

Cálculo de la información mutua entre dos series temporales

Óscar Calvet Sisó y Javier Alarcón Caracena

6 de noviembre de 2023

Índice

1. Introducción	5
2. Trozo C	5
2.1. Tratamiento de la señal	5
2.2. Representación binaria	5
2.3. Medidas de información	7
2.4. Representación SAX	9
2.5. Mejora de SAX	13
3. Trozo G	15
3.1. Tratamiento de la señal	15
3.2. Representación binaria	15
3.3. Medidas de información	16
3.4. Representación SAX	18
3.5. Mejora de SAX	20
4. Trozo R	23
4.1. Tratamiento de la señal	23
4.2. Representación en binario	23
4.3. Medidas de información	24
4.4. Representación SAX	26
4.5. Mejora de SAX	28
5. Conclusiones	31

Índice de figuras

1.	Previsualización del trozo C	5
2.	Histograma	5
3.	Primer umbral	6
4.	Segundo umbral	6
5.	Señal en binario	6
6.	Spikes Unificados	7
7.	Spikes por ventana	7
8.	Entropía normalizada	8
9.	Información mutua normalizada	8
10.	Transferencia de entropía	9
11.	Entropía normalizada entre la primera codificación y SAX	9
12.	Entropía normalizada SAX para el trozo C	10
13.	Información mutua	10
14.	Comparar las señales con SAX	11
15.	Información para la codificación SAX corregida en el trozo C	11
16.	Información mutua corregida entre la codificación original y SAX	11
17.	Comparar las señales SAX y binaria	12
18.	Comparar las señales SAX y binaria	12
19.	Entropía del trozoC transformado en valor absoluto tras aplicar SAX	13
20.	Información mutua del trozoC transformado en valor absoluto tras aplicar SAX	13
21.	Información mutua del trozoC transformado en valor absoluto tras aplicar SAX	14
22.	Información mutua del trozoC transformado y corregido en valor absoluto tras aplicar SAX	14
23.	Información mutua entre la codificación original y SAX corregido en valor absoluto	14
24.	Comparación entre la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto y corregida	15
25.	Comparación entre la señal original, la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto y corregida	15
26.	Histograma del trozo G	15
27.	Primer intento con los umbrales	16
28.	Umbrales definitivos	16
29.	Paso a binario de la serie	16
30.	Elegimos las ventanas	17
31.	Entropías	17
32.	Transferencia de entropía	17
33.	Información mutua	18
34.	Entropías	18
35.	Transferencia de entropía	18
36.	Información mutua	19
37.	Información mutua para SAX corregida	19
38.	Información mutua entre la codificación original y la codificación SAX corregida	19
39.	Comparar SAX y Binario	20
40.	Comparar SAX y Binario	20
41.	Entropía	20
42.	Información mutua entre las señales LP y VD	21
43.	Información mutua entre la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto	21
44.	Información mutua entre las señales LP y VD con la codificación SAX en valor absoluto y corregida	21
45.	Información mutua entre la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto y corregida	22
46.	Comparación de SAX con valor absoluto y corregido con la codificación original	22
47.	Comparación de la señal original, la codificación original y la codificación SAX con valor absoluto y corregida	22
48.	Histograma trozo R	23
49.	Umbrales al 1%	23
50.	Umbrales al 0.7%	24
51.	Entropía e información mutua	24
52.	Tamaño de ventana	24
53.	Entropías	25
54.	Transferencia de entropía	25
55.	Información mutua	25
56.	Entropías	26
57.	Información mutua	26
58.	Transferencia de entropía	26

59.	Información mutua para SAX corregido	27
60.	Información mutua	27
61.	Comparar SAX y Binario	27
62.	Comparar SAX y binario	28
63.	Entropía	28
64.	Información mutua para SAX con valor absoluto	28
65.	Información mutua entre SAX con valor absoluto y la codificación original	29
66.	Información mutua para SAX con valor absoluto y corrección	29
67.	Información mutua entre SAX con valor absoluto y corrección y la codificación original	29
68.	Comparación de SAX en valor absoluto y corregido con la codificación original	30
69.	Comparación de la señal original, la codificación original y SAX en valor absoluto y corregido	30

1. Introducción

El objetivo de esta práctica será calcular la Información Mutua y la transferencia de entropía usando palabras desde 1 bit hasta 8 bit, entre las señales producidas por neuronas LP y VD. Destacamos, además, que nuestros eventos estarán formados por 1 si ocurre un spike y 0 en caso contrario. Habrá que realizar este procedimiento en 3 estados distintos de estas neuronas: control, inyección de Gaba y recuperación del sistema.

Adicionalmente, se supondrá otro tipo de representación de los eventos, en nuestro caso, hemos elegido SAX. En esta sección compararemos las señales de ambas neuronas (por separado) usando los 2 tipo de representación.

2. Trozo C

2.1. Tratamiento de la señal

Comenzaremos trabajando con el trozo de control. El cual tiene la siguiente forma (1):

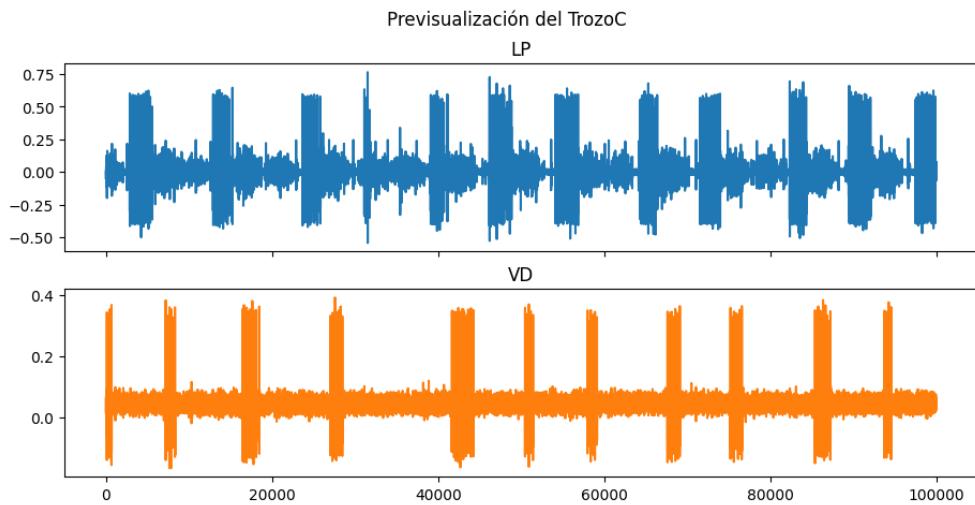


Figura 1: Previsualización del trozo C

Podemos parecer tres franjas, una con valores más elevados correspondiente a los spikes, otra con un valor ligeramente superior al cero para el ruido proveniente de otra neurona y finalmente la franja del cero que indica el estado de reposo. Estudiamos la distribución de estos valores mediante un histograma:

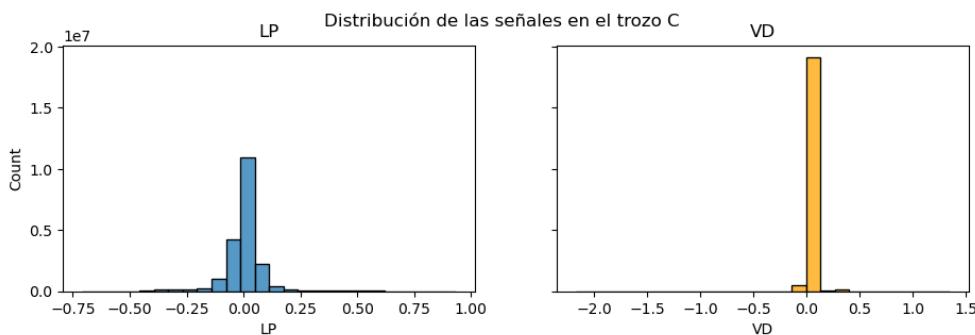


Figura 2: Histograma

En el histograma (2) podemos apreciar una concentración notable de los valores alrededor del cero, en particular la neurona VD posee una menor dispersión que la neurona LP. Como sabemos que los eventos de spike son los menos habituales nuestro interés se centrará en las colas de estas distribuciones.

2.2. Representación binaria

Para hallar el valor del umbral para el cuál detectar la aparición de un spike debemos tener en cuenta la distribución de nuestras series temporales y fijarnos en los valores extremos puesto que estos se dan los eventos que deseamos encontrar. Un primer intento para establecer el umbral fue quedarnos con el 1% de los datos que se

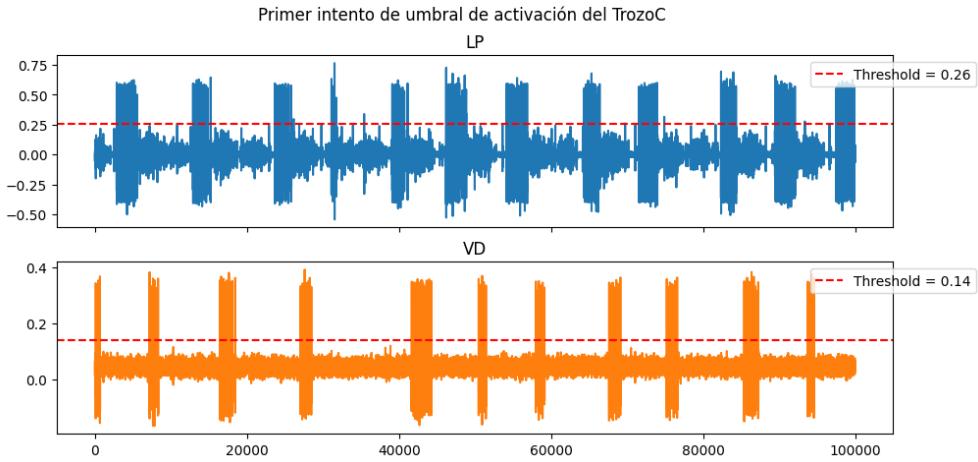


Figura 3: Primer umbral

encuentren la derecha de cada distribución (3).

Como podemos observar, estos umbrales (en especial el de la neurona LP) no son lo suficientemente altos como para evitar categorizar algunas observaciones de ruido como spikes. Vamos a aumentarlos para evitar este efecto, quedándonos con el 0.7% de las muestras totales (4). Como podemos ver, ahora los umbrales se ajustan a

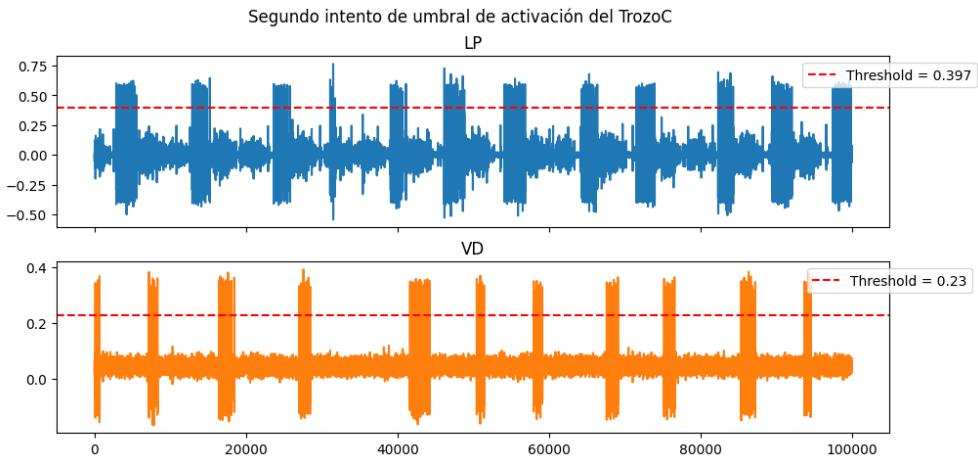


Figura 4: Segundo umbral

los eventos que queremos estudiar. A continuación transformamos la señal en una señal binaria siguiendo el umbral elegido, es decir, 1 si lo sobrepasa y 0 si no. Mostramos la superposición de la señal continua con su binarización en la figura (5). Como podemos observar, el umbral es adecuado y la serie binarizada se ajusta a los eventos que deseamos modelar.

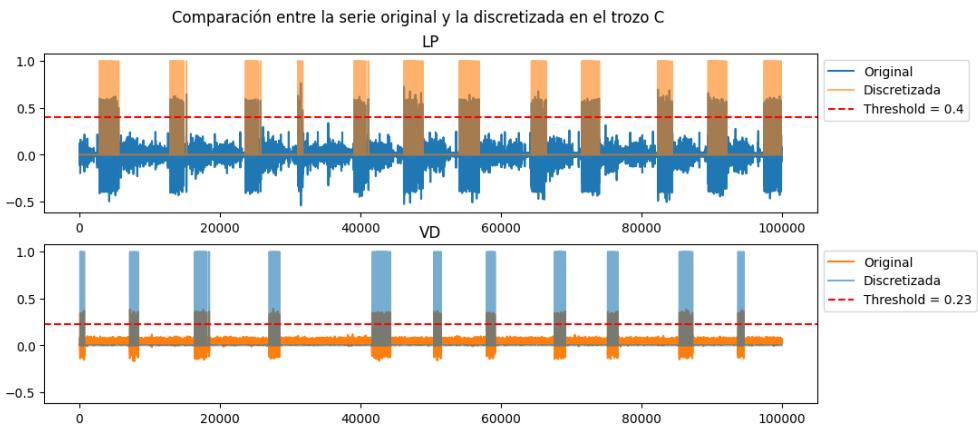


Figura 5: Señal en binario

Pasamos ahora a combinar los grupos de spikes, es decir, los grupos de unos en nuestras series transformadas de manera que solamente guardemos un único uno en el centro de la cadena, en la figura (6) podemos ver el resultado de esta unificación, donde x marca el valor que tomamos como spike.

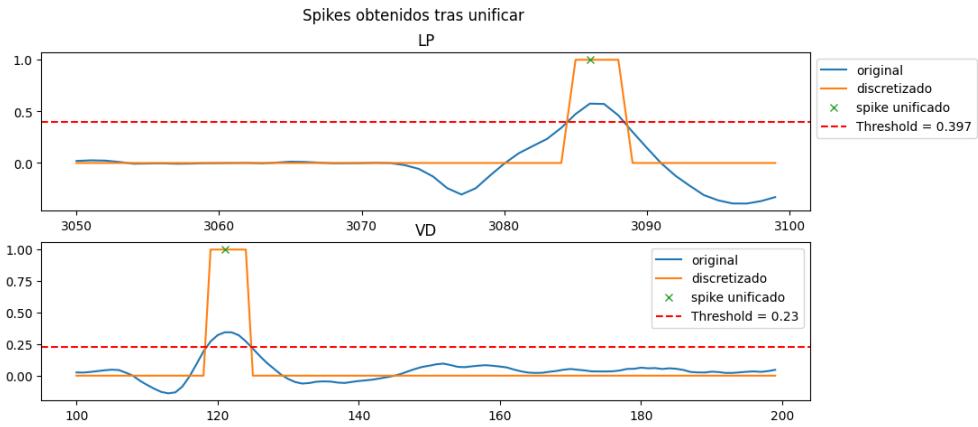


Figura 6: Spikes Unificados

Para seleccionar el tamaño de ventana vamos a utilizar el criterio de que menos del 5 % de los spikes se encuentren en la misma ventana que otro. Después de hacer los cálculos utilizando percentilíes obtenemos que el tamaño de ventana mínimo que cumple nuestras restricciones en ambas señales es de 87. En la figura (7) mostramos un segmento de las señales binarias y la partición que el tamaño de ventana genera en estas. Observamos que en cada ventana aparece únicamente un spike lo cual concuerda con el criterio que hemos utilizado.

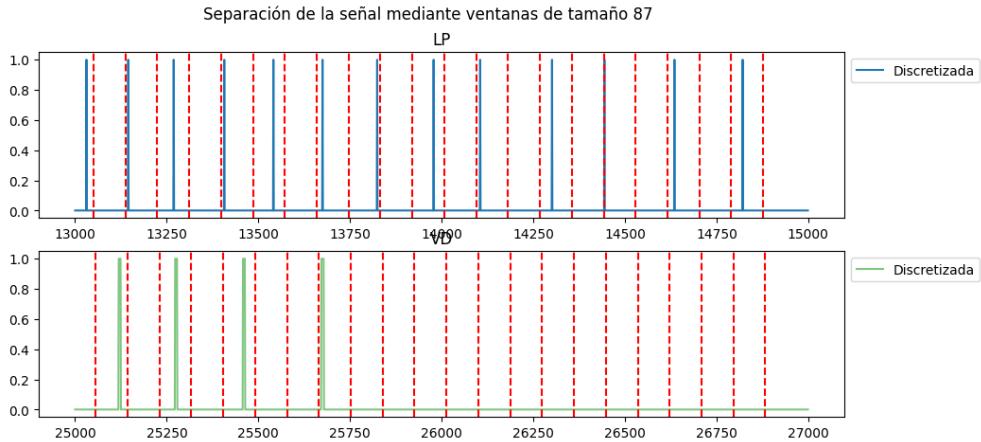


Figura 7: Spikes por ventana

2.3. Medidas de información

Recordemos que la entropía de una variable aleatoria X puede calcularse mediante la fórmula:

$$H(X) = - \sum_x p(x) \log_2(p(x)) \quad (1)$$

Para calcular la entropía conjunta de dos variables X, Y usaremos la siguiente fórmula:

$$H(X, Y) = - \sum_{x,y} p(x, y) \log_2(p(x, y)) \quad (2)$$

Destacamos además que el cálculo de la entropía realizará en función de la longitud de las palabras.

