



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DEL PERÚ

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones

**“COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS  
FCME Y LAD PARA LA DETECCIÓN DE  
ESPACIOS BLANCOS EN EL ESPECTRO  
RADIOELÉCTRICO DEL CANAL 16 IRTP  
DEL SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL  
TERRESTRE EN EL ESTÁNDAR ISDB-TB”**

Autor:

Mishel Victoria Zevallos Carrillo

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de  
Telecomunicaciones

Asesor:

Ing. Javier Samaniego Manrique

Lima, Agosto del 2019

## **DEDICATORIA**

A mis padres y familiares por el apoyo  
brindado.

A los docentes de la universidad quienes contribuyeron en  
el proceso de mi formación universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi gratitud a los responsables de la Escuela de Telecomunicaciones por haberme apoyado en el proceso de asignación de docentes para el planteamiento y desarrollo de la Tesis.

A los asesores quienes con sus enseñanzas y dedicación permitieron alcanzar los objetivos desarrollados en el Proyecto de Tesis.

## RESUMEN

La actual problemática de saturación del espectro radioeléctrico da lugar a realizar el reuso de frecuencias libres dejadas por los usuarios principales, espacios en blanco, a fin de lograr la optimización de este recurso escaso.

Para ello, se desarrolla distintas técnicas como las de detección de energía que mediante su aplicación permita determinar si una frecuencia se encuentra libre para ser reusada por otro usuario. Actualmente se desarrolla mejoras a estas técnicas para operarlas en baja relación señal a ruido (SNR) y en la radiodifusión digital (TDT).

La investigación consiste en evaluar dos tipos de métodos de las técnicas de detección de energía, el algoritmo de localización basado en doble umbral (LAD) y algoritmo de escisión de media consecutiva adelante (FCME); comparándolos para determinar su comportamiento a bajo SNR y que pueden operar en TDT. Esto se realiza de manera experimental en un escenario real, donde se toman muestras de la señal de radiodifusión digital de IRTP, se les aplica los algoritmos de los métodos LAD y FCME y se le introduce ruido, determinando cual presenta mejores condiciones para detección de espacios en blanco a menor SNR. Los resultados muestran de que de ambos métodos, es LAD el que opera con menos SNR que el FCME a partir de ciertas probabilidades de falsa alarma ( $P_{fa}$ ).

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1 .....	8
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.1 Descripción de la realidad del problema .....	8
1.2 Formulación del problema.....	9
1.2.1 Problema General .....	9
1.2.2 Problemas Específicos.....	9
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo General .....	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.4 Justificación .....	10
1.5 Formulación de la Hipótesis.....	11
1.5.1 Hipótesis General .....	11
1.6 Identificación y clasificación de las variables.....	11
1.6.1 Variable Independiente.....	11
1.6.2 Variable Dependiente .....	12
CAPÍTULO 2 .....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes .....	13
2.2 Bases teóricas .....	15
2.2.1 Tecnología 5G.....	15
2.2.2 Radio Cognitiva (RC) .....	18
2.2.3 Métodos de Sensado de Espectro .....	19
2.2.3.1 Detección de Energía de Radio Cognitiva .....	21
2.2.4 Algoritmo FCME .....	21
2.2.5 Algoritmo LAD .....	23
2.2.6 Estándar ISDB-Tb.....	26
CAPÍTULO 3 .....	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
3.1 Tipificación de la investigación .....	29
3.2 Población y muestra .....	29
3.3 Instrumentos de recolección de datos .....	30
3.5 Estrategia para la prueba de hipótesis.....	34
3.5.1 Toma de muestra de la señal.....	34
3.5.2 Aplicación de los métodos a las señales capturadas.....	34
3.5.3 Evaluación comparativa de los métodos.....	38
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES.....	55

