348 | U(216)=-0.09994 |
| U(217)=-0.10641 | U(218)=-0.11287 | U(219)=-0.11948 | U(220)=-0.12584 |
| U(221)=-0.13241 | U(222)=-0.13871 | U(223)=-0.14520 | U(224)=-0.15165 |
| U(225)=-0.15815 | U(226)=-0.16471 | U(227)=-0.17114 | U(228)=-0.17757 |
| U(229)=-0.18404 | U(230)=-0.19047 | U(231)=-0.19697 | U(232)=-0.20348 |
| U(233)=-0.20999 | U(234)=-0.21660 | U(235)=-0.22315 | U(236)=-0.22963 |
| U(237)=-0.23627 | U(238)=-0.24302 | U(239)=-0.24989 | U(240)=-0.25660 |
| U(241)=-0.26325 | U(242)=-0.26981 | U(243)=-0.27647 | U(244)=-0.28296 |
| U(245)=-0.28972 | U(246)=-0.29640 | U(247)=-0.30315 | U(248)=-0.30980 |
| U(249)=-0.31673 | U(250)=-0.32356 | U(251)=-0.33031 | U(252)=-0.33717 |
| U(253)=-0.34408 | U(254)=-0.35104 | U(255)=-0.35779 | U(256)=-0.36456 |
| U(257)=-0.37140 | U(258)=-0.37830 | U(259)=-0.38532 | U(260)=-0.39232 |
| U(261)=-0.39939 | U(262)=-0.40641 | U(263)=-0.41335 | U(264)=-0.42040 |
| U(265)=-0.42735 | U(266)=-0.43452 | U(267)=-0.44165 | U(268)=-0.44898 |
| U(269)=-0.45604 | U(270)=-0.46324 | U(271)=-0.47049 | U(272)=-0.47767 |
| U(273)=-0.48489 | U(274)=-0.49217 | U(275)=-0.49934 | U(276)=-0.50666 |
| U(277)=-0.51406 | U(278)=-0.52150 | U(279)=-0.52894 | U(280)=-0.53628 |
| U(281)=-0.54360 | U(282)=-0.55112 | U(283)=-0.55849 | U(284)=-0.56590 |
| U(285)=-0.57343 | U(286)=-0.58100 | U(287)=-0.58842 | U(288)=-0.59611 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(289)=-0.60371 | U(290)=-0.61160 | U(291)=-0.61942 | U(292)=-0.62702 |
| U(293)=-0.63495 | U(294)=-0.64267 | U(295)=-0.65067 | U(296)=-0.65862 |
| U(297)=-0.66630 | U(298)=-0.67422 | U(299)=-0.68229 | U(300)=-0.69028 |
| U(301)=-0.69848 | U(302)=-0.70661 | U(303)=-0.71483 | U(304)=-0.72309 |
| U(305)=-0.73138 | U(306)=-0.73971 | U(307)=-0.74803 | U(308)=-0.75644 |
| U(309)=-0.76485 | U(310)=-0.77355 | U(311)=-0.78191 | U(312)=-0.79054 |
| U(313)=-0.79906 | U(314)=-0.80795 | U(315)=-0.81696 | U(316)=-0.82579 |
| U(317)=-0.83485 | U(318)=-0.84388 | U(319)=-0.85311 | U(320)=-0.86236 |
| U(321)=-0.87145 | U(322)=-0.88058 | U(323)=-0.89005 | U(324)=-0.89967 |
| U(325)=-0.90932 | U(326)=-0.91890 | U(327)=-0.92856 | U(328)=-0.93844 |
| U(329)=-0.94853 | U(330)=-0.95846 | U(331)=-0.96833 | U(332)=-0.97835 |
| U(333)=-0.98849 | U(334)=-0.99891 | U(335)=-1.00921 | U(336)=-1.01997 |
| U(337)=-1.03062 | U(338)=-1.04159 | U(339)=-1.05237 | U(340)=-1.06310 |
| U(341)=-1.07425 | U(342)=-1.08554 | U(343)=-1.09673 | U(344)=-1.10803 |
| U(345)=-1.11975 | U(346)=-1.13174 | U(347)=-1.14383 | U(348)=-1.15576 |
| U(349)=-1.16803 | U(350)=-1.18027 | U(351)=-1.19294 | U(352)=-1.20524 |
| U(353)=-1.21794 | U(354)=-1.23111 | U(355)=-1.24421 | U(356)=-1.25807 |
| U(357)=-1.27161 | U(358)=-1.28572 | U(359)=-1.29989 | U(360)=-1.31437 |
| U(361)=-1.32876 | U(362)=-1.34343 | U(363)=-1.35853 | U(364)=-1.37472 |
| U(365)=-1.39050 | U(366)=-1.40702 | U(367)=-1.42371 | U(368)=-1.44080 |
| U(369)=-1.45774 | U(370)=-1.47568 | U(371)=-1.49344 | U(372)=-1.51201 |
| U(373)=-1.53103 | U(374)=-1.55098 | U(375)=-1.57034 | U(376)=-1.59158 |
| U(377)=-1.61290 | U(378)=-1.63525 | U(379)=-1.65814 | U(380)=-1.68185 |
| U(381)=-1.70635 | U(382)=-1.73233 | U(383)=-1.75945 | U(384)=-1.78779 |
| U(385)=-1.81705 | U(386)=-1.84800 | U(387)=-1.88131 | U(388)=-1.91624 |
| U(389)=-1.95334 | U(390)=-1.99391 | U(391)=-2.03708 | U(392)=-2.08454 |
| U(393)=-2.13667 | U(394)=-2.19480 | U(395)=-2.26154 | U(396)=-2.34145 |
| U(397)=-2.43708 | U(398)=-2.55846 | U(399)=-2.73959 | U(400)=-3.06467 |

ESTADISTICAS DE ORDEN DE FUENTE GAUSSIANA AUTORREGRESIVA DE ORDEN UNO CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.50