En la gráfica (8) podemos apreciar cómo la entropía aumenta en función del tamaño de la ventana utilizada. Este resultado es esperable, ya que cuanto mayor es el tamaño de la ventana, mayor va a ser la probabilidad de que haya un uno en una ventana prefijada. Por otro lado, la entropía tiende a decrecer en función al tamaño de las palabras usadas, algo predecible, ya que, de esta forma aumentamos la cantidad de sucesos, lo que disminuye

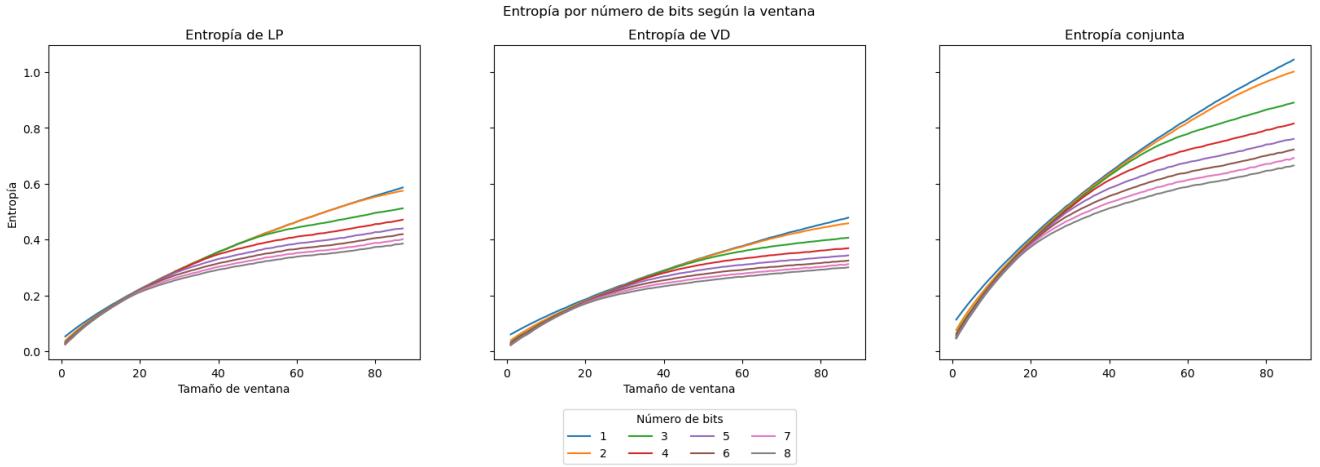


Figura 8: Entropia normalizada

las probabilidades de cada uno de ellos.

Para la información mutua usaremos la fórmula:

$$MI(X, Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y) \quad (3)$$

Igual que en el caso anterior, esta información mutua va a estar en función de la longitud de las palabras elegida.

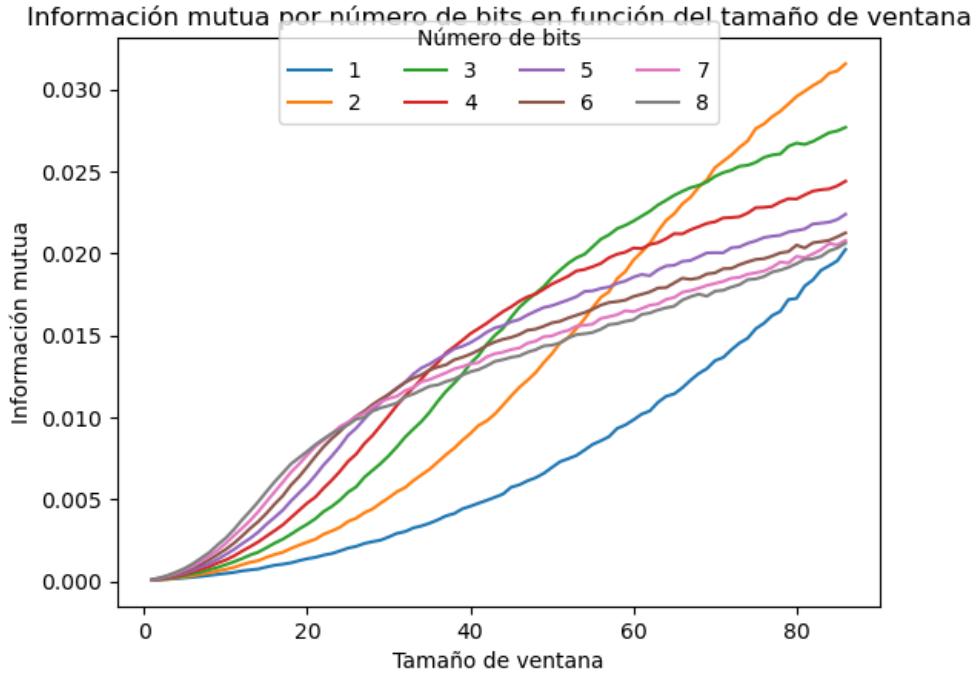


Figura 9: Información mutua normalizada

La gráfica (9), es monótona respecto del tamaño de ventana, ya que, cuanto más comprimimos las series, más probable es que se parezcan entre ellas. Otro resultado inesperado, es que cuando la ventana tiene tamaño 87, las palabras de 2 bits son las que maximizan esta información.

Por último, vamos a calcular la transferencia de entropía, usando para ello la entropía normalizada, recordemos que para calcularla usábamos la fórmula:

$$H_{X \rightarrow Y} = \frac{H(X, Y)}{H(X)} \quad (4)$$

Como podemos apreciar en (10), por el mismo motivo que antes, esta vuelve a ser monótona respecto del tamaño de ventana, en este caso, la transferencia se maximiza cuando tomamos palabras de un solo bit. Otro

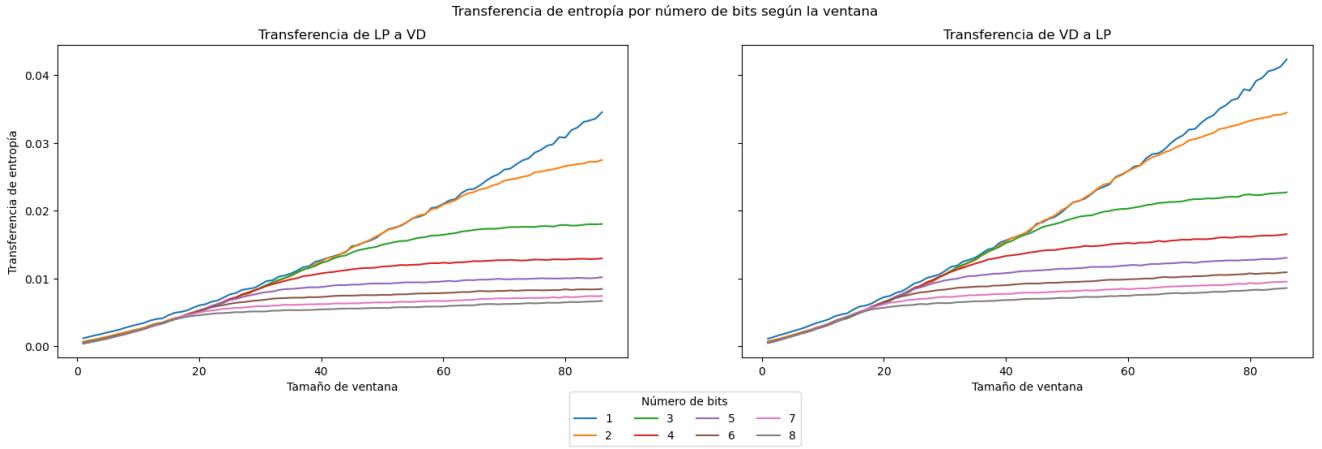


Figura 10: Transferencia de entropía

hecho que es necesario destacar, es que la transferencia de la entropía de la neurona VD a la LP es mayor ya que como hemos podido ver en (2) la neurona VD posee menor dispersión, lo que hace que transfiera más entropía que la neurona LP.

2.4. Representación SAX

Supongamos ahora una codificación distinta, en nuestro caso, hemos elegido SAX. Comenzamos mostrando la entropía de las señales bajo esta codificación:

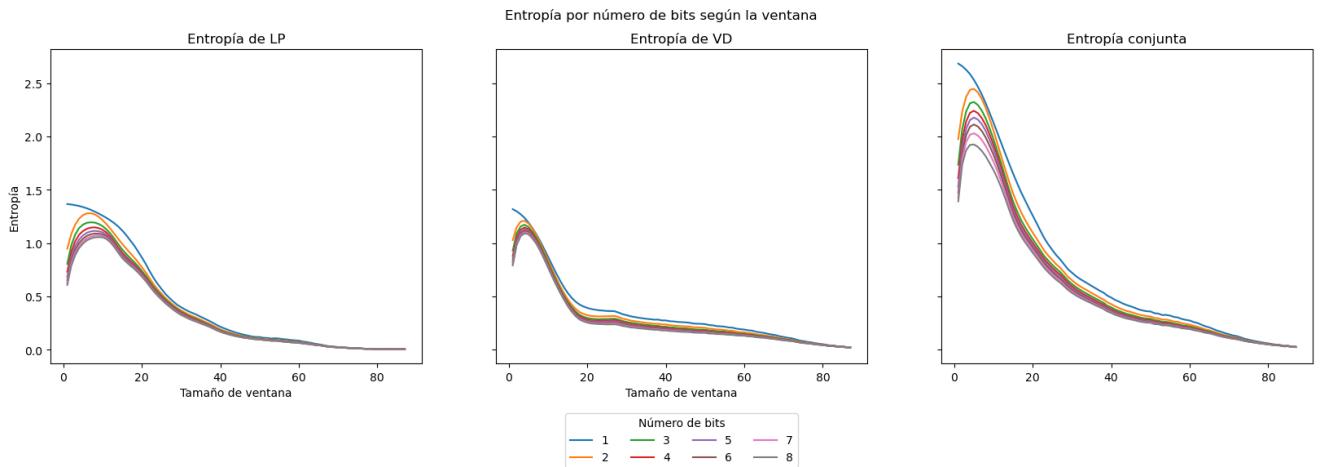


Figura 11: Entropía normalizada entre la primera codificación y SAX

Lo primero que nos llama la atención de la entropía usando SAX (11) es que las gráficas de entropía son muy distintas respecto a las gráficas de la otra codificación (8). En este caso, podemos observar que la entropía alcanza su máximo con un tamaño de ventana relativamente pequeño. Esto se debe, a que mientras que en la otra codificación fijábamos un umbral para eliminar el ruido, ahora no lo estamos eliminando. Esto se traduce en que, cuando la ventana es pequeña, este ruido se hace más presente, por lo que aumenta la entropía. Si pasamos ahora a analizar la información mutua (12):

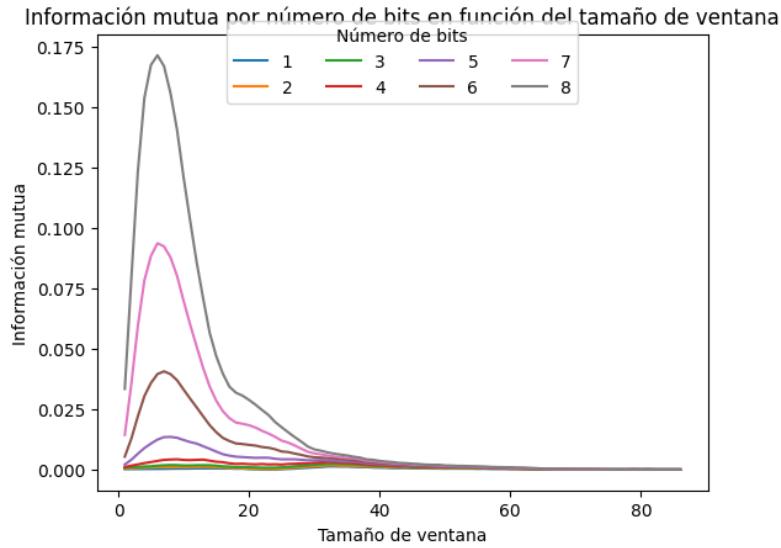


Figura 12: Entropía normalizada SAX para el trozo C

Como podemos ver, aparece un claro pico entre el tamaño de ventana 1 y 20. Ahora comparemos las medidas de información de los dos tipos de codificaciones.

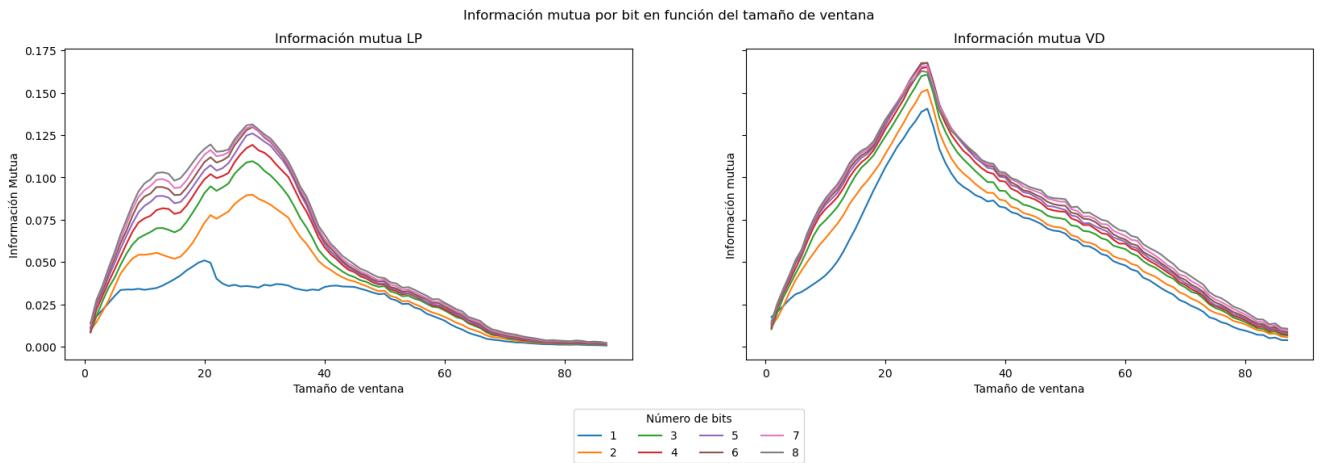


Figura 13: Información mutua

Una primera observación de (13) es que las dos codificaciones comparten más información cuando el tamaño de ventana es aproximadamente 30. Además, en el caso de la señal LP hemos añadido un umbral para descartar pseudo spikes que no formaban parte de las señales que queríamos estudiar, lo que hace que la información mutua de la neurona LP sea bastante menor que la información mutua de la otra neurona. Procedemos a hacer un estudio de la señal LP para tratar de compensar este fenómeno que no hemos tenido en cuenta a la hora de realizar la transformación.