<b>ANEXO 1: ALGORITMO LAD .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO 2: ALGORITMO FCME .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO 3: RESULTADOS DE SIMULACION LAD .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 4: RESULTADOS DE SIMULACION FCME .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO 5: RESULTADOS DE UMBRALES Y SNR ORDENADO EN ORDEN ASCENDENTE PARA LAD .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO 6: RESULTADOS DE UMBRAL Y SNR ORDENADO EN ORDEN ASCENDENTE PARA FCME .....</b>	<b>78</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>87</b>

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el despliegue de servicios inalámbricos como radiodifusión, telefonía móvil, televisión, etc. cuenta con gran aceptación por parte de los usuarios, esta demanda de las comunicaciones inalámbricas convierte al espectro radioeléctrico en un recurso escaso. Una de las medidas tomadas actualmente es reasignar las bandas de frecuencias no utilizadas de un servicio a otros servicios de mayor demanda, esto involucra mayores esfuerzos en las gestiones en la parte legal y técnicas.

Otra propuesta es el reuso de bandas de frecuencias desocupadas por los usuarios primarios, esta consiste en determinar huecos durante la transmisión de una señal y ser ocupados por otro transmisor de usuarios secundarios, sin el perjuicio a la interferencia a los usuarios primarios. A estos huecos se les denomina espacios blancos, utilizados en Radio Cognitiva y White WiFi.

En este contexto, surgen estudios y actividades que demuestra la viabilidad de optimizar los espacios blancos en la frecuencia de la Televisión Digital Terrestre para ser compartidas con el espectro en uso con bandas licenciadas.

En Europa, se orienta estudios sobre TDT y su convivencia con nuevas tecnologías de comunicaciones móviles ante la llegada de 5G.

En Estados Unidos, después que la Federal Communications Commission (FCC) aprueba el uso de espacios en blanco de espectro de televisión, se desarrolla proyectos de mejora de la conectividad de banda ancha inalámbrica.

Y en Perú, INICTEL realizó estudios del comportamiento de los espacios blanco para reutilizarlos en el rango de Televisión Digital Terrestre.

En este sentido, para lograr optimizar el uso frecuencias ocupadas, se requiere contar con conocimiento del espectro, para determinar su ocupación; para ello existen diferentes técnicas de detección de espacios blanco, como las técnicas de detección de energía para determinar si el medio está siendo ocupado por algún transmisor.

A fin de evaluar la fiabilidad de las técnicas mencionadas y lograr un conocimiento sobre su comportamiento en los espacios blanco de la Television Digital, se propone el empleo del Método LAD como alternativa para la optimización del uso del espectro radioeléctrico de la TDT de Lima, en apoyo a la detección de espacios blanco.

## **CAPÍTULO 1**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad del problema**

El exponencial crecimiento de los servicios inalámbricos conlleva a una alta demanda del espectro radioeléctrico, por ende la necesidad de contar con bandas de frecuencias disponibles en las cuales transmitir.

Bajo esta situación y considerando al espectro radioeléctrico como un recurso escaso, surge el concepto de reuso de frecuencias haciendo uso de los espacios blanco y de técnicas de detección basadas en energía que permiten la detección y presencia de la señal sin afectar ni causar interferencias a los usuarios primarios, pero su aplicación en condiciones de baja SNR puede conllevar a que durante el sensado del espectro la señal se confunda con el ruido afectando el rendimiento de los métodos propuestos; por tanto, surge la incógnita por determinar el comportamiento de estos métodos en la radiodifusión digital terrestre.

En nuestro medio se requiere comprobar el comportamiento de estos métodos y determinar cuál presenta una mejor operatividad en bajo SNR en la radiodifusión digital, en particular en la banda de Televisión Digital Terrestre, para que los resultados



obtenidos sirvan como fuente técnica para el reuso del espectro radioeléctrico en el país, que aún no se adopta.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo influyen las técnicas de detección de energía para determinar los espacios en blanco de señales de la Televisión Digital Terrestre, en condiciones de bajo SNR, en la ciudad de Lima?.

### **1.2.2 Problemas Específicos**

¿Cómo afecta la potencia de ruido a las técnicas de detección de energía en la decisión de detección de espacios en blanco de TDT?.