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 1)= 3.38630 | U( 2)= 3.04824 | U( 3)= 2.85732 | U( 4)= 2.72157 |
| U( 5)= 2.61342 | U( 6)= 2.52593 | U( 7)= 2.44992 | U( 8)= 2.38442 |
| U( 9)= 2.32665 | U( 10)= 2.27465 | U( 11)= 2.22562 | U( 12)= 2.17953 |
| U( 13)= 2.13812 | U( 14)= 2.09912 | U( 15)= 2.06160 | U( 16)= 2.02671 |
| U( 17)= 1.99266 | U( 18)= 1.96140 | U( 19)= 1.93125 | U( 20)= 1.90226 |
| U( 21)= 1.87452 | U( 22)= 1.84710 | U( 23)= 1.82122 | U( 24)= 1.79676 |
| U( 25)= 1.77289 | U( 26)= 1.75053 | U( 27)= 1.72793 | U( 28)= 1.70564 |
| U( 29)= 1.68472 | U( 30)= 1.66371 | U( 31)= 1.64327 | U( 32)= 1.62395 |
| U( 33)= 1.60449 | U( 34)= 1.58587 | U( 35)= 1.56727 | U( 36)= 1.54945 |
| U( 37)= 1.53139 | U( 38)= 1.51399 | U( 39)= 1.49666 | U( 40)= 1.47982 |
| U( 41)= 1.46332 | U( 42)= 1.44757 | U( 43)= 1.43203 | U( 44)= 1.41632 |
| U( 45)= 1.40159 | U( 46)= 1.38663 | U( 47)= 1.37150 | U( 48)= 1.35723 |
| U( 49)= 1.34276 | U( 50)= 1.32897 | U( 51)= 1.31523 | U( 52)= 1.30143 |
| U( 53)= 1.28771 | U( 54)= 1.27456 | U( 55)= 1.26122 | U( 56)= 1.24811 |
| U( 57)= 1.23489 | U( 58)= 1.22270 | U( 59)= 1.20992 | U( 60)= 1.19748 |
| U( 61)= 1.18478 | U( 62)= 1.17259 | U( 63)= 1.16044 | U( 64)= 1.14844 |
| U( 65)= 1.13677 | U( 66)= 1.12483 | U( 67)= 1.11348 | U( 68)= 1.10213 |
| U( 69)= 1.09074 | U( 70)= 1.07927 | U( 71)= 1.06810 | U( 72)= 1.05697 |
| U( 73)= 1.04610 | U( 74)= 1.03510 | U( 75)= 1.02449 | U( 76)= 1.01343 |
| U( 77)= 1.00254 | U( 78)= 0.99191 | U( 79)= 0.98131 | U( 80)= 0.97103 |
| U( 81)= 0.96067 | U( 82)= 0.95048 | U( 83)= 0.94030 | U( 84)= 0.93002 |
| U( 85)= 0.92009 | U( 86)= 0.91003 | U( 87)= 0.90015 | U( 88)= 0.89045 |
| U( 89)= 0.88073 | U( 90)= 0.87117 | U( 91)= 0.86134 | U( 92)= 0.85182 |
| U( 93)= 0.84240 | U( 94)= 0.83305 | U( 95)= 0.82377 | U( 96)= 0.81440 |
| U( 97)= 0.80507 | U( 98)= 0.79607 | U( 99)= 0.78679 | U(100)= 0.77762 |
| U(101)= 0.76887 | U(102)= 0.75999 | U(103)= 0.75085 | U(104)= 0.74183 |
| U(105)= 0.73315 | U(106)= 0.72427 | U(107)= 0.71551 | U(108)= 0.70649 |
| U(109)= 0.69766 | U(110)= 0.68894 | U(111)= 0.68025 | U(112)= 0.67147 |
| U(113)= 0.66306 | U(114)= 0.65472 | U(115)= 0.64626 | U(116)= 0.63802 |
| U(117)= 0.62953 | U(118)= 0.62106 | U(119)= 0.61281 | U(120)= 0.60441 |
| U(121)= 0.59626 | U(122)= 0.58816 | U(123)= 0.57996 | U(124)= 0.57174 |
| U(125)= 0.56346 | U(126)= 0.55538 | U(127)= 0.54730 | U(128)= 0.53943 |
| U(129)= 0.53149 | U(130)= 0.52329 | U(131)= 0.51531 | U(132)= 0.50727 |
| U(133)= 0.49935 | U(134)= 0.49151 | U(135)= 0.48360 | U(136)= 0.47567 |
| U(137)= 0.46781 | U(138)= 0.46020 | U(139)= 0.45229 | U(140)= 0.44443 |
| U(141)= 0.43677 | U(142)= 0.42901 | U(143)= 0.42141 | U(144)= 0.41383 |
| U(145)= 0.40623 | U(146)= 0.39863 | U(147)= 0.39091 | U(148)= 0.38305 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(149)= 0.37539 | U(150)= 0.36768 | U(151)= 0.36022 | U(152)= 0.35271 |
| U(153)= 0.34516 | U(154)= 0.33764 | U(155)= 0.33032 | U(156)= 0.32287 |
| U(157)= 0.31561 | U(158)= 0.30819 | U(159)= 0.30063 | U(160)= 0.29314 |
| U(161)= 0.28578 | U(162)= 0.27849 | U(163)= 0.27101 | U(164)= 0.26357 |
| U(165)= 0.25609 | U(166)= 0.24868 | U(167)= 0.24139 | U(168)= 0.23407 |
| U(169)= 0.22667 | U(170)= 0.21906 | U(171)= 0.21185 | U(172)= 0.20482 |
| U(173)= 0.19765 | U(174)= 0.19046 | U(175)= 0.18300 | U(176)= 0.17558 |
| U(177)= 0.16822 | U(178)= 0.16101 | U(179)= 0.15395 | U(180)= 0.14659 |
| U(181)= 0.13937 | U(182)= 0.13216 | U(183)= 0.12499 | U(184)= 0.11757 |
| U(185)= 0.11031 | U(186)= 0.10315 | U(187)= 0.09625 | U(188)= 0.08926 |
| U(189)= 0.08208 | U(190)= 0.07478 | U(191)= 0.06759 | U(192)= 0.06039 |
| U(193)= 0.05331 | U(194)= 0.04595 | U(195)= 0.03863 | U(196)= 0.03145 |
| U(197)= 0.02410 | U(198)= 0.01684 | U(199)= 0.00957 | U(200)= 0.00237 |
| U(201)=-0.00486 | U(202)=-0.01201 | U(203)=-0.01939 | U(204)=-0.02671 |
| U(205)=-0.03386 | U(206)=-0.04102 | U(207)=-0.04817 | U(208)=-0.05541 |
| U(209)=-0.06300 | U(210)=-0.07033 | U(211)=-0.07778 | U(212)=-0.08498 |
| U(213)=-0.09228 | U(214)=-0.09920 | U(215)=-0.10649 | U(216)=-0.11355 |
| U(217)=-0.12113 | U(218)=-0.12852 | U(219)=-0.13584 | U(220)=-0.14316 |
| U(221)=-0.15053 | U(222)=-0.15776 | U(223)=-0.16505 | U(224)=-0.17219 |
| U(225)=-0.17947 | U(226)=-0.18669 | U(227)=-0.19389 | U(228)=-0.20133 |
| U(229)=-0.20880 | U(230)=-0.21612 | U(231)=-0.22326 | U(232)=-0.23056 |
| U(233)=-0.23784 | U(234)=-0.24518 | U(235)=-0.25257 | U(236)=-0.25989 |
| U(237)=-0.26722 | U(238)=-0.27466 | U(239)=-0.28206 | U(240)=-0.28941 |
| U(241)=-0.29682 | U(242)=-0.30433 | U(243)=-0.31175 | U(244)=-0.31951 |
| U(245)=-0.32678 | U(246)=-0.33454 | U(247)=-0.34215 | U(248)=-0.34969 |
| U(249)=-0.35725 | U(250)=-0.36469 | U(251)=-0.37224 | U(252)=-0.37975 |
| U(253)=-0.38726 | U(254)=-0.39499 | U(255)=-0.40251 | U(256)=-0.41024 |
| U(257)=-0.41769 | U(258)=-0.42543 | U(259)=-0.43303 | U(260)=-0.44090 |
| U(261)=-0.44839 | U(262)=-0.45626 | U(263)=-0.46408 | U(264)=-0.47203 |
| U(265)=-0.47986 | U(266)=-0.48782 | U(267)=-0.49565 | U(268)=-0.50368 |
| U(269)=-0.51174 | U(270)=-0.51968 | U(271)=-0.52778 | U(272)=-0.53582 |
| U(273)=-0.54395 | U(274)=-0.55188 | U(275)=-0.55998 | U(276)=-0.56823 |
| U(277)=-0.57640 | U(278)=-0.58458 | U(279)=-0.59295 | U(280)=-0.60104 |
| U(281)=-0.60939 | U(282)=-0.61772 | U(283)=-0.62628 | U(284)=-0.63468 |
| U(285)=-0.64321 | U(286)=-0.65168 | U(287)=-0.66013 | U(288)=-0.66843 |
| U(289)=-0.67707 | U(290)=-0.68564 | U(291)=-0.69435 | U(292)=-0.70291 |
| U(293)=-0.71191 | U(294)=-0.72076 | U(295)=-0.72943 | U(296)=-0.73849 |
| U(297)=-0.74737 | U(298)=-0.75628 | U(299)=-0.76538 | U(300)=-0.77442 |
| U(301)=-0.78355 | U(302)=-0.79262 | U(303)=-0.80181 | U(304)=-0.81112 |
| U(305)=-0.82035 | U(306)=-0.82952 | U(307)=-0.83893 | U(308)=-0.84809 |
| U(309)=-0.85749 | U(310)=-0.86707 | U(311)=-0.87656 | U(312)=-0.88618 |
| U(313)=-0.89607 | U(314)=-0.90602 | U(315)=-0.91599 | U(316)=-0.92610 |
| U(317)=-0.93620 | U(318)=-0.94641 | U(319)=-0.95676 | U(320)=-0.96705 |
| U(321)=-0.97734 | U(322)=-0.98736 | U(323)=-0.99757 | U(324)=-1.00796 |
| U(325)=-1.01861 | U(326)=-1.02927 | U(327)=-1.04011 | U(328)=-1.05116 |
| U(329)=-1.06216 | U(330)=-1.07338 | U(331)=-1.08466 | U(332)=-1.09594 |
| U(333)=-1.10730 | U(334)=-1.11881 | U(335)=-1.13024 | U(336)=-1.14213 |
| U(337)=-1.15362 | U(338)=-1.16546 | U(339)=-1.17760 | U(340)=-1.18994 |
| U(341)=-1.20231 | U(342)=-1.21465 | U(343)=-1.22715 | U(344)=-1.23985 |
| U(345)=-1.25248 | U(346)=-1.26561 | U(347)=-1.27869 | U(348)=-1.29233 |
| U(349)=-1.30602 | U(350)=-1.31979 | U(351)=-1.33363 | U(352)=-1.34795 |
| U(353)=-1.36209 | U(354)=-1.37692 | U(355)=-1.39197 | U(356)=-1.40683 |
| U(357)=-1.42214 | U(358)=-1.43766 | U(359)=-1.45347 | U(360)=-1.46992 |
| U(361)=-1.48604 | U(362)=-1.50228 | U(363)=-1.51913 | U(364)=-1.53591 |
| U(365)=-1.55402 | U(366)=-1.57167 | U(367)=-1.59056 | U(368)=-1.60944 |
| U(369)=-1.62888 | U(370)=-1.64906 | U(371)=-1.67023 | U(372)=-1.69114 |
| U(373)=-1.71289 | U(374)=-1.73522 | U(375)=-1.75803 | U(376)=-1.78149 |
| U(377)=-1.80557 | U(378)=-1.83025 | U(379)=-1.85576 | U(380)=-1.88270 |
| U(381)=-1.91047 | U(382)=-1.93898 | U(383)=-1.96949 | U(384)=-2.00106 |
| U(385)=-2.03387 | U(386)=-2.06949 | U(387)=-2.10701 | U(388)=-2.14530 |
| U(389)=-2.18752 | U(390)=-2.23334 | U(391)=-2.28134 | U(392)=-2.33443 |
| U(393)=-2.39334 | U(394)=-2.45930 | U(395)=-2.53516 | U(396)=-2.62384 |
| U(397)=-2.73074 | U(398)=-2.86622 | U(399)=-3.06013 | U(400)=-3.39294 |