Como podemos apreciar en (14), lo que la codificación SAX está haciendo es codificar como “c” al diferencial positivo, como “b” los valores cercanos al cero y como “a” al diferencial negativo. No obstante, vemos que con el tamaño de ventana anterior consideramos el ruido como spike. Comprobamos para la otra serie si la codificación resulta similar. En vista a estos resultados consideramos oportuno calcular la información mutua entre las dos codificaciones pero modificando las señales SAX para que los niveles de potencial negativo se asocien al potencial cero (lo cual se traduce a convertir las “a” en “b”). Mostramos la información mutua tras este cambio:

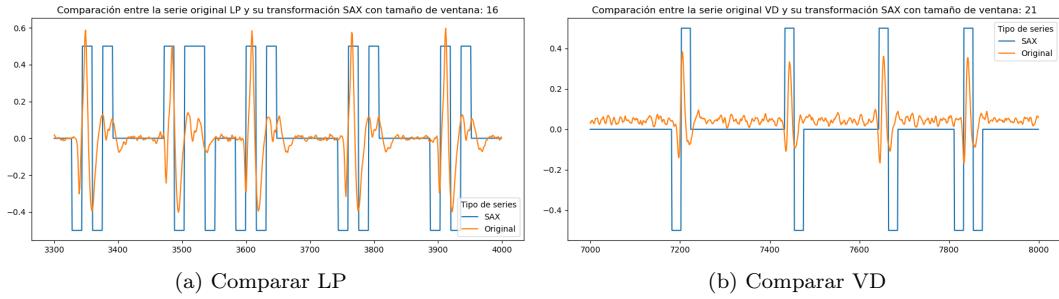


Figura 14: Comparar las señales con SAX

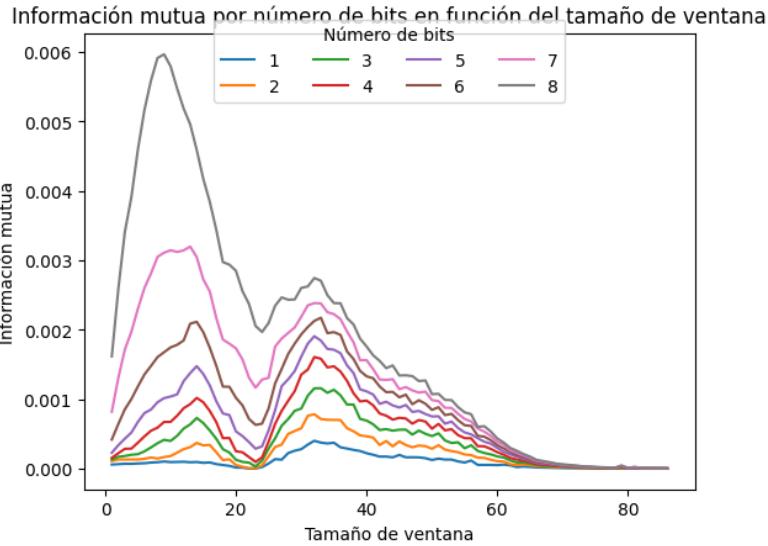


Figura 15: Información para la codificación SAX corregida en el trozo C

Y también la comparamos con la codificación original que hemos realizado

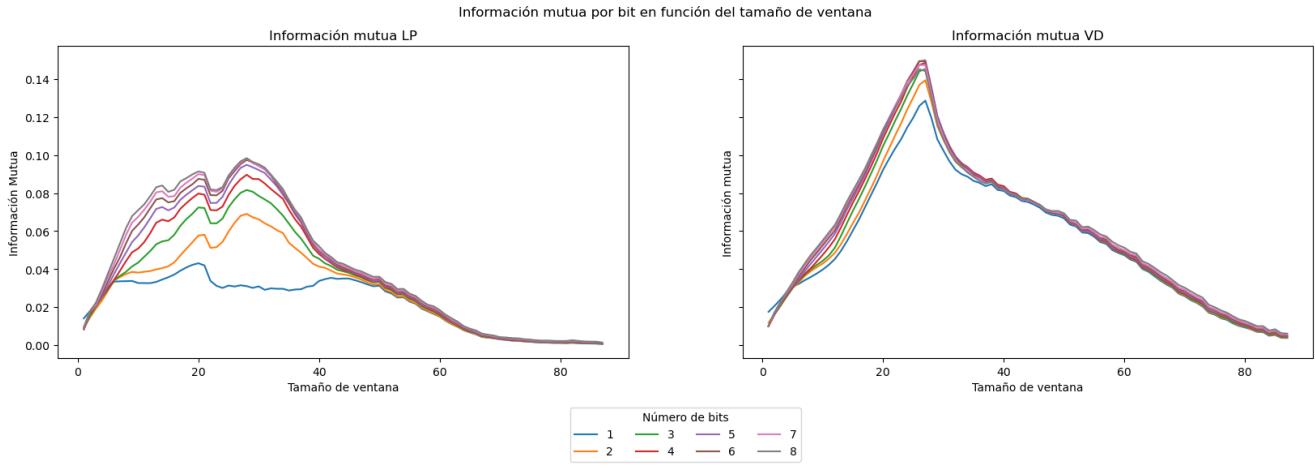


Figura 16: Información mutua corregida entre la codificación original y SAX

Como podemos ver en (16), las diferencias más significativas son: que se ha reducido la información mutua y que para tamaños de ventana relativamente grandes, la información mutua por bit es prácticamente la misma, este hecho se aprecia de forma más clara en la neurona VD. Para terminar, comparamos las dos series con mayor información mutua entre ellas. Nos quedamos con el tamaño de ventana 27.

Tal y como hemos mencionado antes, en (17) se puede apreciar, especialmente en la neurona LP, que seguimos arrastrando el problema del ruido. En la otra codificación no teníamos este problema, ya que lo habíamos eliminado con el threshold.

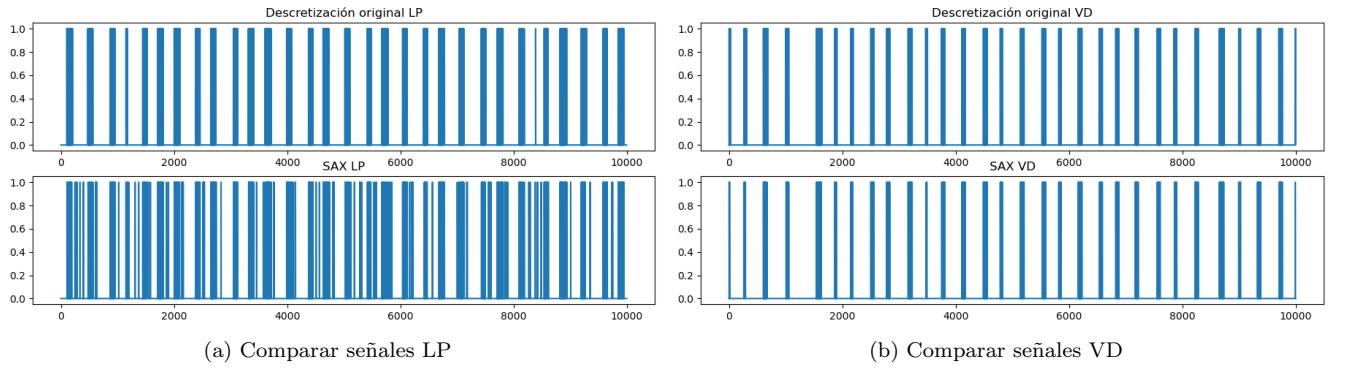


Figura 17: Comparar las señales SAX y binaria

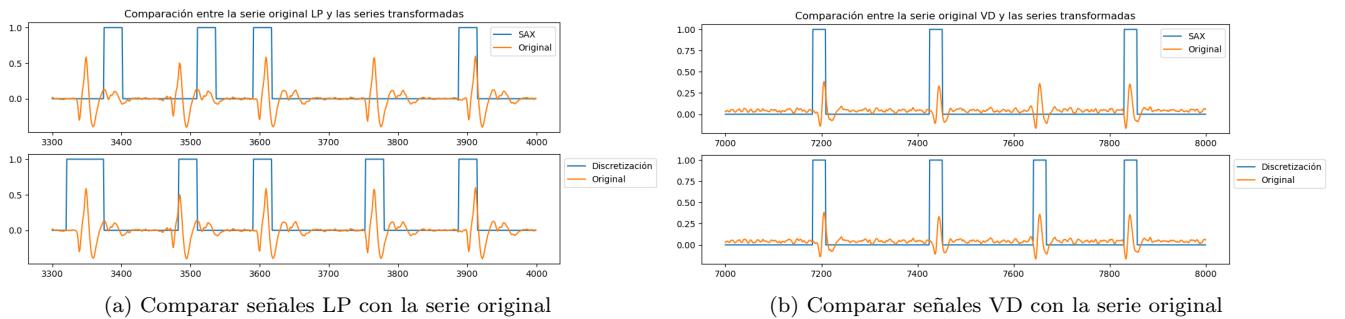


Figura 18: Comparar las señales SAX y binaria

Finalmente, en (18) podemos ver todo lo mencionado anteriormente. Mientras que en las señales de la neurona LP se puede apreciar que SAX funciona bastante peor, debido a que seguimos arrastrando ruido, en las señales de la neurona VD, SAX funciona algo mejor. Sin embargo, en ambos casos, se puede apreciar que SAX funciona peor que la codificación en binario, esto se debe a que antes y después de un spike siempre hay un periodo de potencial negativo, por tanto, al calcular la media en una ventana con spike, es posible que estos valores negativos hagan que se etique el spike con una “b” en lugar de una “c”. Este hecho también justifica por qué SAX funciona mejor con tamaño de ventana pequeños, ya que estos me permiten separar mejor los valores negativos de los spikes.

2.5. Mejora de SAX

Debido a los resultados poco prometedores obtenidos, vamos a aplicar una transformación previa a la señal antes de aplicar SAX. Hemos decidido trabajar sobre el valor absoluto de la señal para así evitar la clasificación errónea de spikes que se da debido a la aparición de potenciales negativos y positivos dentro de una misma ventana. Para ello calculamos primero la entropía de la señal en valor absoluto después de ser transformada (19).

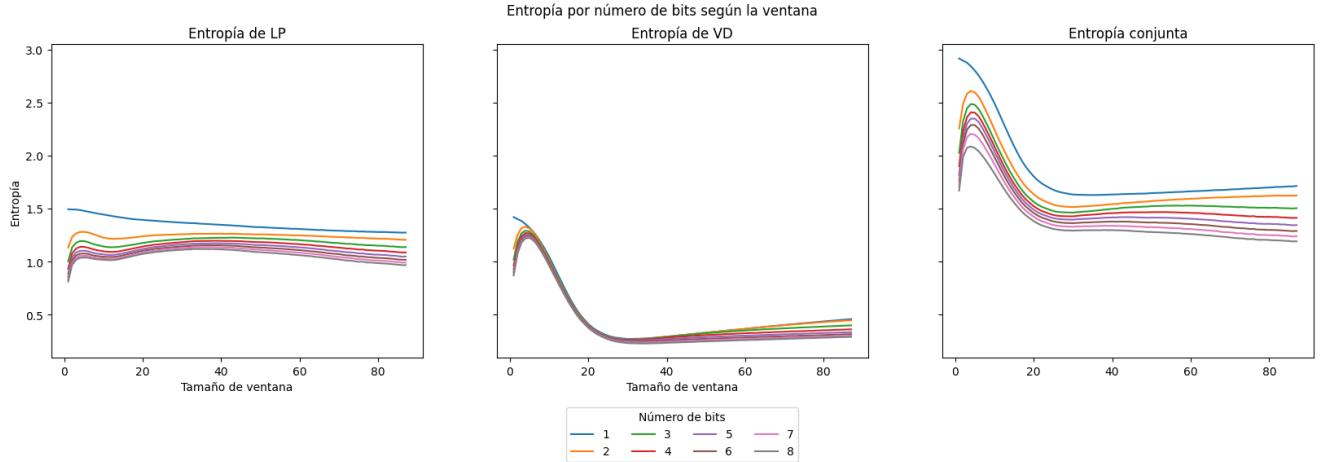


Figura 19: Entropía del trozoC transformado en valor absoluto tras aplicar SAX

Podemos apreciar como el mayor cambio en la entropía se ha producido para la señal de LP donde ya no aparece un pico tan marcado para tamaños de ventana pequeños y además ha aumentado su valor en general. La señal VD es parecida a la representación original y la entropía conjunta mantiene su forma pero también ha aumentado ligeramente. Parece que esta transformación es capaz de codificar mejor la señal LP y mostrar mejor la relación entre esta y la señal VD. Mostramos la información mutua entre LP y VD:

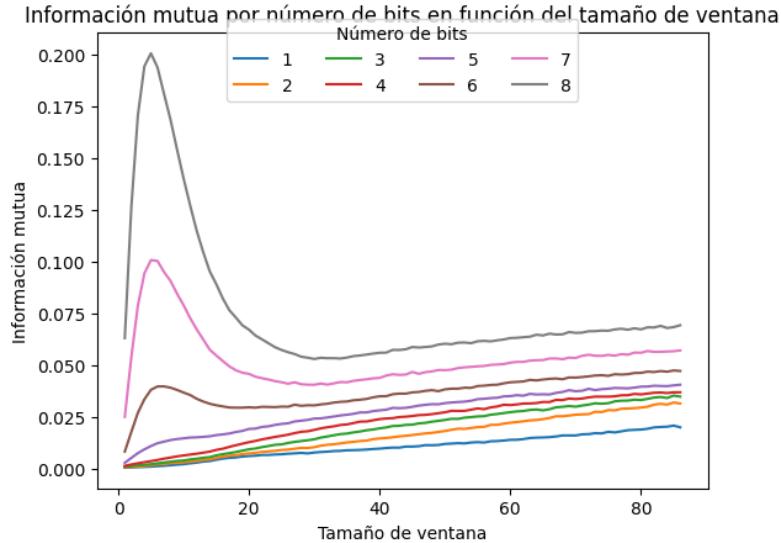


Figura 20: Información mutua del trozoC transformado en valor absoluto tras aplicar SAX

Podemos ver diferencias entre esta figura y 12. Ambas presentan un máximo notable entre 1 y 20, pero los valores en este caso son más elevados y la tendencia al aumentar la ventana parece ir en aumento en lugar de tender a cero.

Pasamos a calcular la información mutua entre las señales con la codificación original y para ver si han aparecido cambios notables (21):

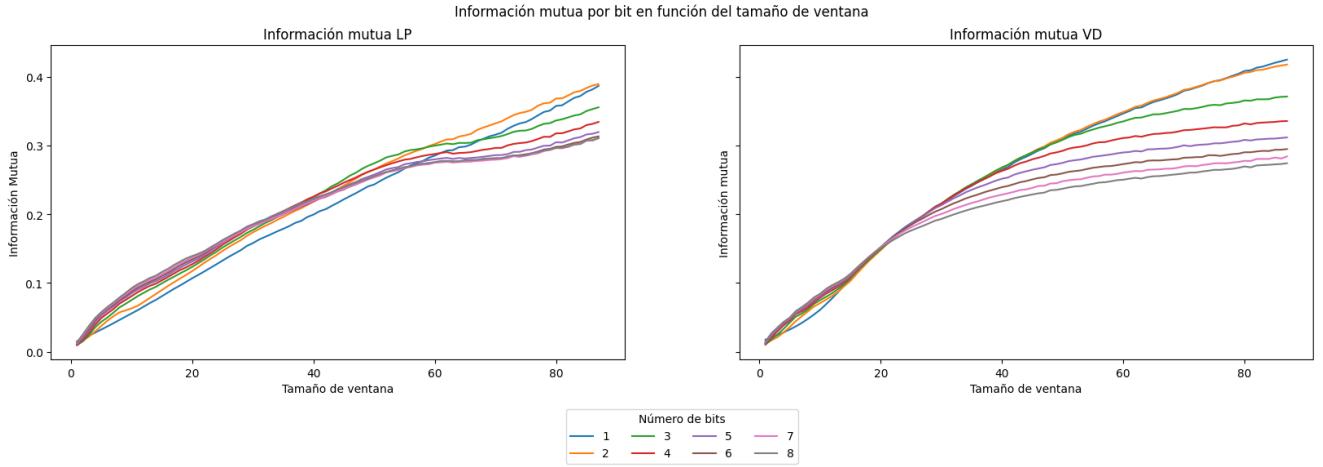


Figura 21: Información mutua del trozoC transformado en valor absoluto tras aplicar SAX

Como se aprecia en el gráfico, el cambio es significativo. Ya no aparecen máximos locales explícitos en ninguna de las dos gráficas y parece que la información mutua entre las dos codificaciones aumenta en función de la ventana.