¿Cómo influye los valores de umbral en las técnicas de detección de energía en el desempeño de la SNR durante la identificación de espacios en blanco de la TDT?.

¿Cómo influye el tiempo de cálculo empleado por una técnica de detección de energía en la eficiencia de sensado de espacios en blanco de TDT?.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar cómo influyen las técnicas de detección de energía para determinar los espacios en blanco de señales de la Televisión Digital Terrestre, en condiciones de bajo SNR, en la ciudad de Lima.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Determinar cómo afecta la potencia de ruido a las técnicas de detección de energía en la decisión de detección de espacios en blanco de TDT.

Determinar cómo influye los valores de umbral a las técnicas de detección de energía en el desempeño de la Relación Señal a Ruido (SNR) durante la identificación de los espacios en blanco de la TDT.

Determinar el tiempo de cálculo empleado en las técnicas de detección de energía para identificar la eficiencia de sensado de espacios en blanco de TDT.

### **1.4 Justificación**

Dada la factibilidad para la optimización de frecuencias del espectro radioeléctrico mediante el uso de espacios blanco a nivel mundial y las aplicaciones de las técnicas de detección de energía a diversas bandas del espectro. Se estudia el uso de los espacios blancos en los servicios de Televisión Digital Terrestre en Perú, con el fin de brindar una propuesta de reuso y reducir la escasez del espectro radioeléctrico, para:

- Determinar la viabilidad técnica del empleo de técnicas de detección de energía como LAD y FCME, en un escenario con valores de señal real de la TDT Perú.
- Brindar conocimiento sobre las condiciones y parámetros en el cual puede operar las técnicas de detección de energía para permitir una óptima detección de espacios en blanco.

- Determinar cual de las técnicas de detección de energía opera mejor, en condiciones de bajo ruido.

## **1.5 Formulación de la Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis General**

El empleo del Método LAD permite la detección de los espacios blancos en condiciones de bajo SNR para la optimización del uso del espectro radioeléctrico en TDT.

### **1.5.2 Hipótesis Específicas**

El método LAD para el sensado del espectro radioeléctrico opera en condiciones de mayor ruido permitiendo la decisión de detección de espacios en blanco de una señal TDT.

Los valores menores de los umbrales del método LAD permiten determinar la presencia de ruido en el sensado de los espacios blancos de la señal de TDT.

El tiempo del cálculo del método LAD para detectar los espacios blancos es mayor, debido al doble cálculo de umbral, siendo menos eficiente el sensado de espacios en blanco de TDT.

## **1.6 Identificación y clasificación de las variables**

### **1.6.1 Variable Independiente**

Técnicas de detección de energía

Dimensiones: Potencia de ruido, Valores de Umbral y Tiempo de cálculo.

#### **1.6.2 Variable Dependiente**

Espacios en blanco de TDT

Dimensiones: Decisión de detección, Desempeño de la SNR y Eficiencia de Sensado.

#### **Indicadores:**

Probabilidad de Falsa Alarma (Pfa).

Relación Señal a Ruido (SNR).

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

En el 2017, INICTEL [1] realiza un informe técnico sobre el reuso del espectro radioeléctrico utilizando espacios blancos en las bandas de frecuencia de televisión digital, dada la problemática mundial de la saturación del espectro radioeléctrico, mediante la aplicación y uso de técnicas apropiadas en Radio Cognitiva en bandas asignadas al servicio de TV .

Para ello, considera como referencia la toma de 10 capturas de señal de distintas frecuencias del espectro radioeléctrico, de televisión digital, a fin de evaluar el comportamiento de las probabilidades de falsa alarma en cada una de las muestras tomadas, asimismo realiza cálculos de los umbrales que resultan de la aplicación del método de dos umbrales (LAD) en las señales de banda ancha.