ESTADISTICAS DE ORDEN DE FUENTE GAUSSIANA AUTORREGRESIVA DE ORDEN UNO CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.75

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 1)= 4.30645 | U( 2)= 3.92767 | U( 3)= 3.69616 | U( 4)= 3.53152 |
| U( 5)= 3.40033 | U( 6)= 3.28915 | U( 7)= 3.19410 | U( 8)= 3.10929 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 9)= 3.03434 | U( 10)= 2.96373 | U( 11)= 2.89853 | U( 12)= 2.83975 |
| U( 13)= 2.78519 | U( 14)= 2.73301 | U( 15)= 2.68495 | U( 16)= 2.64027 |
| U( 17)= 2.59635 | U( 18)= 2.55517 | U( 19)= 2.51575 | U( 20)= 2.47795 |
| U( 21)= 2.44245 | U( 22)= 2.40769 | U( 23)= 2.37424 | U( 24)= 2.34189 |
| U( 25)= 2.30964 | U( 26)= 2.27961 | U( 27)= 2.25025 | U( 28)= 2.22212 |
| U( 29)= 2.19445 | U( 30)= 2.16769 | U( 31)= 2.14150 | U( 32)= 2.11624 |
| U( 33)= 2.09151 | U( 34)= 2.06692 | U( 35)= 2.04342 | U( 36)= 2.02008 |
| U( 37)= 1.99749 | U( 38)= 1.97549 | U( 39)= 1.95344 | U( 40)= 1.93217 |
| U( 41)= 1.91106 | U( 42)= 1.89015 | U( 43)= 1.86966 | U( 44)= 1.84899 |
| U( 45)= 1.82906 | U( 46)= 1.80983 | U( 47)= 1.79030 | U( 48)= 1.77161 |
| U( 49)= 1.75349 | U( 50)= 1.73539 | U( 51)= 1.71713 | U( 52)= 1.69972 |
| U( 53)= 1.58183 | U( 54)= 1.65423 | U( 55)= 1.64722 | U( 56)= 1.63036 |
| U( 57)= 1.61342 | U( 58)= 1.59684 | U( 59)= 1.59062 | U( 60)= 1.56425 |
| U( 61)= 1.54800 | U( 62)= 1.53195 | U( 63)= 1.51636 | U( 64)= 1.50094 |
| U( 65)= 1.48535 | U( 66)= 1.47038 | U( 67)= 1.45517 | U( 68)= 1.44018 |
| U( 69)= 1.42494 | U( 70)= 1.41006 | U( 71)= 1.39541 | U( 72)= 1.38089 |
| U( 73)= 1.36656 | U( 74)= 1.35235 | U( 75)= 1.33810 | U( 76)= 1.32422 |
| U( 77)= 1.31014 | U( 78)= 1.29702 | U( 79)= 1.28323 | U( 80)= 1.26979 |
| U( 81)= 1.25630 | U( 82)= 1.24313 | U( 83)= 1.22991 | U( 84)= 1.21683 |
| U( 85)= 1.20342 | U( 86)= 1.19037 | U( 87)= 1.17713 | U( 88)= 1.16450 |
| U( 89)= 1.15199 | U( 90)= 1.13949 | U( 91)= 1.12669 | U( 92)= 1.11426 |
| U( 93)= 1.10179 | U( 94)= 1.08944 | U( 95)= 1.07703 | U( 96)= 1.06472 |
| U( 97)= 1.05253 | U( 98)= 1.04036 | U( 99)= 1.02820 | U(100)= 1.01623 |
| U(101)= 1.00451 | U(102)= 0.99262 | U(103)= 0.98109 | U(104)= 0.96947 |
| U(105)= 0.95903 | U(106)= 0.94649 | U(107)= 0.93510 | U(108)= 0.92371 |
| U(109)= 0.91260 | U(110)= 0.90128 | U(111)= 0.88994 | U(112)= 0.87860 |
| U(113)= 0.86731 | U(114)= 0.85621 | U(115)= 0.84541 | U(116)= 0.83432 |
| U(117)= 0.82335 | U(118)= 0.81251 | U(119)= 0.80188 | U(120)= 0.79095 |
| U(121)= 0.77987 | U(122)= 0.76922 | U(123)= 0.75876 | U(124)= 0.74828 |
| U(125)= 0.73771 | U(126)= 0.72696 | U(127)= 0.71606 | U(128)= 0.70567 |
| U(129)= 0.69506 | U(130)= 0.68441 | U(131)= 0.67405 | U(132)= 0.66381 |
| U(133)= 0.65345 | U(134)= 0.64336 | U(135)= 0.63298 | U(136)= 0.62264 |
| U(137)= 0.61245 | U(138)= 0.60213 | U(139)= 0.59165 | U(140)= 0.58160 |
| U(141)= 0.57136 | U(142)= 0.55116 | U(143)= 0.55103 | U(144)= 0.54112 |
| U(145)= 0.53126 | U(146)= 0.52078 | U(147)= 0.51091 | U(148)= 0.50093 |
| U(149)= 0.49099 | U(150)= 0.48117 | U(151)= 0.47139 | U(152)= 0.46158 |
| U(153)= 0.45151 | U(154)= 0.44176 | U(155)= 0.43205 | U(156)= 0.42205 |
| U(157)= 0.41232 | U(158)= 0.40254 | U(159)= 0.39297 | U(160)= 0.38326 |
| U(161)= 0.37349 | U(162)= 0.36368 | U(163)= 0.35396 | U(164)= 0.34426 |
| U(165)= 0.33489 | U(166)= 0.32539 | U(167)= 0.31544 | U(168)= 0.30588 |
| U(169)= 0.29609 | U(170)= 0.28679 | U(171)= 0.27720 | U(172)= 0.26745 |
| U(173)= 0.25767 | U(174)= 0.24821 | U(175)= 0.23864 | U(176)= 0.22889 |
| U(177)= 0.21969 | U(178)= 0.21005 | U(179)= 0.20061 | U(180)= 0.19110 |
| U(181)= 0.18174 | U(182)= 0.17203 | U(183)= 0.16263 | U(184)= 0.15302 |
| U(185)= 0.14347 | U(186)= 0.13383 | U(187)= 0.12433 | U(188)= 0.11477 |
| U(189)= 0.10565 | U(190)= 0.09626 | U(191)= 0.08677 | U(192)= 0.07725 |
| U(193)= 0.06812 | U(194)= 0.05867 | U(195)= 0.04936 | U(196)= 0.03974 |
| U(197)= 0.02989 | U(198)= 0.02045 | U(199)= 0.01081 | U(200)= 0.00147 |
| U(201)=-0.00801 | U(202)=-0.01755 | U(203)=-0.02692 | U(204)=-0.03633 |
| U(205)=-0.04574 | U(206)=-0.05507 | U(207)=-0.06458 | U(208)=-0.07389 |
| U(209)=-0.08338 | U(210)=-0.09301 | U(211)=-0.10248 | U(212)=-0.11172 |
| U(213)=-0.12136 | U(214)=-0.13076 | U(215)=-0.14017 | U(216)=-0.14955 |
| U(217)=-0.15902 | U(218)=-0.16823 | U(219)=-0.17758 | U(220)=-0.18697 |
| U(221)=-0.19638 | U(222)=-0.20577 | U(223)=-0.21518 | U(224)=-0.22450 |
| U(225)=-0.23416 | U(226)=-0.24393 | U(227)=-0.25366 | U(228)=-0.26342 |
| U(229)=-0.27298 | U(230)=-0.28221 | U(231)=-0.29164 | U(232)=-0.30092 |
| U(233)=-0.31082 | U(234)=-0.32050 | U(235)=-0.33006 | U(236)=-0.33976 |
| U(237)=-0.34955 | U(238)=-0.35928 | U(239)=-0.36907 | U(240)=-0.37885 |
| U(241)=-0.38864 | U(242)=-0.39822 | U(243)=-0.40771 | U(244)=-0.41721 |
| U(245)=-0.42675 | U(246)=-0.43659 | U(247)=-0.44630 | U(248)=-0.45648 |
| U(249)=-0.46586 | U(250)=-0.47577 | U(251)=-0.48563 | U(252)=-0.49556 |
| U(253)=-0.50549 | U(254)=-0.51552 | U(255)=-0.52565 | U(256)=-0.53554 |
| U(257)=-0.54559 | U(258)=-0.55575 | U(259)=-0.56588 | U(260)=-0.57580 |
| U(261)=-0.58576 | U(262)=-0.59597 | U(263)=-0.60598 | U(264)=-0.61614 |
| U(265)=-0.62621 | U(266)=-0.63644 | U(267)=-0.64697 | U(268)=-0.65732 |
| U(269)=-0.66776 | U(270)=-0.67840 | U(271)=-0.68864 | U(272)=-0.69897 |
| U(273)=-0.70930 | U(274)=-0.71946 | U(275)=-0.73035 | U(276)=-0.74079 |
| U(277)=-0.75170 | U(278)=-0.76263 | U(279)=-0.77338 | U(280)=-0.78416 |
| U(281)=-0.79475 | U(282)=-0.80555 | U(283)=-0.81656 | U(284)=-0.82763 |
| U(285)=-0.83851 | U(286)=-0.84940 | U(287)=-0.86055 | U(288)=-0.87159 |
| U(289)=-0.88273 | U(290)=-0.89382 | U(291)=-0.90498 | U(292)=-0.91637 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(293)=-0.92742 | U(294)=-0.93891 | U(295)=-0.95034 | U(296)=-0.96183 |
| U(297)=-0.97340 | U(298)=-0.98519 | U(299)=-0.99709 | U(300)=-1.00886 |
| U(301)=-1.02062 | U(302)=-1.03258 | U(303)=-1.04434 | U(304)=-1.05608 |
| U(305)=-1.06787 | U(306)=-1.08025 | U(307)=-1.09267 | U(308)=-1.10516 |
| U(309)=-1.11740 | U(310)=-1.12989 | U(311)=-1.14221 | U(312)=-1.15483 |
| U(313)=-1.16769 | U(314)=-1.18029 | U(315)=-1.19299 | U(316)=-1.20615 |
| U(317)=-1.21919 | U(318)=-1.23233 | U(319)=-1.24577 | U(320)=-1.25864 |
| U(321)=-1.27160 | U(322)=-1.28532 | U(323)=-1.29902 | U(324)=-1.31257 |
| U(325)=-1.32657 | U(326)=-1.34054 | U(327)=-1.35476 | U(328)=-1.36859 |
| U(329)=-1.38284 | U(330)=-1.39752 | U(331)=-1.41186 | U(332)=-1.42637 |
| U(333)=-1.44104 | U(334)=-1.45589 | U(335)=-1.47097 | U(336)=-1.48616 |
| U(337)=-1.50203 | U(338)=-1.51772 | U(339)=-1.53309 | U(340)=-1.54894 |
| U(341)=-1.56486 | U(342)=-1.58100 | U(343)=-1.59760 | U(344)=-1.61412 |
| U(345)=-1.63101 | U(346)=-1.64822 | U(347)=-1.66505 | U(348)=-1.68206 |
| U(349)=-1.69968 | U(350)=-1.71743 | U(351)=-1.73551 | U(352)=-1.75381 |
| U(353)=-1.77264 | U(354)=-1.79190 | U(355)=-1.81061 | U(356)=-1.83015 |
| U(357)=-1.85094 | U(358)=-1.87156 | U(359)=-1.89174 | U(360)=-1.91321 |
| U(361)=-1.93424 | U(362)=-1.95576 | U(363)=-1.97783 | U(364)=-2.00027 |
| U(365)=-2.02299 | U(366)=-2.04651 | U(367)=-2.07022 | U(368)=-2.09492 |
| U(369)=-2.11944 | U(370)=-2.14581 | U(371)=-2.17170 | U(372)=-2.19873 |
| U(373)=-2.22654 | U(374)=-2.25500 | U(375)=-2.28420 | U(376)=-2.31495 |
| U(377)=-2.34634 | U(378)=-2.37810 | U(379)=-2.41147 | U(380)=-2.44719 |
| U(381)=-2.48321 | U(382)=-2.52093 | U(383)=-2.56044 | U(384)=-2.60176 |
| U(385)=-2.64375 | U(386)=-2.68947 | U(387)=-2.73726 | U(388)=-2.78621 |
| U(389)=-2.84004 | U(390)=-2.89881 | U(391)=-2.96317 | U(392)=-3.03292 |
| U(393)=-3.10822 | U(394)=-3.19456 | U(395)=-3.29008 | U(396)=-3.40617 |
| U(397)=-3.54112 | U(398)=-3.71192 | U(399)=-3.94245 | U(400)=-4.31987 |