Realizamos ahora el mismo cambio que realizamos en el comienzo de la sección en la serie SAX nueva para poderla comparar mejor con la original, es decir, vamos a igualar los segmentos correspondientes a el ruido con el cero y comparar los resultados. Comenzamos con la información mutua (22):

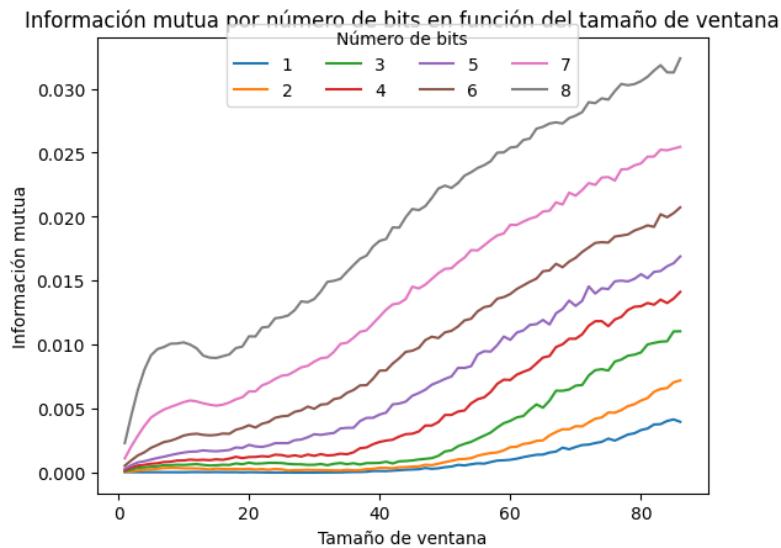


Figura 22: Información mutua del trozoC transformado y corregido en valor absoluto tras aplicar SAX

En este caso, la información mutua no muestra ningún pico y ha cambiado completamente su tendencia. Resulta mucho más similar a 9, lo cual parece indicar que esta codificación es similar a la primera que hemos implementado. Veamos la información mutua entre ambas codificaciones:

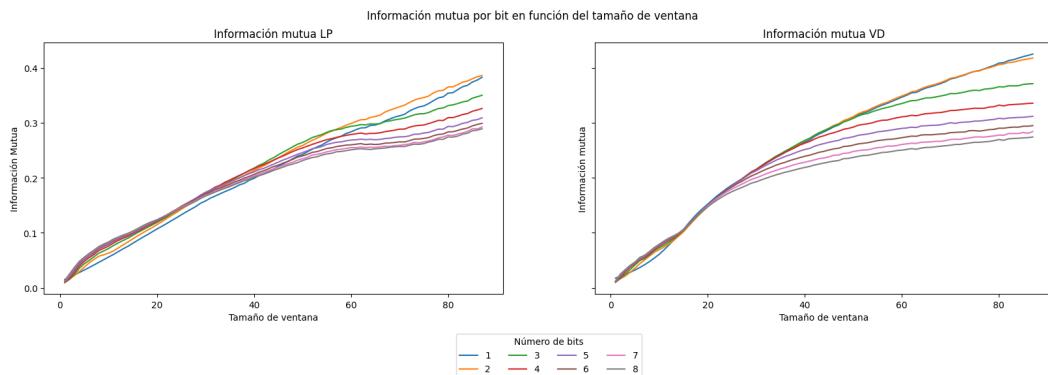


Figura 23: Información mutua entre la codificación original y SAX corregido en valor absoluto

Otra vez observamos un cambio radical y una similitud notable con los resultados obtenidos en 10. Vamos ahora a comparar las dos señales visualmente:

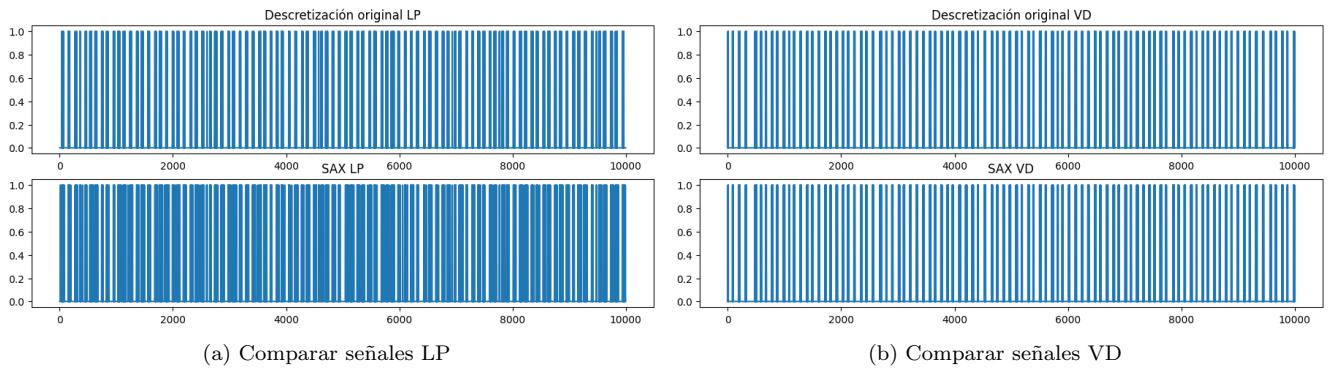


Figura 24: Comparación entre la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto y corregida

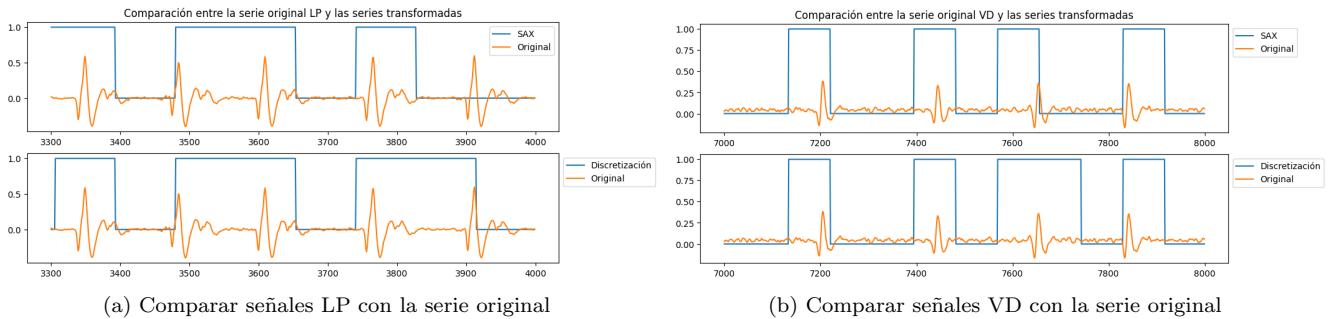


Figura 25: Comparación entre la señal original, la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto y corregida

Se aprecian claras similitudes entre las señales y, a diferencia de los resultados obtenidos en la sección anterior, podemos ver como SAX es capaz de caracterizar correctamente los spikes y no confunde el ruido con la información relevante.

3. Trozo G

3.1. Tratamiento de la señal

Análogo al trozo anterior, el histograma del trozo de inyección de Gaba tiene la siguiente forma: La diferencia

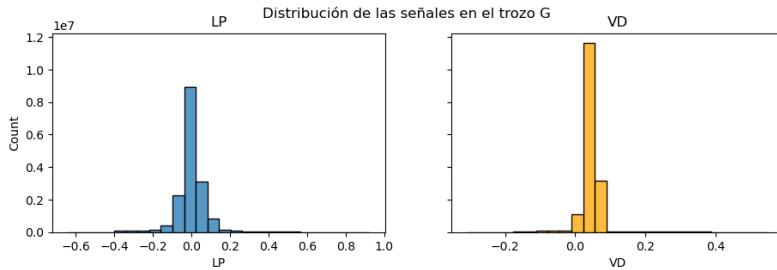


Figura 26: Histograma del trozo G

más significativa que podemos apreciar en (26) es la dispersión de los valores en ambas neuronas ha aumentado.

3.2. Representación binaria

Tras un par de intentos usando umbrales al 1% y al 0.7% (27) podemos ver que el umbral al 0.7% ajusta bien los spikes de la neurona VD, sin embargo, vamos a tener que reducir un poco el umbral de la neurona LP, ya que con este sigue habiendo ruido que acabaríamos etiquetando como spike.

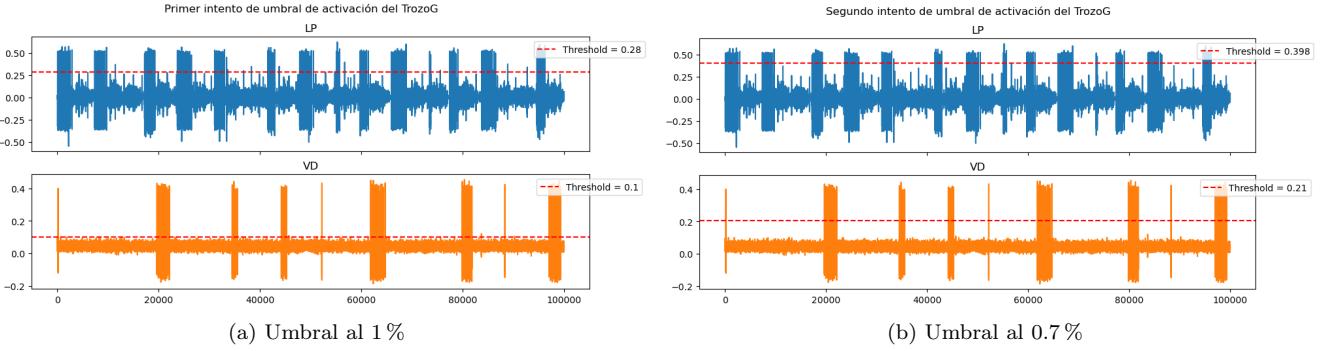


Figura 27: Primer intento con los umbrales

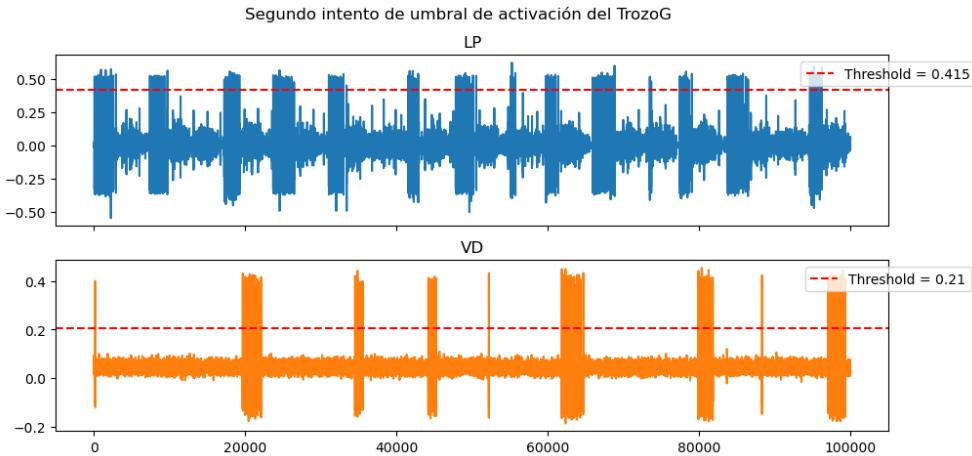


Figura 28: Umbrales definitivos

Como apreciamos en (28) tomando un umbral del 0.055 % para la neurona LP y 0.7% para la neurona VD conseguimos etiquetar correctamente todos los spikes. El siguiente paso es exactamente igual que en el trozo anterior pero tomando como tamaño de ventana 91 (29, 30), es decir, superponemos la series discretas y binarias, etiquetamos el centro de las cadenas de unos y mostramos la separación de las series mediante ventanas.

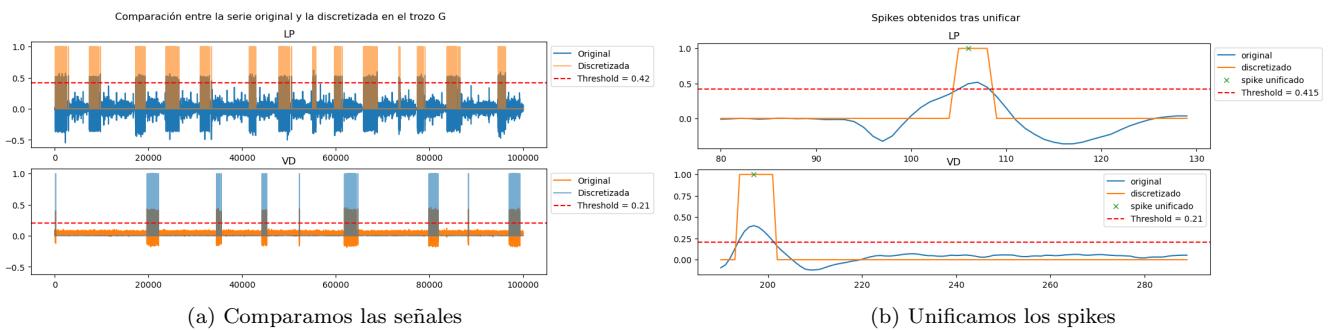


Figura 29: Paso a binario de la serie

3.3. Medidas de información

Analizando la entropía y la transferencia de entropía del trozo G (31, 32) no podemos encontrar ninguna diferencia significativa respecto a la entropía del trozo de control. El comportamiento es similar en ambos casos.

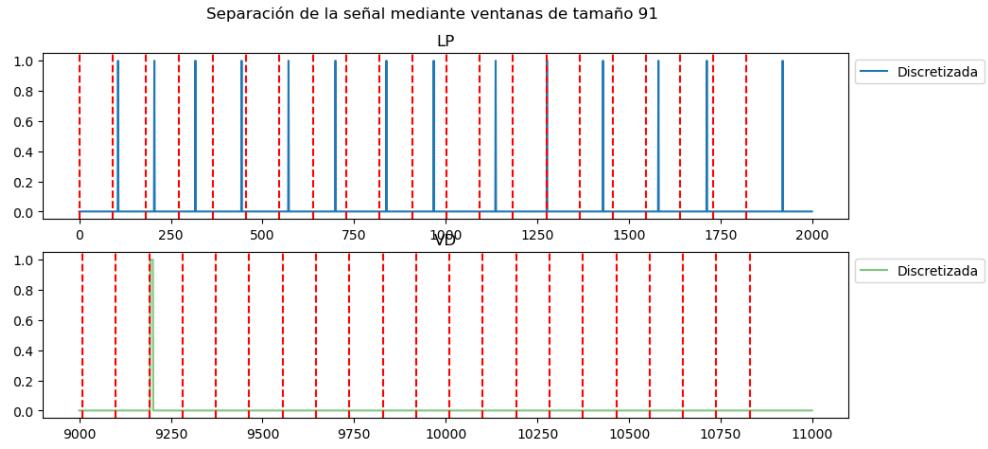


Figura 30: Elegimos las ventanas

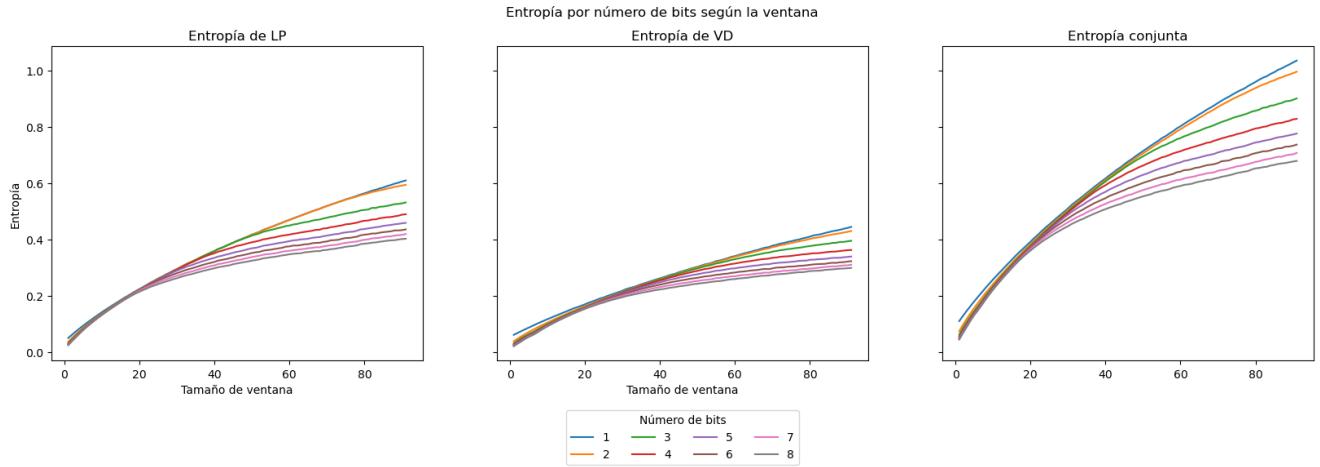


Figura 31: Entropías

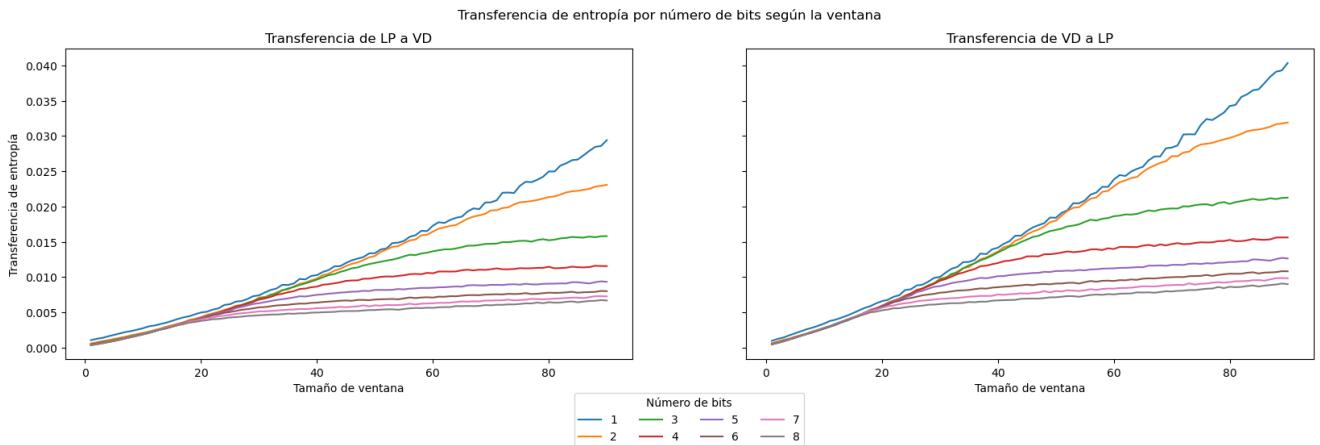


Figura 32: Transferencia de entropía

Sin embargo, cuando analizamos la información mutua (33) podemos apreciar que esta es ligeramente menor que la información mutua del trozo de control.