Promsuk, Attaphongse y Vartiainen en su artículo “Interference Suppression Methods with Adaptive Threshold in Internet of Things (IoT) Systems” publicado en la 9ª Conferencia Internacional de Tecnología de la Información e Ingeniería Eléctrica (ICITEE) en el 2017 [2] hace referencia que para suprimir el impacto de la coexistencia o interferencia en una red IoT, en particular en los últimos 100 metros, es decir, en el tramo desde los dispositivos hacia un AP, los algoritmos de supresión de interferencias utilizando los métodos basados en la probabilidad de falsa alarma  $P_{fa}$ ,

como el criterio de Neyman-Pearson (NP) y el algoritmo de localización basado en doble umbral (LAD) se aplican para mejorar la tasa de error de bits de transmisión (BER) .

Ambos métodos son apropiados para ser implementados en redes de IoT, el método NP solo requiere la potencia de ruido, siendo una técnica semiciega y para el método LAD incluso no requiere ruido, es decir, completamente ciego. Ambos pueden detectar de manera efectiva la ubicación de las señales de interferencia y suprimirlas, mejorando así significativamente el general rendimiento del sistema.

Los resultados obtenidos en la simulación, indican que los métodos propuestos funcionan de manera excelente incluso en una red IoT, que contiene una gran cantidad de dispositivos, concluyendo que a partir de este estudio donde se crean las ubicaciones de los dispositivos por el modelo de punto 2D de Poisson dentro del plano circular con un radio de 100 metros, los resultados muestran que LAD supera el algoritmo NP en todos los entornos desarrollados, dado que el LAD utiliza dos niveles de umbral de la escisión media consecutiva conocido como algoritmo (FCME), estos dos umbrales son para separar la señal concentrada y la señal de interferencia; con ello es capaz de detectar y suprimir la interferencia de manera mas eficaz que el método NP.

La propuesta Performance of the LAD Spectrum Sensing Method in Measured Noise at Frequency Ranges between 10 MHz and 39 GHz [3] del 2014 tiene como objetivo investigar como el ruido en zonas de diferencia de frecuencia afectan a la probabilidad de detección  $P_d$  y probabilidad de falsa alarma  $P_{fa}$ , para ello hace uso del método LAD, para encontrar las señales presentes y determinar su rendimiento con la presencia del ruido, mediante su estudio en diferentes frecuencias en el rango de 10 MHz y 39 GHz, con el fin de estudiar sus propiedades estadísticas, y obtener los parámetros para una futura solución a la demanda de frecuencias de espectro.

Para ello, el estudio inicia con el ingreso de la señal digitalizada, luego mide el nivel de ruido causado por el ruido interno del analizador y el ruido proveniente de la antena con la cual se toma la señal, para determinar las características del ruido medido a diferente frecuencia y lo compara al ruido teórico siguiendo la distribución gaussiana y utiliza el método LAD para diferenciar las señales presentes y nivel de ruido.

Concluyendo que el método LAD es capaz de operar en todas las zonas de frecuencia estudiadas y en niveles de ruido medidos.

En el 2014 en el artículo Detection of broadcast signals in cognitive radio based PLC using the FCME algorithm [4] se propone el uso del algoritmo de escisión de medias consecutivas (FCME) para ubicar bandas libres dentro del rango de frecuencia de transmisión en una red PLC, el estudio expone una solución que cuente con una conexión de alta velocidad de datos con comunicación por línea eléctrica (PLC) con el fin de incrementar el ancho de banda utilizado y operar a mayores frecuencias; este sistema actúa como antenas que pueden detectar fuertes señales de FM y TV cercana. El rendimiento de FCME fue medido haciendo uso de analizadores de espectro y los cálculos en el rango de frecuencia determinaron que el método propuesto funciona para la detección de frecuencias libres proporcionando una mejor utilización del espectro en la red PLC.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Tecnología 5G**

El aumento del tráfico móvil, del número de dispositivos y el gran consumo de los servicios y aplicaciones de multimedia y video por parte de los usuarios a exigido e impulsado el desarrollo y despliegue de nuevas tecnologías innovadoras. Inmerso a esta transformación digital de la

sociedad, se pretende que la tecnología 5G dé soporte a soluciones vinculadas a Internet de la cosas, Big Data, realidad virtual, ciudades y horas inteligentes, robótica, realidad virtual, capacidades de comunicaciones masivas entre máquina a máquina, etc.