ESTADISTICAS DE ORDEN DE FUENTE GAUSSIANA AUTORREGRESIVA DE ORDEN UNO CON CONSTANTE DE AUTORREGRESION a=0.95

| | | | |
|---|---|---|---|
| U( 1)= 7.71244 | U( 2)= 7.31821 | U( 3)= 7.03200 | U( 4)= 6.80651 |
| U( 5)= 6.61200 | U( 6)= 6.44070 | U( 7)= 6.29051 | U( 8)= 6.15106 |
| U( 9)= 6.01934 | U( 10)= 5.90008 | U( 11)= 5.78812 | U( 12)= 5.68516 |
| U( 13)= 5.58675 | U( 14)= 5.49276 | U( 15)= 5.40650 | U( 16)= 5.32208 |
| U( 17)= 5.24071 | U( 18)= 5.16502 | U( 19)= 5.09052 | U( 20)= 5.01713 |
| U( 21)= 4.94724 | U( 22)= 4.88067 | U( 23)= 4.81643 | U( 24)= 4.75285 |
| U( 25)= 4.69026 | U( 26)= 4.63018 | U( 27)= 4.57196 | U( 28)= 4.51651 |
| U( 29)= 4.46156 | U( 30)= 4.40790 | U( 31)= 4.35573 | U( 32)= 4.30577 |
| U( 33)= 4.25708 | U( 34)= 4.20879 | U( 35)= 4.15926 | U( 36)= 4.11287 |
| U( 37)= 4.06674 | U( 38)= 4.02087 | U( 39)= 3.97644 | U( 40)= 3.93253 |
| U( 41)= 3.88941 | U( 42)= 3.84677 | U( 43)= 3.80461 | U( 44)= 3.76447 |
| U( 45)= 3.72397 | U( 46)= 3.68423 | U( 47)= 3.64452 | U( 48)= 3.60646 |
| U( 49)= 3.56788 | U( 50)= 3.53024 | U( 51)= 3.49282 | U( 52)= 3.45683 |
| U( 53)= 3.42121 | U( 54)= 3.38624 | U( 55)= 3.35148 | U( 56)= 3.31694 |
| U( 57)= 3.28273 | U( 58)= 3.24861 | U( 59)= 3.21498 | U( 60)= 3.18248 |
| U( 61)= 3.14912 | U( 62)= 3.11695 | U( 63)= 3.08485 | U( 64)= 3.05238 |
| U( 65)= 3.02107 | U( 66)= 2.99080 | U( 67)= 2.95975 | U( 68)= 2.92937 |
| U( 69)= 2.89914 | U( 70)= 2.86897 | U( 71)= 2.83960 | U( 72)= 2.81075 |
| U( 73)= 2.78169 | U( 74)= 2.75226 | U( 75)= 2.72385 | U( 76)= 2.69485 |
| U( 77)= 2.66594 | U( 78)= 2.63672 | U( 79)= 2.60936 | U( 80)= 2.58111 |
| U( 81)= 2.55442 | U( 82)= 2.52813 | U( 83)= 2.50099 | U( 84)= 2.47429 |
| U( 85)= 2.44877 | U( 86)= 2.42219 | U( 87)= 2.39642 | U( 88)= 2.36975 |
| U( 89)= 2.34404 | U( 90)= 2.31867 | U( 91)= 2.29332 | U( 92)= 2.26810 |
| U( 93)= 2.24310 | U( 94)= 2.21784 | U( 95)= 2.19293 | U( 96)= 2.16764 |
| U( 97)= 2.14305 | U( 98)= 2.11885 | U( 99)= 2.09386 | U(100)= 2.06964 |
| U(101)= 2.04484 | U(102)= 2.02075 | U(103)= 1.99663 | U(104)= 1.97234 |
| U(105)= 1.94808 | U(106)= 1.92453 | U(107)= 1.90127 | U(108)= 1.87729 |
| U(109)= 1.85331 | U(110)= 1.82997 | U(111)= 1.80748 | U(112)= 1.78449 |
| U(113)= 1.76144 | U(114)= 1.73837 | U(115)= 1.71567 | U(116)= 1.69318 |
| U(117)= 1.67077 | U(118)= 1.64856 | U(119)= 1.62615 | U(120)= 1.60387 |
| U(121)= 1.58173 | U(122)= 1.55989 | U(123)= 1.53803 | U(124)= 1.51595 |
| U(125)= 1.49479 | U(126)= 1.47266 | U(127)= 1.45013 | U(128)= 1.42816 |
| U(129)= 1.40657 | U(130)= 1.38483 | U(131)= 1.36322 | U(132)= 1.34164 |
| U(133)= 1.32032 | U(134)= 1.29888 | U(135)= 1.27797 | U(136)= 1.25666 |
| U(137)= 1.23568 | U(138)= 1.21514 | U(139)= 1.19497 | U(140)= 1.17397 |
| U(141)= 1.15306 | U(142)= 1.13274 | U(143)= 1.11198 | U(144)= 1.09138 |
| U(145)= 1.07066 | U(146)= 1.05006 | U(147)= 1.02935 | U(148)= 1.00839 |
| U(149)= 0.98820 | U(150)= 0.96776 | U(151)= 0.94726 | U(152)= 0.92745 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| U(153)= 0.90697 | U(154)= 0.88694 | U(155)= 0.86651 | U(156)= 0.84650 |
| U(157)= 0.82608 | U(158)= 0.80669 | U(159)= 0.78642 | U(160)= 0.76612 |
| U(161)= 0.74609 | U(162)= 0.72602 | U(163)= 0.70647 | U(164)= 0.68663 |
| U(165)= 0.66684 | U(166)= 0.64729 | U(167)= 0.62768 | U(168)= 0.60767 |
| U(169)= 0.58781 | U(170)= 0.56828 | U(171)= 0.54852 | U(172)= 0.52913 |
| U(173)= 0.50932 | U(174)= 0.48995 | U(175)= 0.47056 | U(176)= 0.45122 |
| U(177)= 0.43146 | U(178)= 0.41176 | U(179)= 0.39236 | U(180)= 0.37299 |
| U(181)= 0.35417 | U(182)= 0.33465 | U(183)= 0.31519 | U(184)= 0.29609 |
| U(185)= 0.27651 | U(186)= 0.25700 | U(187)= 0.23778 | U(188)= 0.21857 |
| U(189)= 0.19913 | U(190)= 0.17986 | U(191)= 0.16042 | U(192)= 0.14130 |
| U(193)= 0.12200 | U(194)= 0.10262 | U(195)= 0.08343 | U(196)= 0.06413 |