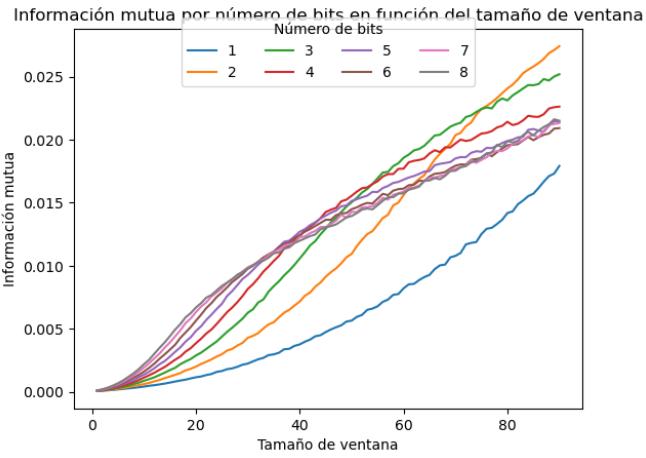


Figura 33: Información mutua

3.4. Representación SAX

Tras realizar el mismo procedimiento de codificación SAX a este trozo de la señal seguimos sin obtener ninguna diferencia significativa en (34, 35) respecto del trozo de control, por otra parte, tal y como hemos mencionado anteriormente, seguimos arrastrando ruido y todavía tenemos que cambiar las “a” por “b”.

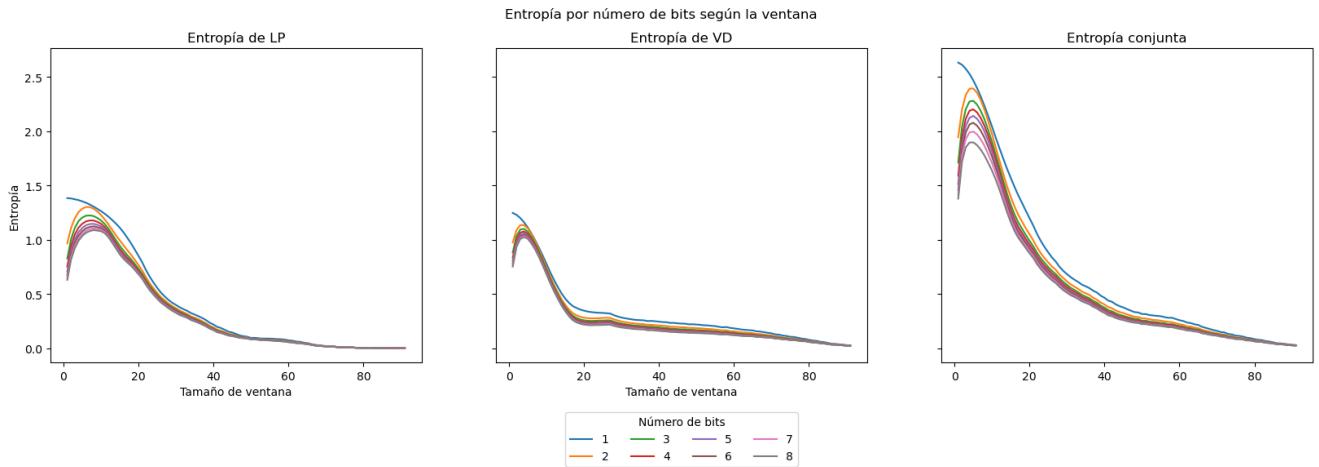


Figura 34: Entropías

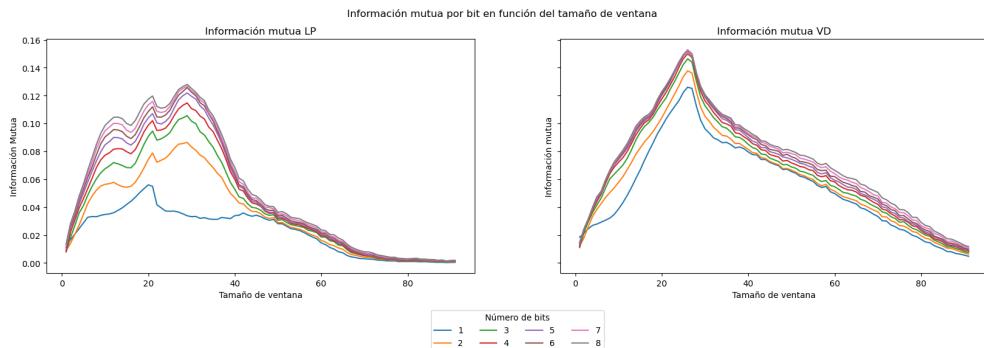


Figura 35: Transferencia de entropía

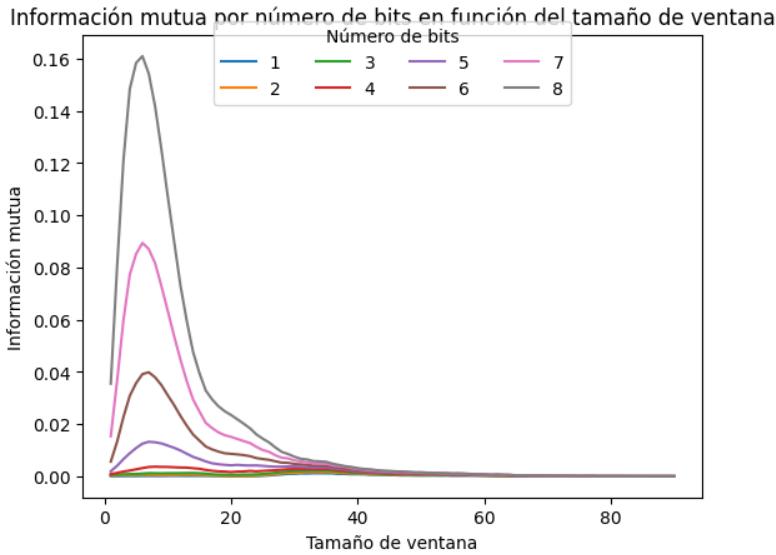


Figura 36: Información mutua

En (38) podemos apreciar que la información mutua para la neurona LP se maximiza cuando la ventana vale 29 y para la neurona VD es la ventana 26, por lo que vamos a quedarnos con un tamaño de ventana 28 para comparar las series.

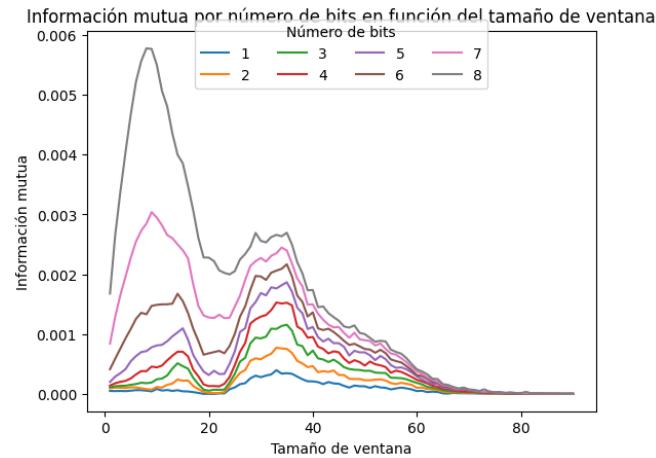


Figura 37: Información mutua para SAX corregida

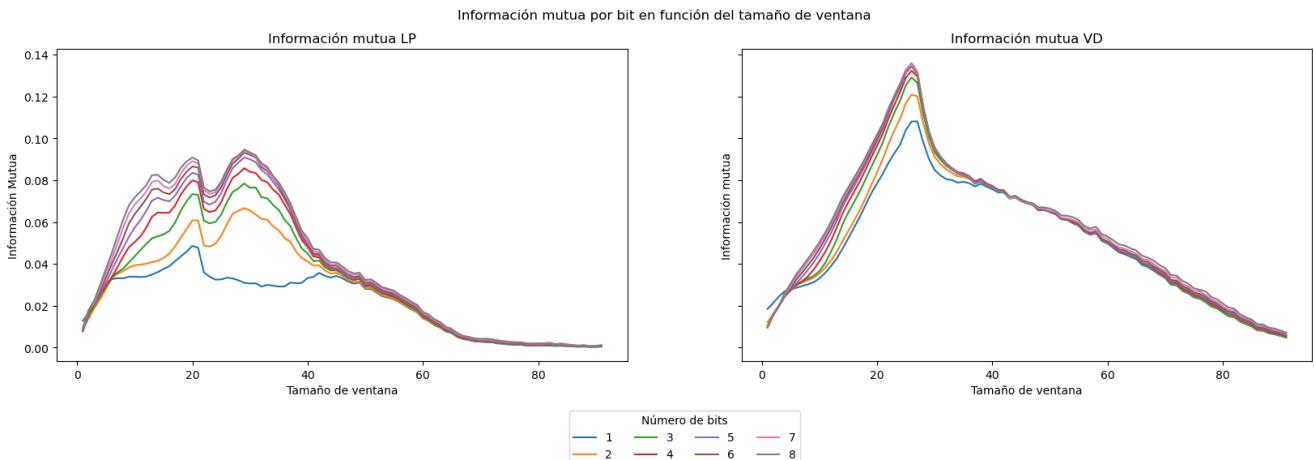


Figura 38: Información mutua entre la codificación original y la codificación SAX corregida

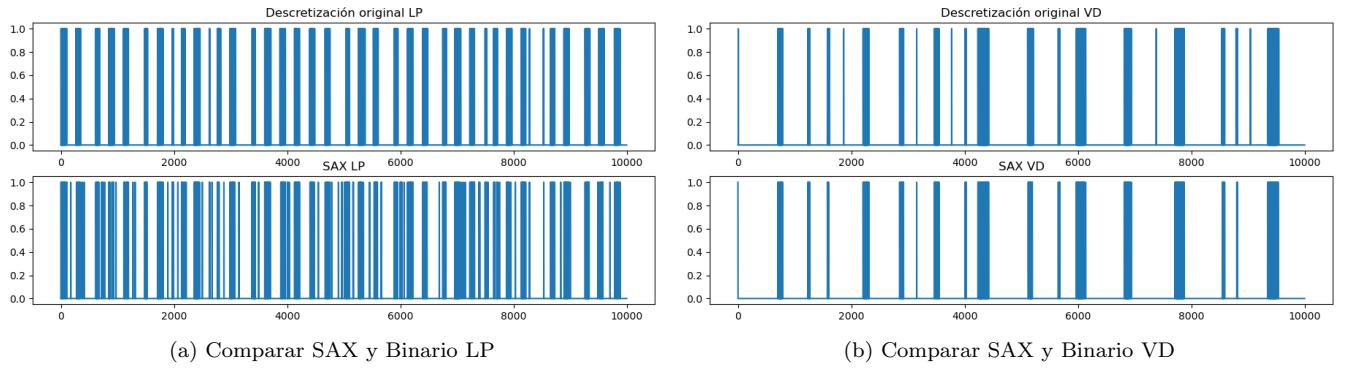


Figura 39: Comparar SAX y Binario

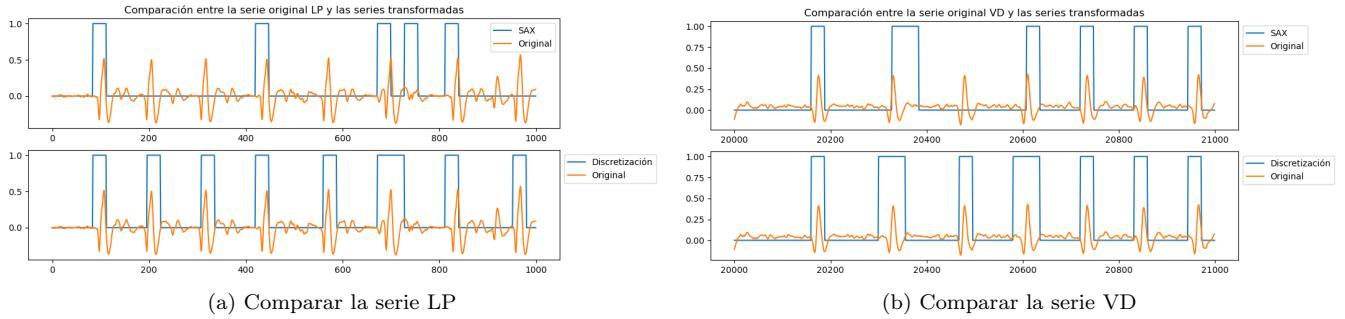


Figura 40: Comparar SAX y Binario

Podemos apreciar que en este trozo (39, 40), SAX se comporta peor que en el trozo anterior, ya que hay más ruido, este hecho puede apreciarse con más claridad en la neurona LP, que hay muchos spikes que SAX no los etiqueta y por otro lado, hay ruido que sí etiqueta como spike.

3.5. Mejora de SAX

Procedemos como en el caso del trozoC y realizamos el mismo ajuste a la codificación SAX. Comenzamos con la entropía y la información mutua.

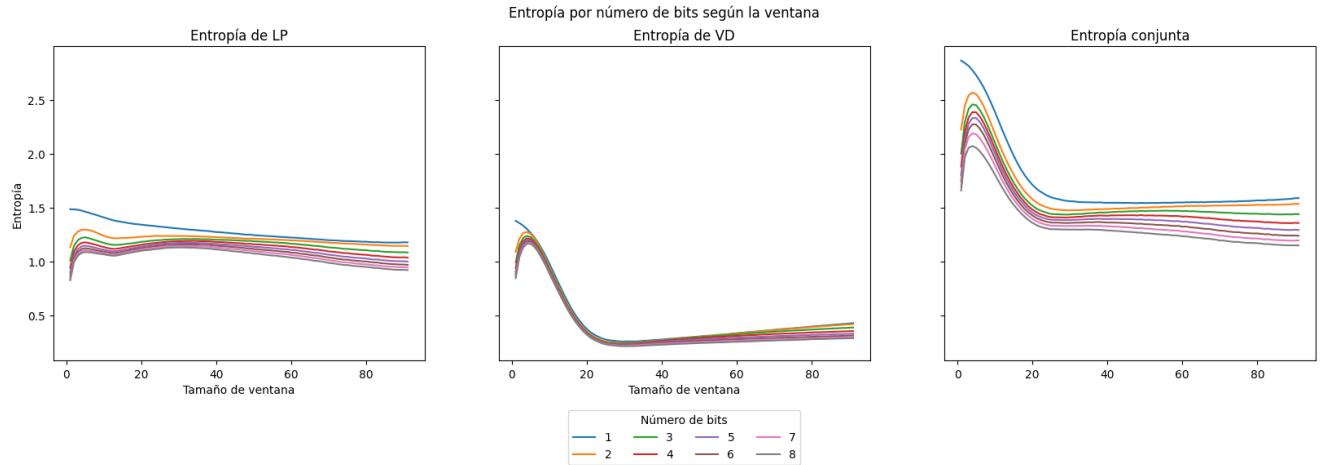


Figura 41: Entropía

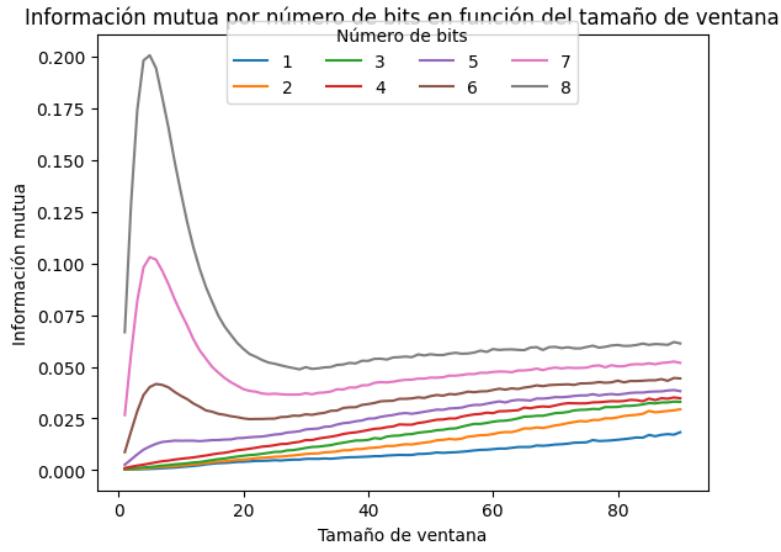


Figura 42: Información mutua entre las señales LP y VD

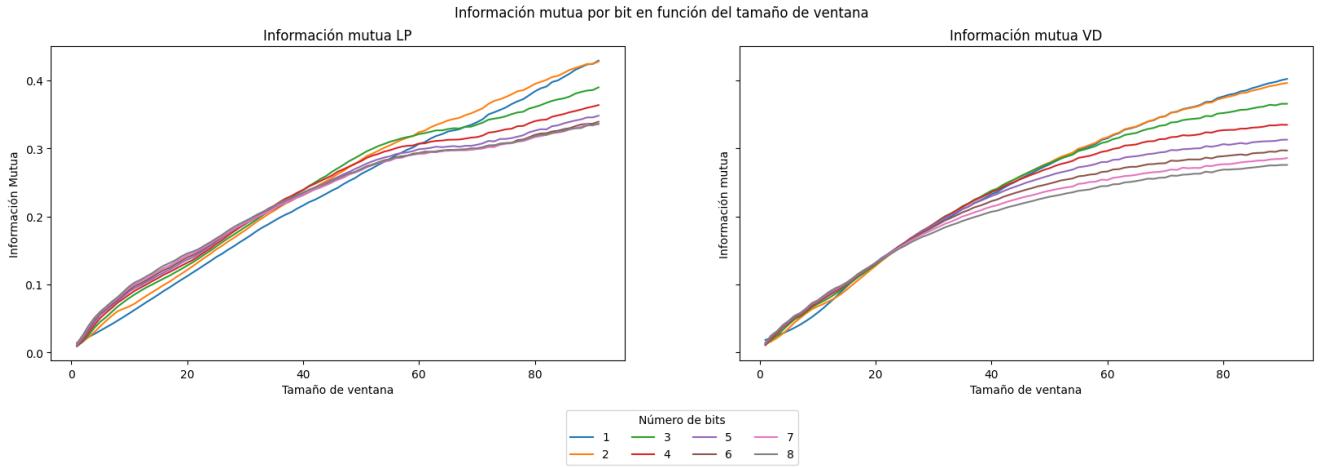


Figura 43: Información mutua entre la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto

Podemos apreciar un comportamiento similar al obtenido al realizar el mismo cambio en el trozoC, es decir, aparece una vez un pico en la información mutua pero la transferencia de información se linealiza. Veamos ahora los efectos de corregir la codificación SAX:

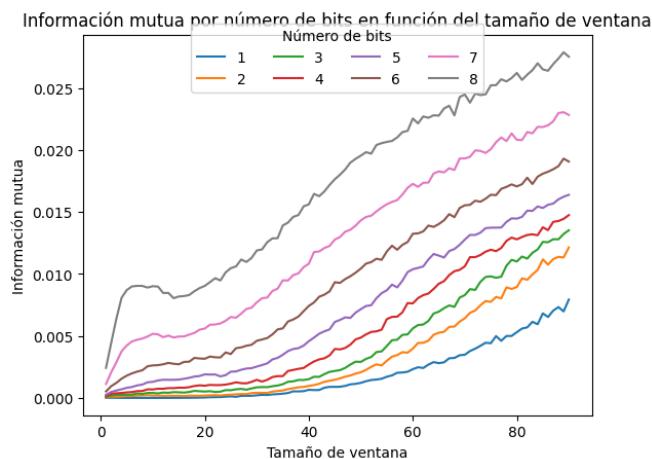


Figura 44: Información mutua entre las señales LP y VD con la codificación SAX en valor absoluto y corregida

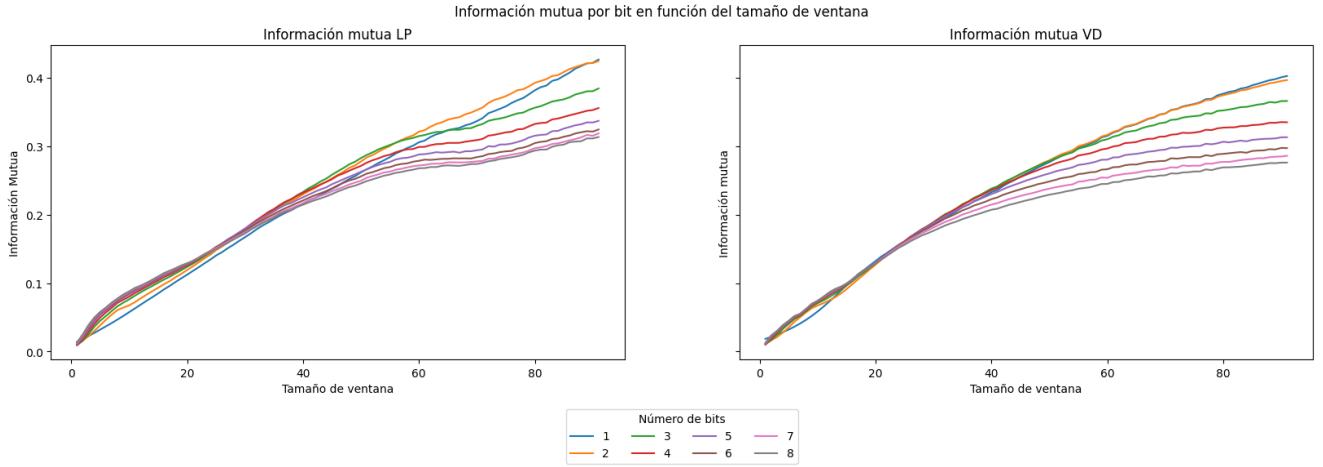


Figura 45: Información mutua entre la codificación original y la codificación SAX en valor absoluto y corregida

Como en la sección anterior, las figuras (44, 45) son similares a las obtenidas en la codificación original del trozo G (32, 33) y por lo tanto, podemos deducir que ambas codificaciones son similares. Para asegurarnos, mostramos una comparativa visual entre las señales.

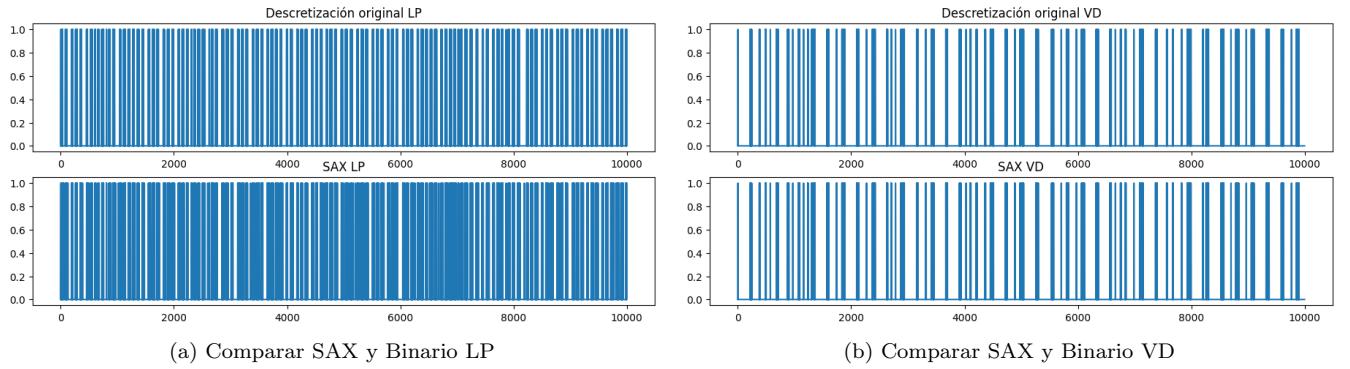


Figura 46: Comparación de SAX con valor absoluto y corregido con la codificación original

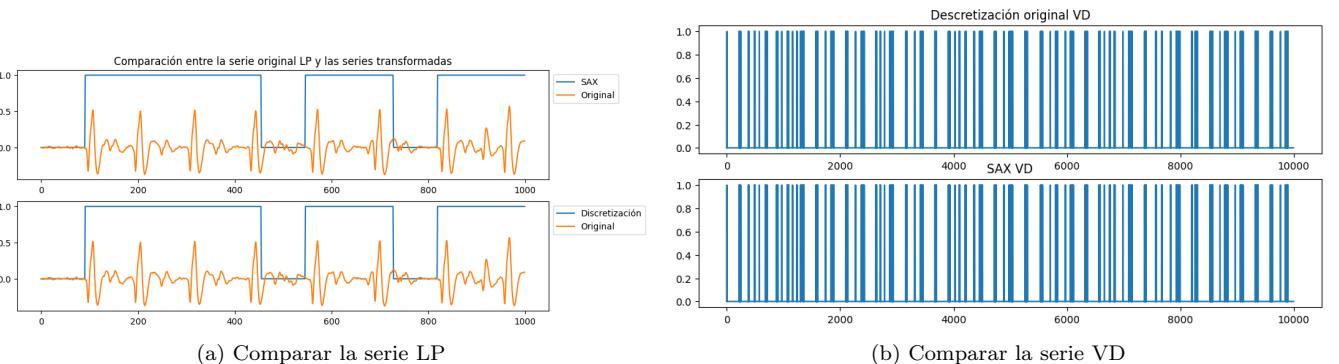


Figura 47: Comparación de la señal original, la codificación original y la codificación SAX con valor absoluto y corregida

Y apreciamos que efectivamente coinciden la mayoría de los casos.

4. Trozo R

Procedemos como en los dos casos anteriores, es decir, primero analizamos la distribución de cada señal.

4.1. Tratamiento de la señal

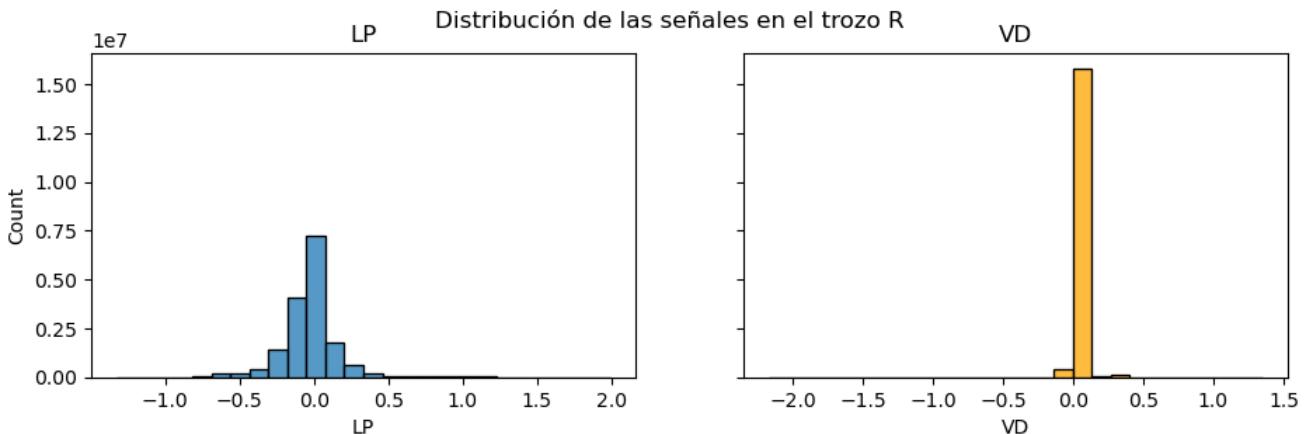


Figura 48: Histograma trozo R

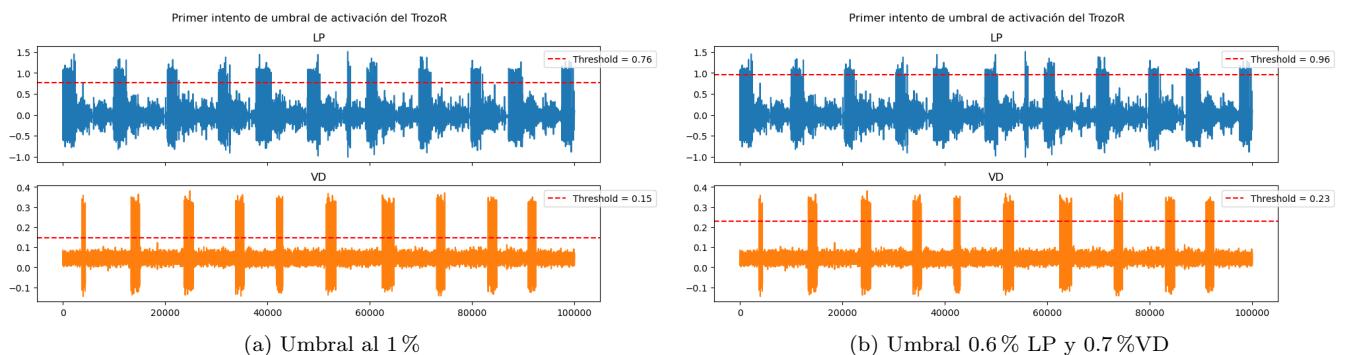


Figura 49: Umbrales al 1%

Podemos ver (48) que la neurona LP sigue teniendo bastante dispersión en los datos, mientras que la neurona VD ha reducido bastante su dispersión. Esto sugiere que la neurona LP no se está recuperando de la fase de inyección de Gaba, la neurona VD parece que vuelve a un estado similar al control.

Comenzamos probando (49) con umbrales al 1% para ambas neuronas y luego probamos con los umbrales al 0.6% para la neurona LP y al 0.7% para la neurona VD, el de la LP es superior ya que tiene más ruido, pero vemos que se ha quedado un poco alto el umbral.

Con ambos umbrales al 0.7% vemos que se clasifican bien todos los spikes (50).

4.2. Representación en binario

Igual que en las secciones anteriores (51, 52) pasamos la señal a binario y agrupamos los spikes. Posteriormente, seleccionamos un tamaño de ventana para que en menos del 5% de las ventanas hayan 2 spikes, es este caso, el tamaño vuelve a ser 87.

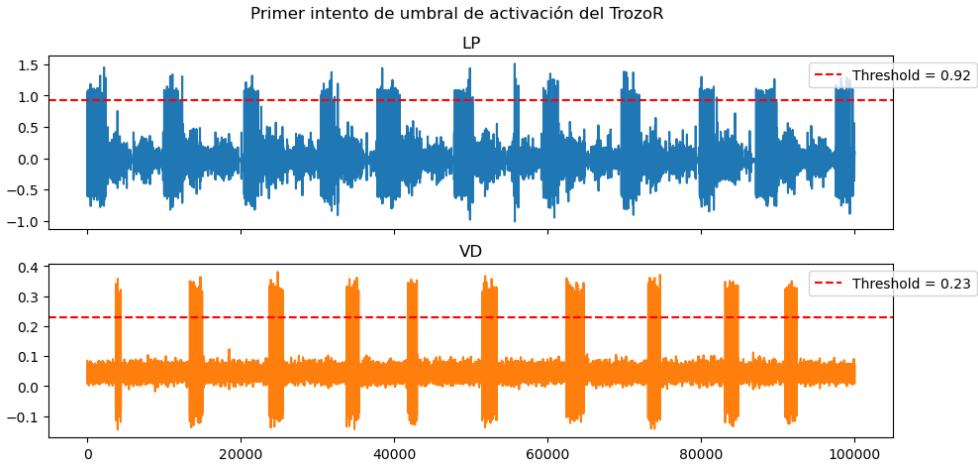


Figura 50: Umbrales al 0.7 %

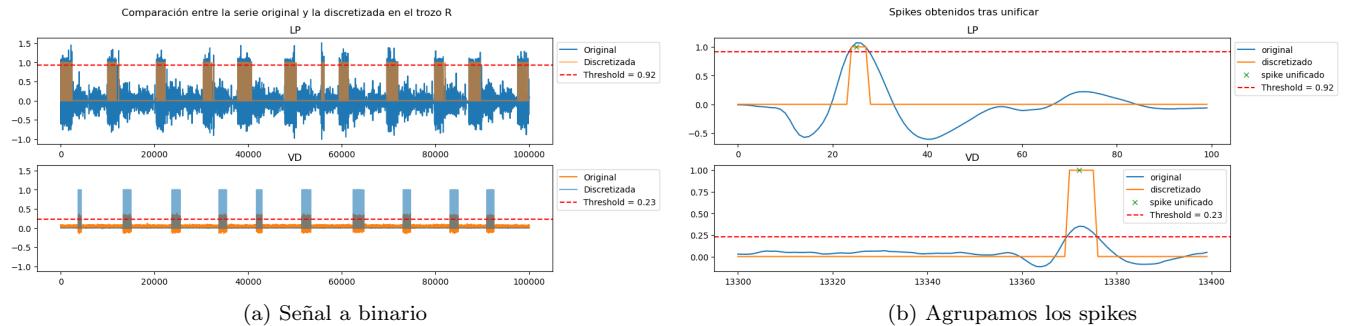


Figura 51: Entropía e información mutua

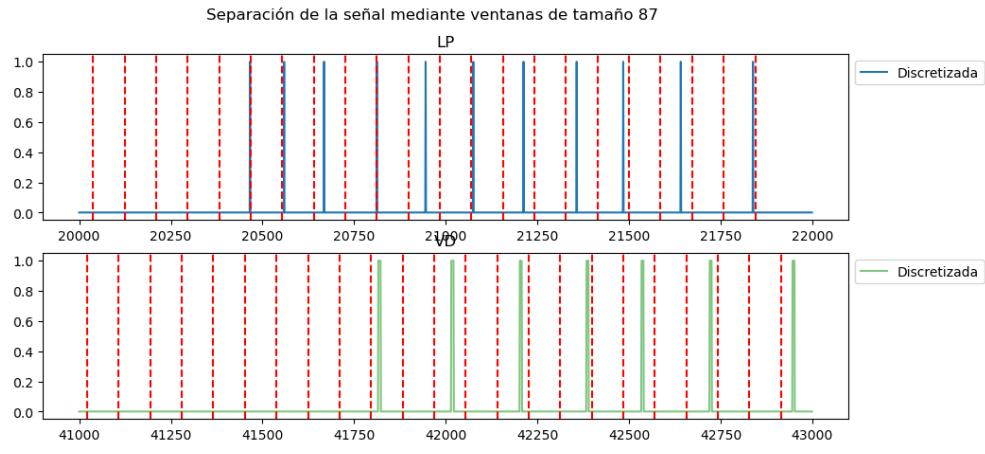


Figura 52: Tamaño de ventana

4.3. Medidas de información

Analizando la entropía y la transferencia de entropía del trozo G (53, 54) no podemos encontrar ninguna diferencia significativa respecto a la entropía del trozo de control.