| U(197)= 0.04500 | U(198)= 0.02548 | U(199)= 0.00579 | U(200)=-0.01358 |
| U(201)=-0.03330 | U(202)=-0.05173 | U(203)=-0.07080 | U(204)=-0.09025 |
| U(205)=-0.10961 | U(206)=-0.12891 | U(207)=-0.14798 | U(208)=-0.16729 |
| U(209)=-0.18653 | U(210)=-0.20552 | U(211)=-0.22473 | U(212)=-0.24426 |
| U(213)=-0.26395 | U(214)=-0.28331 | U(215)=-0.30286 | U(216)=-0.32216 |
| U(217)=-0.34181 | U(218)=-0.36177 | U(219)=-0.38077 | U(220)=-0.40057 |
| U(221)=-0.42026 | U(222)=-0.43964 | U(223)=-0.45896 | U(224)=-0.47808 |
| U(225)=-0.49769 | U(226)=-0.51764 | U(227)=-0.53678 | U(228)=-0.55606 |
| U(229)=-0.57555 | U(230)=-0.59535 | U(231)=-0.61533 | U(232)=-0.63446 |
| U(233)=-0.65417 | U(234)=-0.67463 | U(235)=-0.69464 | U(236)=-0.71498 |
| U(237)=-0.73493 | U(238)=-0.75519 | U(239)=-0.77520 | U(240)=-0.79476 |
| U(241)=-0.81432 | U(242)=-0.83410 | U(243)=-0.85383 | U(244)=-0.87405 |
| U(245)=-0.89378 | U(246)=-0.91452 | U(247)=-0.93481 | U(248)=-0.95451 |
| U(249)=-0.97472 | U(250)=-0.99493 | U(251)=-1.01502 | U(252)=-1.03588 |
| U(253)=-1.05631 | U(254)=-1.07693 | U(255)=-1.09692 | U(256)=-1.11693 |
| U(257)=-1.13664 | U(258)=-1.15675 | U(259)=-1.17762 | U(260)=-1.19811 |
| U(261)=-1.21945 | U(262)=-1.24038 | U(263)=-1.26137 | U(264)=-1.28245 |
| U(265)=-1.30370 | U(266)=-1.32545 | U(267)=-1.34663 | U(268)=-1.36817 |
| U(269)=-1.38936 | U(270)=-1.41027 | U(271)=-1.43177 | U(272)=-1.45297 |
| U(273)=-1.47533 | U(274)=-1.49713 | U(275)=-1.51882 | U(276)=-1.54063 |
| U(277)=-1.56269 | U(278)=-1.58435 | U(279)=-1.60680 | U(280)=-1.62918 |
| U(281)=-1.65098 | U(282)=-1.67359 | U(283)=-1.69521 | U(284)=-1.71835 |
| U(285)=-1.74131 | U(286)=-1.76381 | U(287)=-1.78605 | U(288)=-1.80923 |
| U(289)=-1.83217 | U(290)=-1.85461 | U(291)=-1.87765 | U(292)=-1.90075 |
| U(293)=-1.92421 | U(294)=-1.94795 | U(295)=-1.97081 | U(296)=-1.99399 |
| U(297)=-2.01817 | U(298)=-2.04159 | U(299)=-2.06489 | U(300)=-2.08835 |
| U(301)=-2.11279 | U(302)=-2.13733 | U(303)=-2.16196 | U(304)=-2.18595 |
| U(305)=-2.21111 | U(306)=-2.23568 | U(307)=-2.26051 | U(308)=-2.28539 |
| U(309)=-2.31125 | U(310)=-2.33628 | U(311)=-2.36196 | U(312)=-2.38756 |
| U(313)=-2.41391 | U(314)=-2.44027 | U(315)=-2.46664 | U(316)=-2.49381 |
| U(317)=-2.52036 | U(318)=-2.54655 | U(319)=-2.57357 | U(320)=-2.60028 |
| U(321)=-2.62706 | U(322)=-2.65364 | U(323)=-2.68080 | U(324)=-2.70845 |
| U(325)=-2.73662 | U(326)=-2.76532 | U(327)=-2.79268 | U(328)=-2.82098 |
| U(329)=-2.85062 | U(330)=-2.88042 | U(331)=-2.91054 | U(332)=-2.93933 |
| U(333)=-2.96954 | U(334)=-2.99957 | U(335)=-3.03000 | U(336)=-3.06134 |
| U(337)=-3.09265 | U(338)=-3.12442 | U(339)=-3.15622 | U(340)=-3.18868 |
| U(341)=-3.22195 | U(342)=-3.25517 | U(343)=-3.28805 | U(344)=-3.32092 |
| U(345)=-3.35500 | U(346)=-3.38872 | U(347)=-3.42442 | U(348)=-3.45958 |
| U(349)=-3.49505 | U(350)=-3.53060 | U(351)=-3.56788 | U(352)=-3.60528 |
| U(353)=-3.64368 | U(354)=-3.68118 | U(355)=-3.71954 | U(356)=-3.75897 |
| U(357)=-3.79820 | U(358)=-3.83718 | U(359)=-3.87877 | U(360)=-3.92014 |
| U(361)=-3.96227 | U(362)=-4.00533 | U(363)=-4.04869 | U(364)=-4.09453 |
| U(365)=-4.13851 | U(366)=-4.18523 | U(367)=-4.23377 | U(368)=-4.28281 |
| U(369)=-4.33305 | U(370)=-4.38452 | U(371)=-4.43696 | U(372)=-4.48834 |
| U(373)=-4.54194 | U(374)=-4.59793 | U(375)=-4.65523 | U(376)=-4.71335 |
| U(377)=-4.77258 | U(378)=-4.83484 | U(379)=-4.89715 | U(380)=-4.96444 |
| U(381)=-5.03383 | U(382)=-5.10547 | U(383)=-5.18145 | U(384)=-5.25966 |
| U(385)=-5.33866 | U(386)=-5.42336 | U(387)=-5.51160 | U(388)=-5.60511 |
| U(389)=-5.70491 | U(390)=-5.80815 | U(391)=-5.91530 | U(392)=-6.03428 |
| U(393)=-6.15638 | U(394)=-6.29858 | U(395)=-6.44660 | U(396)=-6.61481 |
| U(397)=-6.80035 | U(398)=-7.02375 | U(399)=-7.30121 | U(400)=-7.70577 |