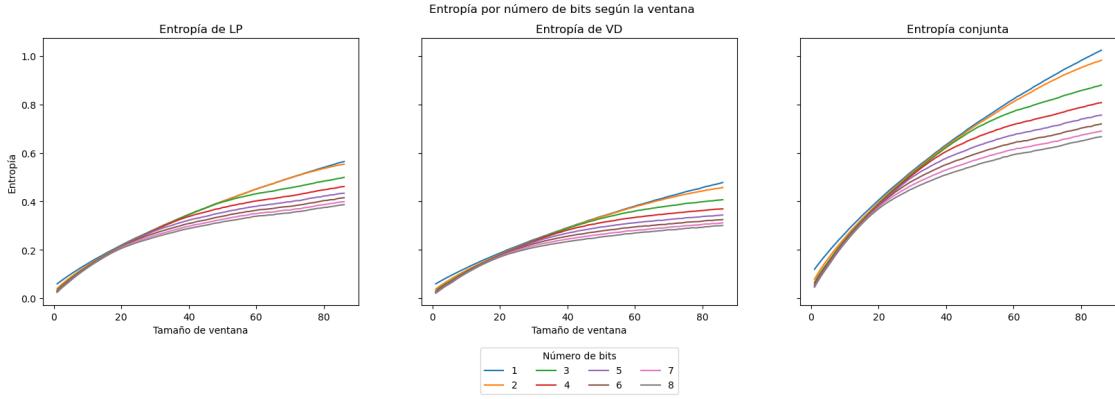


Figura 53: Entropías

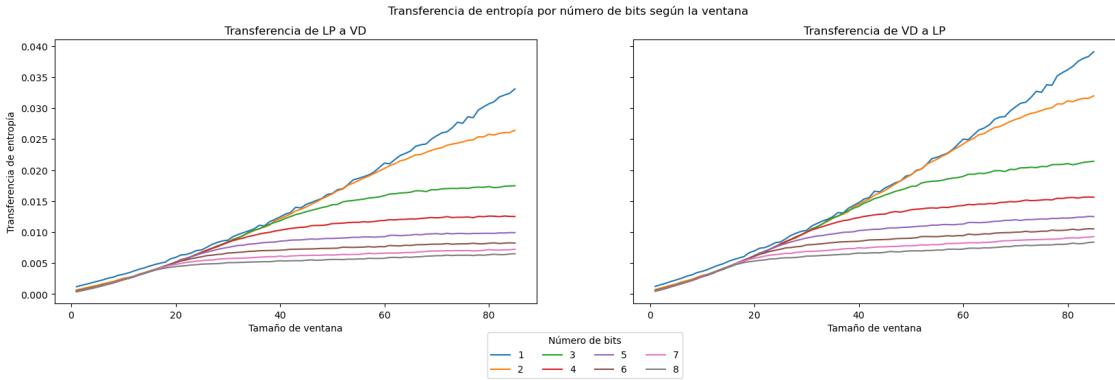


Figura 54: Transferencia de entropía

La principal diferencia respecto al trozo G (53, 54) la podemos encontrar en la neurona LP ya que su entropía es más pequeña, lo que hace que su transferencia de entropía sea más grande.

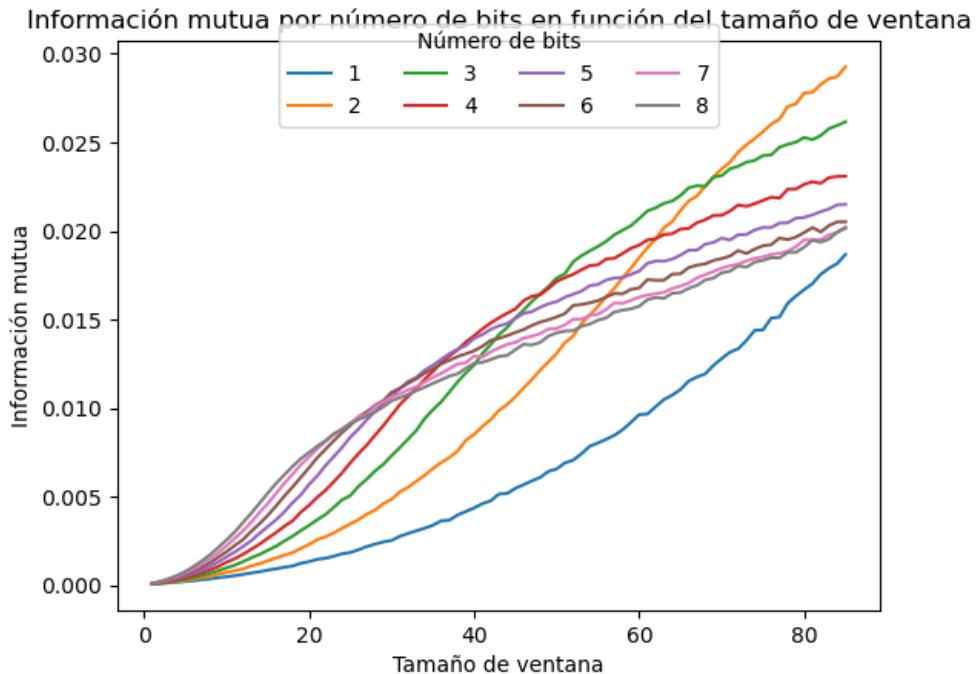


Figura 55: Información mutua

En este caso (55) la diferencia respecto al trozo G está, en que la información mutua ahora es ligeramente mayor.

4.4. Representación SAX

Por un lado si comparamos (56) con la entropía del trozo G, podemos ver que la entropía de la neurona LP tarda más en caer, por otro lado, en la entropía conjunta, la gráfica con palabras de 1 bit es ligeramente distinta. Analizando (58) también podemos ver algunas diferencias respecto del trozo G, aunque la información mutua de la neurona VD no ha cambiado apenas, la información de la neurona LP es distinta, ya que antes tenía 3 picos y ahora solamente tiene 1, además ahora esta información decae más despacio. Además todo esto seguimos arrastrando ruido.

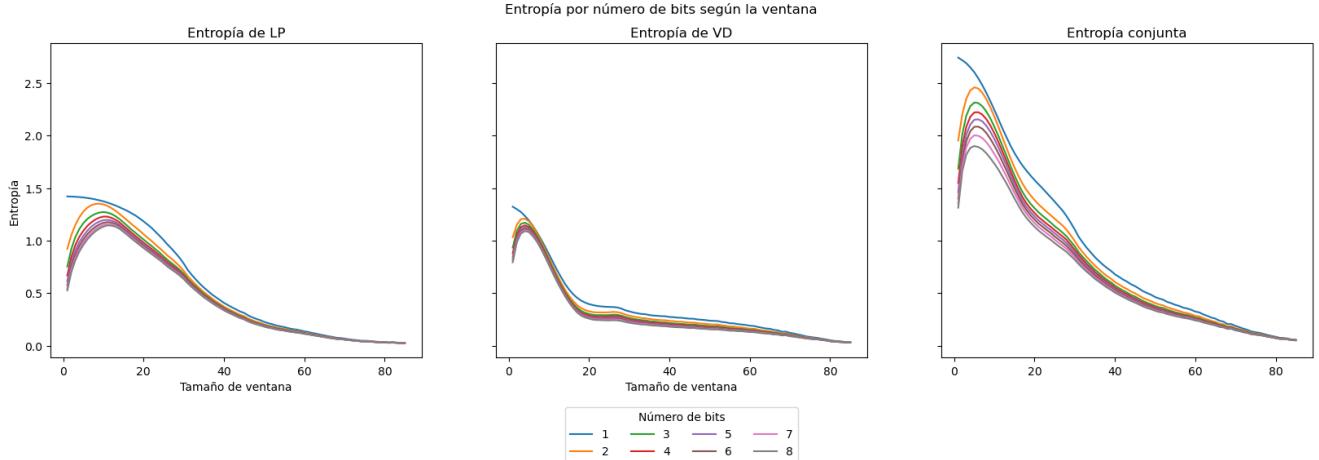


Figura 56: Entropías

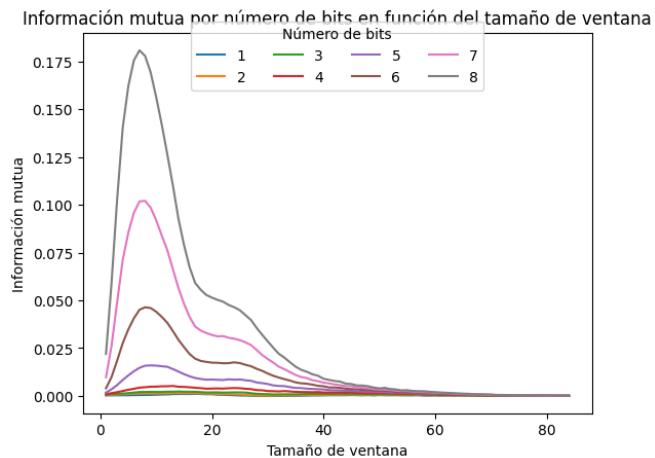


Figura 57: Información mutua

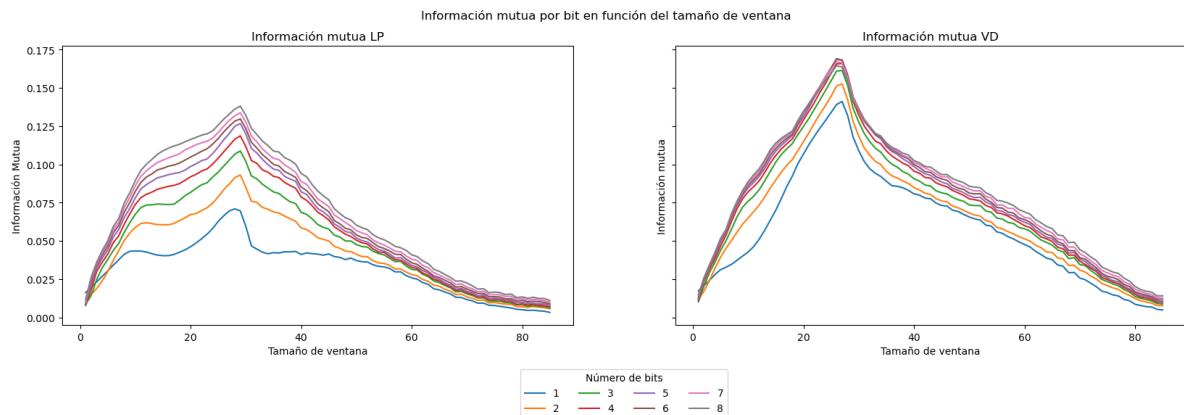


Figura 58: Transferencia de entropía

Continuamos realizando el cambio de las “a” por “b”.

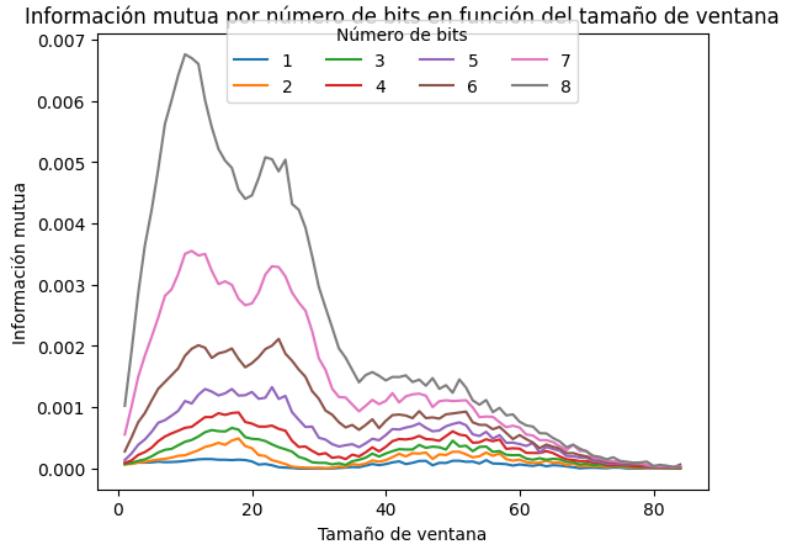


Figura 59: Información mutua para SAX corregido

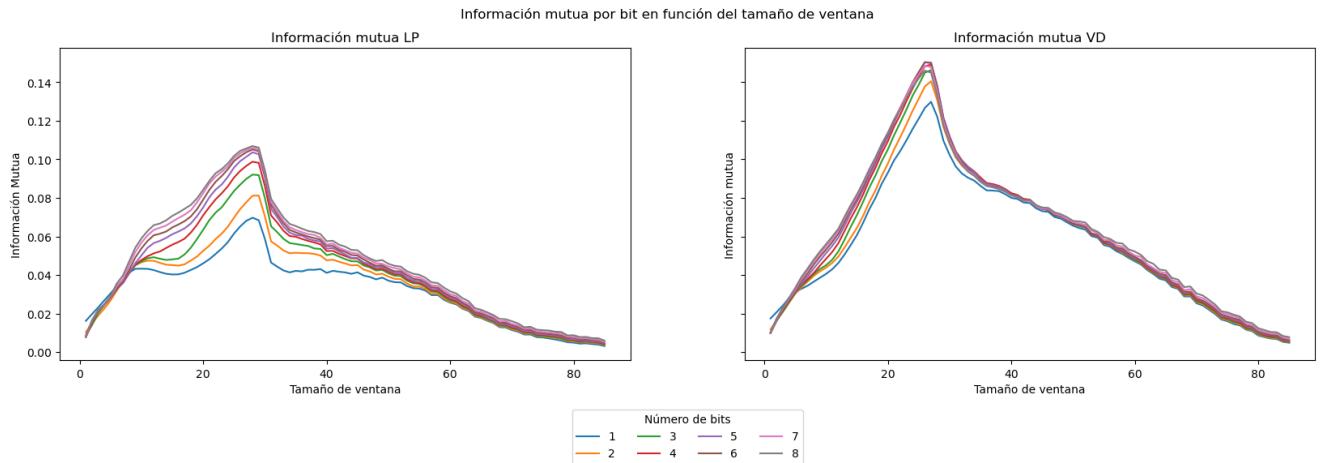


Figura 60: Información mutua

En (60) podemos apreciar que la información mutua para la neurona LP se maximiza cuando la ventana vale 28 y para la neurona VD es la ventana 26, por lo que vamos a quedarnos con un tamaño de ventana 27 para comparar las series.

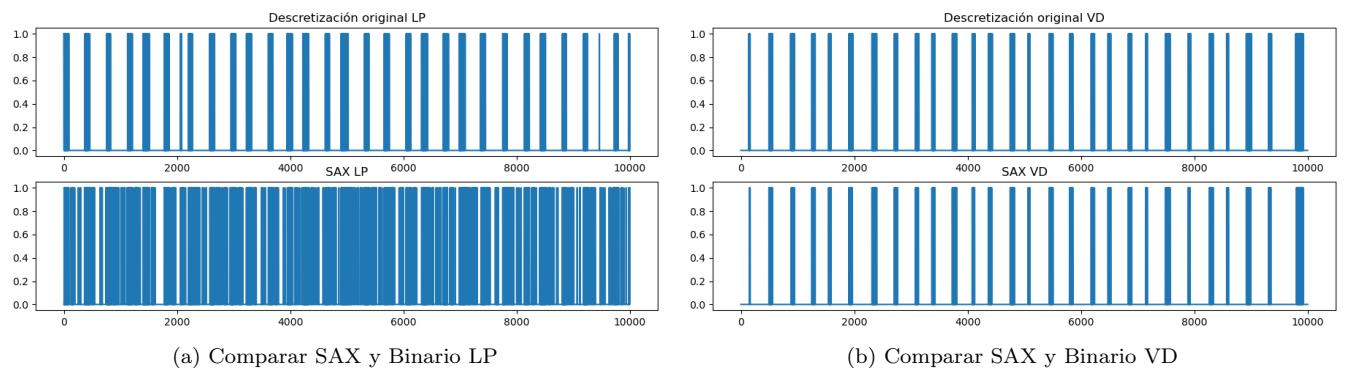


Figura 61: Comparar SAX y Binario

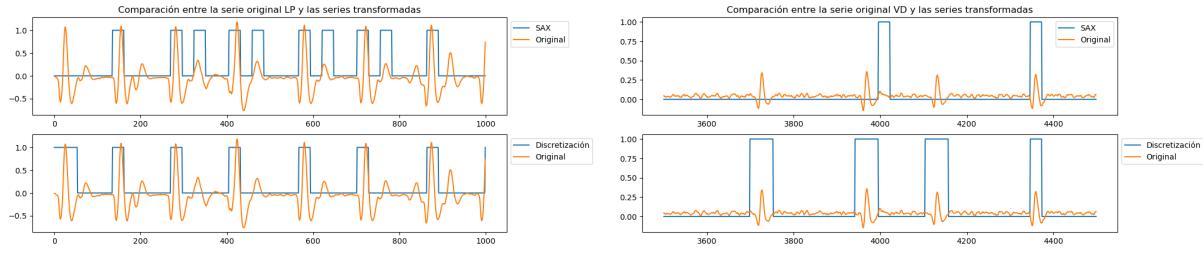


Figura 62: Comparar SAX y binario

En (61, 62) seguimos observando que SAX se comporta peor que la representación en binario, en especial con la LP

4.5. Mejora de SAX

Procedemos como en el caso del trozoC y realizamos el mismo ajuste a la codificación SAX. Comenzamos con la entropía y la información mutua.

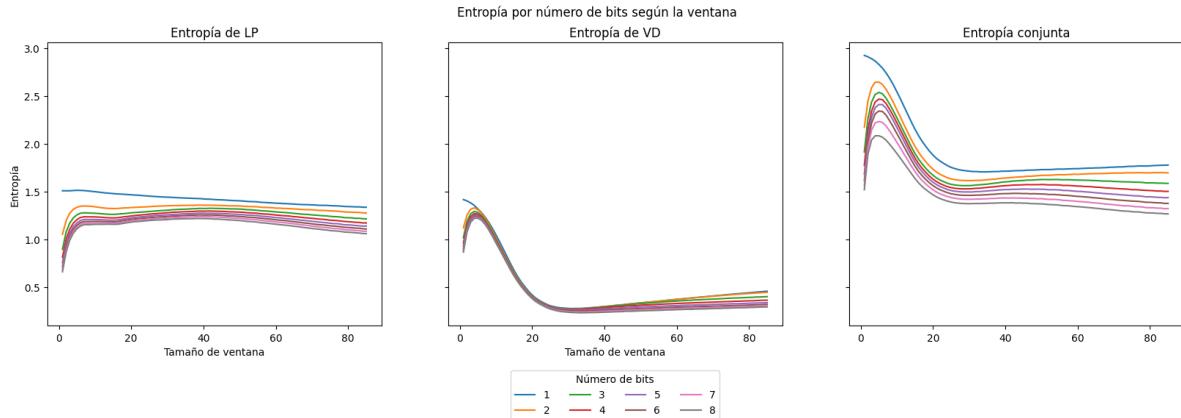


Figura 63: Entropía

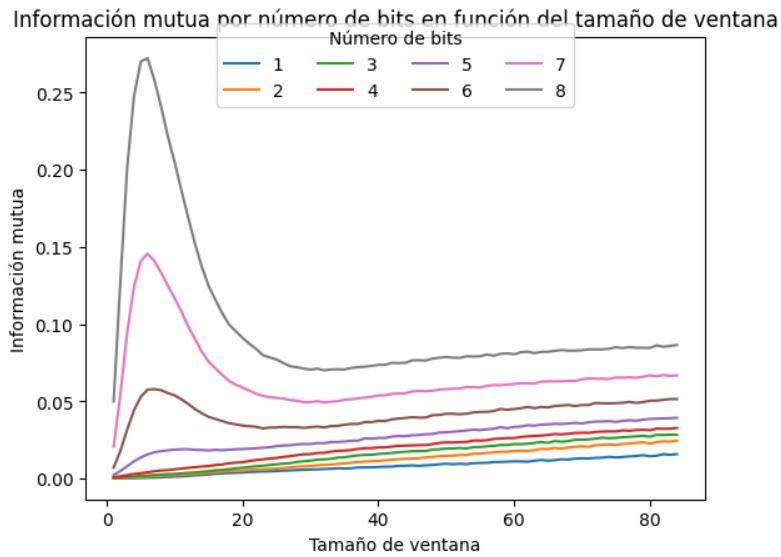


Figura 64: Información mutua para SAX con valor absoluto

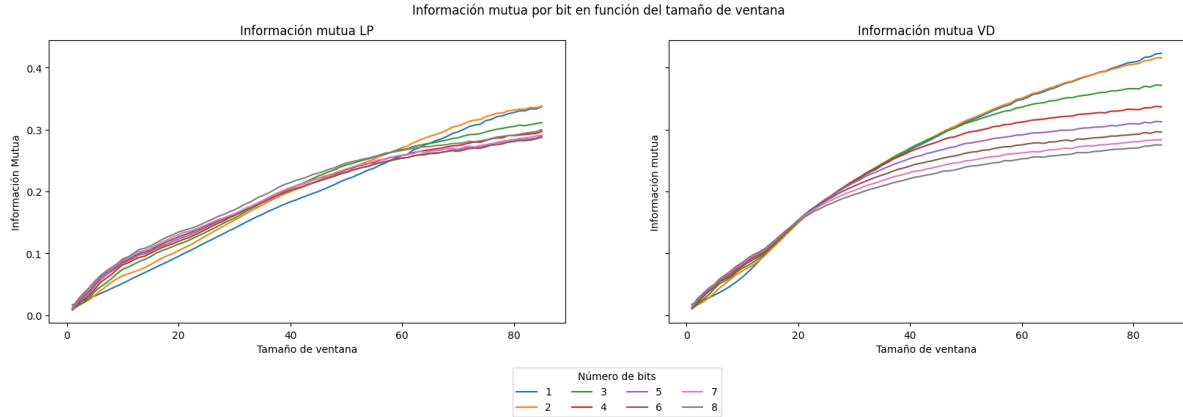


Figura 65: Información mutua entre SAX con valor absoluto y la codificación original

Tal y como ha ocurrido en los casos anteriores, la entropía que mayor cambio muestra es la de LP (63), la información mutua (64) mantiene un máximo y la información mutua entre la codificación SAX y la original se linealiza (65).

Pasamos a ver ahora el efecto que tiene el eliminar los intervalos que contienen ruido:

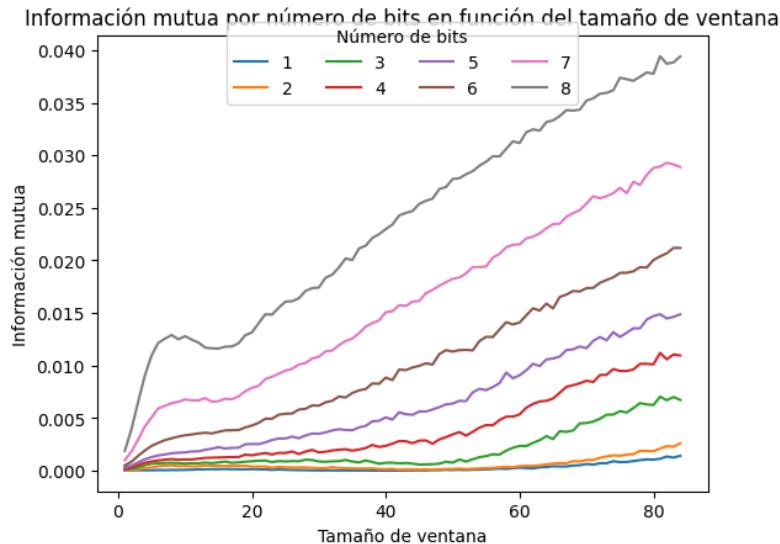


Figura 66: Información mutua para SAX con valor absoluto y corrección

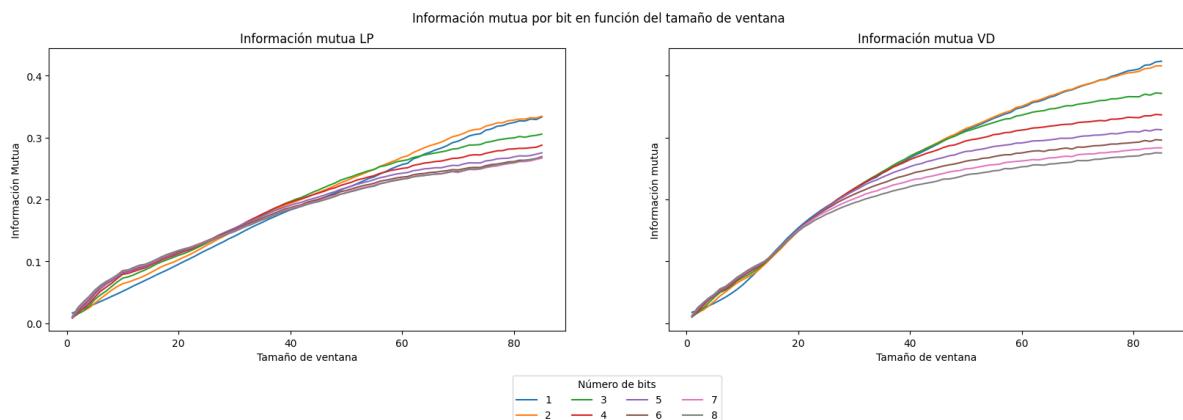


Figura 67: Información mutua entre SAX con valor absoluto y corrección y la codificación original

Al igual que en las secciones anteriores, destacamos que se han eliminado los picos en la información mutua y que las figuras (66, 67) son similares a las obtenidas con la codificación original (55). Por tanto concluimos que las señales son similares, para constatarlo realizamos una comparación visual.

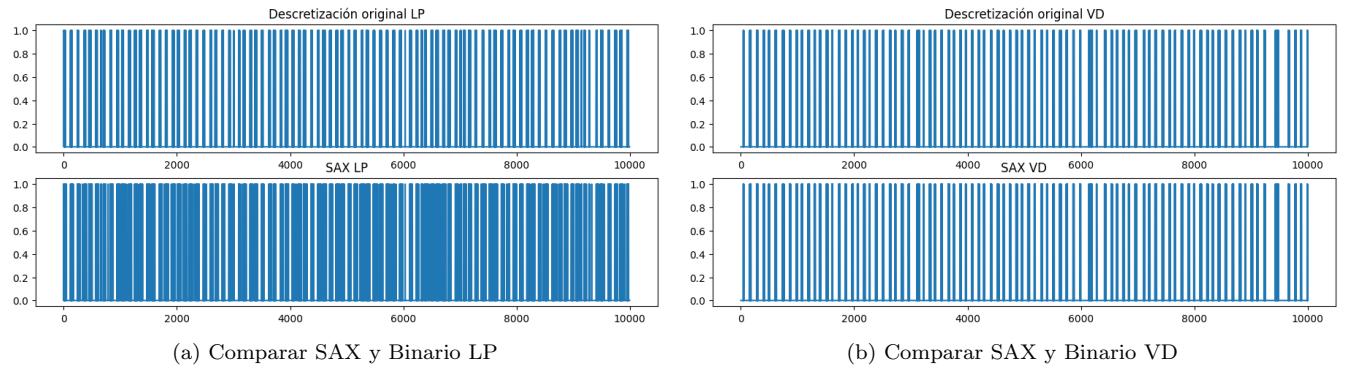


Figura 68: Comparación de SAX en valor absoluto y corregido con la codificación original

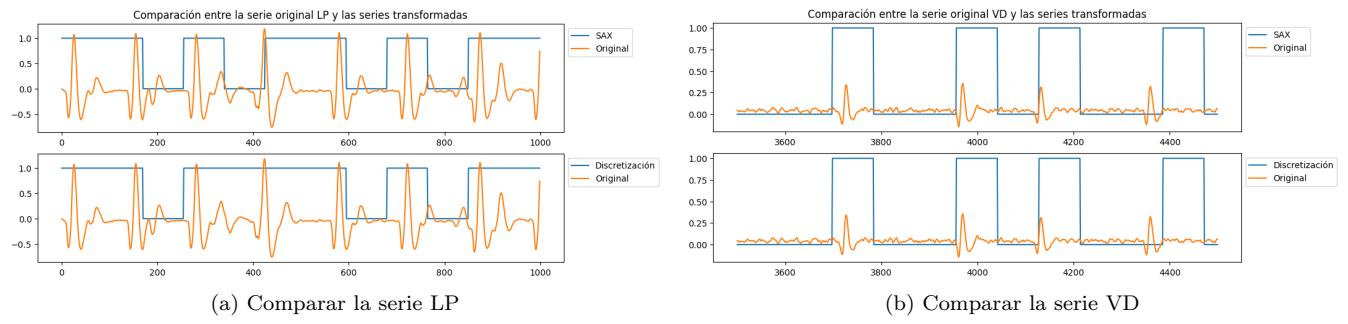


Figura 69: Comparación de la señal original, la codificación original y SAX en valor absoluto y corregido

Como podemos observar, ambas señales son relativamente parecidas, encontrando la mayor parte de discrepancias en la señal LP.

5. Conclusiones

En este trabajo, nos hemos enfrentado a un problema real. Hemos tomado una serie de decisiones de manera justificada y siguiendo un proceso lógico en los distintos aspectos a estudiar . Expresamos a continuación las conclusiones más relevantes, tanto en el aspecto de este trabajo como de nuestra propia comprensión de la teoría de información como de los problemas reales:

- Nos hemos reafirmado en la importancia de crear representaciones de los datos (en este caso, en el ámbito de las series temporales en el que poseen extrema relevancia sus spikes y la distancia entre los mismos). Hemos creado una representación que discretiza directamente la serie temporal inicial a una serie de ceros y unos usando un alto percentil, pues determinamos que los spikes eran eventos muy raros y que tenían valores muy por encima de cualquier otro valor de la serie. Conseguimos con esta representación mantener todos los spikes de nuestra serie temporal, a la vez que redujimos su tamaño notablemente.
- Hemos estudiado cómo interactúan las series temporales que corresponden a dos tipos de neuronas (LP, VD) en estados de control, durante la inyección de GABA y por último en recuperación. Hemos visualizado como claramente la transmisión de información de la neurona LP a la VD es mayor en el sentido opuesto. Además, mediante el estudio de la información mutua de las representaciones de estas neuronas hemos comprobado una relación positiva entre los spikes de dichas series temporales. La simetría de la información mutua nos indica que esta relación es bilateral.
- Hemos apreciado cambios significativos tanto en la información mutua como en la transmisión de información entre los trozos C, G y R; obteniendo valores prácticamente idénticos en los dos primeros y variaciones en durante el periodo de recuperación del cangrejo.
- Hemos estudiado, implementado y comparado una forma alternativa de obtener representaciones denominada SAX. Utilizando esta nueva representación hemos obtenido resultados similares que con nuestro primer método.
- Hemos podido finalmente comparar las dos representaciones obtenidas, viendo que las dos obtienen resultados similares cuando hablamos de información mutua relativa cuando utilizamos la transformación del valor absoluto en la representación SAX, aunque si nos fijamos en las gráficas en las que dividimos por tamaño de palabra, la representación SAX de nuestras series temporales iniciales parece ser más inestable a la variación del cambio de tamaño de ventana, pues se observan algunos picos en los gráficos. El hecho de haber obtenido binarizaciones similares empleando métodos distintos es testigo de la existencia de patrones inherentes a las señales estudiadas.