ERROR PROMEDIO DE LAS PRIMERAS 200 DE UN TOTAL
DE 400 ESTADISTICAS DE ORDEN= 0.07158%
ESTADISTICAS DE ORDEN PRIMERAS Gaussianas Teoricas
ESTADISTICAS DE ORDEN SEGUNDAS Estimacion con 4000 muestras
EL PORCENTAJE SE OBTIENE CON RELACION A LAS PRIMERAS ESTADISTICAS
CONSTANTE DE CORRELACION = 0.0

| | | | |
|---|---|---|---|
| ER( 1)= 0.01% | ER( 2)= 0.13% | ER( 3)= 0.06% | ER( 4)= 0.10% |
| ER( 5)= 0.06% | ER( 6)= 0.07% | ER( 7)= 0.04% | ER( 8)= 0.03% |
| ER( 9)= 0.04% | ER( 10)= 0.05% | ER( 11)= 0.02% | ER( 12)= 0.04% |
| ER( 13)= 0.02% | ER( 14)= 0.04% | ER( 15)= 0.08% | ER( 16)= 0.07% |
| ER( 17)= 0.07% | ER( 18)= 0.11% | ER( 19)= 0.14% | ER( 20)= 0.15% |
| ER( 21)= 0.11% | ER( 22)= 0.09% | ER( 23)= 0.09% | ER( 24)= 0.07% |
| ER( 25)= 0.10% | ER( 26)= 0.07% | ER( 27)= 0.05% | ER( 28)= 0.03% |
| ER( 29)= 0.03% | ER( 30)= 0.03% | ER( 31)= 0.02% | ER( 32)= 0.00% |
| ER( 33)= 0.03% | ER( 34)= 0.04% | ER( 35)= 0.04% | ER( 36)= 0.02% |
| ER( 37)= 0.01% | ER( 38)= 0.00% | ER( 39)= 0.02% | ER( 40)= 0.04% |
| ER( 41)= 0.03% | ER( 42)= 0.02% | ER( 43)= 0.03% | ER( 44)= 0.04% |
| ER( 45)= 0.02% | ER( 46)= 0.02% | ER( 47)= 0.02% | ER( 48)= 0.05% |
| ER( 49)= 0.04% | ER( 50)= 0.04% | ER( 51)= 0.03% | ER( 52)= 0.03% |
| ER( 53)= 0.01% | ER( 54)= 0.02% | ER( 55)= 0.01% | ER( 56)= 0.02% |
| ER( 57)= 0.01% | ER( 58)= 0.00% | ER( 59)= 0.01% | ER( 60)= 0.02% |
| ER( 61)= 0.02% | ER( 62)= 0.03% | ER( 63)= 0.01% | ER( 64)= 0.02% |
| ER( 65)= 0.01% | ER( 66)= 0.00% | ER( 67)= 0.02% | ER( 68)= 0.03% |
| ER( 69)= 0.06% | ER( 70)= 0.10% | ER( 71)= 0.10% | ER( 72)= 0.09% |
| ER( 73)= 0.09% | ER( 74)= 0.09% | ER( 75)= 0.07% | ER( 76)= 0.08% |
| ER( 77)= 0.07% | ER( 78)= 0.08% | ER( 79)= 0.07% | ER( 80)= 0.05% |
| ER( 81)= 0.05% | ER( 82)= 0.04% | ER( 83)= 0.03% | ER( 84)= 0.03% |
| ER( 85)= 0.02% | ER( 86)= 0.03% | ER( 87)= 0.03% | ER( 88)= 0.04% |
| ER( 89)= 0.05% | ER( 90)= 0.06% | ER( 91)= 0.02% | ER( 92)= 0.03% |
| ER( 93)= 0.05% | ER( 94)= 0.08% | ER( 95)= 0.07% | ER( 96)= 0.09% |
| ER( 97)= 0.08% | ER( 98)= 0.10% | ER( 99)= 0.10% | ER(100)= 0.09% |
| ER(101)= 0.09% | ER(102)= 0.06% | ER(103)= 0.08% | ER(104)= 0.11% |
| ER(105)= 0.12% | ER(106)= 0.13% | ER(107)= 0.12% | ER(108)= 0.15% |
| ER(109)= 0.15% | ER(110)= 0.14% | ER(111)= 0.14% | ER(112)= 0.18% |
| ER(113)= 0.20% | ER(114)= 0.22% | ER(115)= 0.23% | ER(116)= 0.19% |
| ER(117)= 0.19% | ER(118)= 0.19% | ER(119)= 0.23% | ER(120)= 0.26% |
| ER(121)= 0.28% | ER(122)= 0.28% | ER(123)= 0.31% | ER(124)= 0.26% |
| ER(125)= 0.24% | ER(126)= 0.23% | ER(127)= 0.25% | ER(128)= 0.18% |
| ER(129)= 0.18% | ER(130)= 0.17% | ER(131)= 0.13% | ER(132)= 0.18% |
| ER(133)= 0.19% | ER(134)= 0.15% | ER(135)= 0.10% | ER(136)= 0.12% |
| ER(137)= 0.18% | ER(138)= 0.20% | ER(139)= 0.23% | ER(140)= 0.19% |
| ER(141)= 0.19% | ER(142)= 0.23% | ER(143)= 0.22% | ER(144)= 0.25% |
| ER(145)= 0.22% | ER(146)= 0.24% | ER(147)= 0.21% | ER(148)= 0.22% |
| ER(149)= 0.17% | ER(150)= 0.14% | ER(151)= 0.13% | ER(152)= 0.13% |
| ER(153)= 0.09% | ER(154)= 0.12% | ER(155)= 0.14% | ER(156)= 0.17% |
| ER(157)= 0.19% | ER(158)= 0.18% | ER(159)= 0.16% | ER(160)= 0.15% |
| ER(161)= 0.07% | ER(162)= 0.03% | ER(163)= 0.02% | ER(164)= 0.04% |
| ER(165)= 0.01% | ER(166)= 0.00% | ER(167)= 0.01% | ER(168)= 0.15% |
| ER(169)= 0.27% | ER(170)= 0.24% | ER(171)= 0.22% | ER(172)= 0.18% |
| ER(173)= 0.14% | ER(174)= 0.14% | ER(175)= 0.09% | ER(176)= 0.05% |
| ER(177)= 0.00% | ER(178)= 0.10% | ER(179)= 0.03% | ER(180)= 0.08% |
| ER(181)= 0.09% | ER(182)= 0.00% | ER(183)= 0.04% | ER(184)= 0.07% |
| ER(185)= 0.02% | ER(186)= 0.02% | ER(187)= 0.14% | ER(188)= 0.11% |
| ER(189)= 0.04% | ER(190)= 0.20% | ER(191)= 0.09% | ER(192)= 0.03% |
| ER(193)= 0.12% | ER(194)= 0.26% | ER(195)= 0.06% | ER(196)= 0.48% |
| ER(197)= 0.62% | ER(198)= 1.54% | ER(199)= 1.36% | ER(200)= 5.90% |

```
ERROR PROMEDIO DE LAS PRIMERAS 200 DE UN TOTAL
DE 400 ESTADISTICAS DE ORDEN=   0.48698%
ESTADISTICAS DE ORDEN PRIMERAS Estimacion con 4000 muestras
ESTADISTICAS DE ORDEN SEGUNDAS Estimacion con 3500 muestras
EL PORCENTAJE SE OBTIENE CON RELACION A LAS PRIMERAS ESTADISTICAS
CONSTANTE  DE CORRELACION = 0.95
ER(  1)= 0.06%  ER(  2)= 0.09%  ER(  3)= 0.09%  ER(  4)= 0.03%
ER(  5)= 0.00%  ER(  6)= 0.02%  ER(  7)= 0.00%  ER(  8)= 0.01%
ER(  9)= 0.00%  ER( 10)= 0.00%  ER( 11)= 0.02%  ER( 12)= 0.04%
ER( 13)= 0.05%  ER( 14)= 0.04%  ER( 15)= 0.05%  ER( 16)= 0.06%
ER( 17)= 0.06%  ER( 18)= 0.07%  ER( 19)= 0.07%  ER( 20)= 0.07%
ER( 21)= 0.07%  ER( 22)= 0.07%  ER( 23)= 0.08%  ER( 24)= 0.08%
ER( 25)= 0.08%  ER( 26)= 0.08%  ER( 27)= 0.09%  ER( 28)= 0.09%
ER( 29)= 0.11%  ER( 30)= 0.11%  ER( 31)= 0.11%  ER( 32)= 0.10%
ER( 33)= 0.10%  ER( 34)= 0.10%  ER( 35)= 0.08%  ER( 36)= 0.09%
ER( 37)= 0.10%  ER( 38)= 0.10%  ER( 39)= 0.10%  ER( 40)= 0.11%
ER( 41)= 0.11%  ER( 42)= 0.11%  ER( 43)= 0.11%  ER( 44)= 0.12%
ER( 45)= 0.11%  ER( 46)= 0.12%  ER( 47)= 0.12%  ER( 48)= 0.13%
ER( 49)= 0.13%  ER( 50)= 0.12%  ER( 51)= 0.13%  ER( 52)= 0.14%
ER( 53)= 0.14%  ER( 54)= 0.14%  ER( 55)= 0.14%  ER( 56)= 0.14%
ER( 57)= 0.14%  ER( 58)= 0.13%  ER( 59)= 0.13%  ER( 60)= 0.13%
ER( 61)= 0.14%  ER( 62)= 0.14%  ER( 63)= 0.15%  ER( 64)= 0.16%
ER( 65)= 0.16%  ER( 66)= 0.17%  ER( 67)= 0.16%  ER( 68)= 0.16%
ER( 69)= 0.17%  ER( 70)= 0.18%  ER( 71)= 0.19%  ER( 72)= 0.18%
ER( 73)= 0.18%  ER( 74)= 0.19%  ER( 75)= 0.20%  ER( 76)= 0.19%
ER( 77)= 0.20%  ER( 78)= 0.21%  ER( 79)= 0.22%  ER( 80)= 0.22%
ER( 81)= 0.22%  ER( 82)= 0.21%  ER( 83)= 0.20%  ER( 84)= 0.22%
ER( 85)= 0.22%  ER( 86)= 0.21%  ER( 87)= 0.21%  ER( 88)= 0.21%
ER( 89)= 0.23%  ER( 90)= 0.23%  ER( 91)= 0.22%  ER( 92)= 0.23%
ER( 93)= 0.24%  ER( 94)= 0.25%  ER( 95)= 0.26%  ER( 96)= 0.27%
ER( 97)= 0.26%  ER( 98)= 0.27%  ER( 99)= 0.29%  ER(100)= 0.29%
ER(101)= 0.29%  ER(102)= 0.28%  ER(103)= 0.28%  ER(104)= 0.28%
ER(105)= 0.28%  ER(106)= 0.30%  ER(107)= 0.31%  ER(108)= 0.30%
ER(109)= 0.31%  ER(110)= 0.31%  ER(111)= 0.31%  ER(112)= 0.31%
ER(113)= 0.33%  ER(114)= 0.33%  ER(115)= 0.34%  ER(116)= 0.35%
ER(117)= 0.35%  ER(118)= 0.36%  ER(119)= 0.36%  ER(120)= 0.36%
ER(121)= 0.37%  ER(122)= 0.38%  ER(123)= 0.38%  ER(124)= 0.39%
ER(125)= 0.40%  ER(126)= 0.40%  ER(127)= 0.39%  ER(128)= 0.41%
ER(129)= 0.42%  ER(130)= 0.42%  ER(131)= 0.43%  ER(132)= 0.43%
ER(133)= 0.44%  ER(134)= 0.45%  ER(135)= 0.44%  ER(136)= 0.45%
ER(137)= 0.47%  ER(138)= 0.46%  ER(139)= 0.48%  ER(140)= 0.47%
ER(141)= 0.47%  ER(142)= 0.48%  ER(143)= 0.49%  ER(144)= 0.47%
ER(145)= 0.49%  ER(146)= 0.48%  ER(147)= 0.49%  ER(148)= 0.50%
ER(149)= 0.51%  ER(150)= 0.54%  ER(151)= 0.55%  ER(152)= 0.55%
ER(153)= 0.55%  ER(154)= 0.57%  ER(155)= 0.57%  ER(156)= 0.59%
ER(157)= 0.57%  ER(158)= 0.58%  ER(159)= 0.60%  ER(160)= 0.61%
ER(161)= 0.61%  ER(162)= 0.61%  ER(163)= 0.65%  ER(164)= 0.64%
ER(165)= 0.68%  ER(166)= 0.69%  ER(167)= 0.71%  ER(168)= 0.70%
ER(169)= 0.74%  ER(170)= 0.76%  ER(171)= 0.78%  ER(172)= 0.79%
ER(173)= 0.85%  ER(174)= 0.83%  ER(175)= 0.83%  ER(176)= 0.82%
ER(177)= 0.88%  ER(178)= 0.92%  ER(179)= 0.94%  ER(180)= 0.89%
ER(181)= 0.96%  ER(182)= 1.05%  ER(183)= 1.03%  ER(184)= 1.08%
ER(185)= 1.18%  ER(186)= 1.22%  ER(187)= 1.33%  ER(188)= 1.51%
ER(189)= 1.69%  ER(190)= 1.81%  ER(191)= 1.99%  ER(192)= 2.30%
ER(193)= 2.62%  ER(194)= 3.09%  ER(195)= 3.55%  ER(196)= 4.79%
ER(197)= 6.52%  ER(198)=11.69%  ER(199)=74.87%  ER(200)=16.19%
```

## APENDICE C

### INDICE DE AUTORES


[BP1] Julius S. Bendat, Allan G. Piersol
'Measurement and Analysis of Random Data'
John Wiley and Sons, 1966.

[B1] Toby Berger
'Rate Distortion Theroy: A Mathematical Basis for Data Compression'
Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 1971.

[B2] Toby Berger, Frederick Jelinek, Jack K. Wolf
'Permutation Codes for Sources'
IEEE trans. Inform. Theory, Vol. IT-18 pp. 160-169, Ene. 1972.

[B3] Toby Berger
'Optimum Quantizers and Permutation Codes'
IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-18 pp. 759-765, Nov. 1972.

[B4] Toby Berger
'Minimum Entropy Quantizers and Permutation Codes'
IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-28 pp. 149-157, Mar. 1982.

[D1] Herbert A. David

'Order Statistics' Second Edition
Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics
John Wiley and Sons, NY 1981.

[G1] Robert G. Gallager
'Information Theory and Reliable Communication'
John Wiley and Sons, NY 1968.

[G2] Allen Gersho
'Quantization'
IEEE Communications Society Magazine, Sep. 1977.

[H1] H. Leon Harter
'Expected Values of Normal Order Statistics'
Biometrika (1961), 48, 1 y 2, pp. 151-165.

[H2] Robert V. Hogg
'Adaptive Robust Procedures: A Partial Review and Some Suggestions for Future Applications and Theory'
Journal of the American Statistical Association, Vol. 69 N.348 pp. 909-923, Dic. 1974

[J1] Frederick Jelinek
'Buffer Overflow in Variable Lenght Coding of Fixed Rate Sources'
IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-14 pp. 490-501, Mayo 1968.

[JW] J.M. Wozencraft, I.M. Jacobs
'Prrinciples of Communication Engineering'
John Wiley and Sons NY 1965.

[L1] Joseph Linde, Robert M. Gray

'Technical Report N.6504-2'
Information Systems Laboratory, Stanford Electronics Laboratories, Stanford University CA.

[L2] Robert F. Ling
'Comparitions of Several Algorithms for Computing Sample Means and Variances'
Jounal of the American Statistical Association, Vol. 69, N.348 pp. 859-866, Dic. 1974.

[M1] Wolfgang Mauersberger
'Experimental Results on the Performance of Mismatched Quantizers'
IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-25, N.4, Julio 1979.

[P1 ] Athanasios Papoulis
'Probability, Random Variables, and Stochastic Processes'
McGraw-Hill Book Co., 1984.

[S0] Robert Sedgewick
'Implementing Quicksort Programs'
Communications of the ACM, V.21, N.10, Oct. 1978.

[T1] Stephen A Townes, J.B. O'Neal Jr.
'Permutation Codes for the Laplacian Source'
IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-30, N.3, Mayo 1984

[T2] Stephen A. Townes
'Permutations Coding of Speech'
Ph.D. Dissertation, Department of Electrical Engineering, North Carolina State University at Raleigh.

INDICE ALFABETICO