La llegada de la quinta generación permitirá que se alcancen mayores velocidades de banda ancha móvil y un uso más intensivo de datos móviles; así como una baja latencia y conexiones fiables de dispositivos y aplicaciones donde el factor primordial es el tiempo, logrando mayores niveles de estabilidad, seguridad y fiabilidad, asimismo aumentar el radio de cobertura en zonas urbanas densas y rurales, tal como lo indica Jonathan Rodriguez en el libro Fundamentals of 5G Mobile Networks [5].

A principios de 2012, la UIT (Unión Internacional de Comunicaciones) comenzó un programa, International Mobile Telecommunications (IMT) [6], que es el facilitador continuo de las nuevas tendencias en dispositivos de comunicación, en el cual sentó las bases para las actividades de investigación de 5G para el 2020 en adelante y estableciendo los requisitos y la visión. Por tanto, para esa fecha será trabajo de la UIT la estandarización internacional de estos sistemas. Como preámbulo a dicha estandarización, en setiembre del 2015, se publica “IMT Vision” como Recomendación UIT – R M.2083, donde se presenta un conjunto inicial de objetivos de desempeño 5G y en febrero 2017, como parte del proceso para consolidar el estándar “IMT-2020”, se dio a conocer los requerimientos técnicos para que un conjunto de servicios de comunicaciones móviles sea reconocido como 5G.



En los Juegos Olímpicos de Invierno de Corea de Sur que inició el 9 de febrero del 2018, la tecnología puesta a prueba fue 5G y se activó el funcionamiento de Internet de las Cosas.

Para el 2020 se debe concluir con el despliegue de servicios 5G ofrecidos al público general en algunas regiones del mundo y debe contar con las siguientes nuevas capacidades de las redes 5G [7]:

- La densidad de usuarios conectados en 5G debe soportar hasta 1 millón de usuarios conectados por kilómetro cuadrado.
- Banda ancha móvil de alta velocidad y capacidad que permitirá alcanzar velocidades en movilidad superiores a 100 Mbit/s con picos de 1 Gbit/s.
- La latencia en 5G ofrecerá un máximo de 4 milisegundos y aquellas comunicaciones basadas en estándar URLLC (comunicaciones ultra confiables de baja latencia) se requiere 1 milisegundo (ms) para ser considerado un servicio 5G.
- Las estaciones base 5G deben ser capaces de atender a usuarios que se mueven con velocidades entre 0 y 500 km/h.
- Comunicaciones masivas máquina a máquina (M2M); las nuevas redes 5G incrementarán las capacidades de gestión de conexiones simultaneas propias de la IoT como sensores, domótica, robótica etc.

Si bien es cierto la mejora en la velocidad de transmisión y la disminución de latencia es un beneficio de 5G, la mayor revolución se materialice en las nuevas capacidades para ofrecer una conectividad inteligente ilimitada, mejorando los productos y servicios con los cuales disponemos en la actualidad incrementando su productividad y eficiencia.

### 2.2.2 Radio Cognitiva (RC)

El concepto de Radio Cognitiva (RC) fue presentada por primera vez en un artículo de Joseph Mitola III y Gerald Q. Maguire, Jr. en 1999 [8], es una tecnología con el potencial de cambiar la forma en que el espectro radioeléctrico es utilizado actualmente y al mismo tiempo, incrementar su disponibilidad para nuevos servicios de comunicaciones inalámbricos ya que permite que los usuarios sin licencia usen bandas licenciadas siempre que no causen ninguna interferencia; es decir permitirá a los usuarios determinar que porciones del espectro están disponibles y detectar la presencia de usuarios con licencia y seleccionar el mejor canal disponible.

Las partes de espectro ya asignadas no son utilizadas todo el tiempo por sus propietarios, llamados usuarios primarios, permitiendo contar con espacios en blanco, en una banda de frecuencia asignada a un usuario primario PU, ocasionando que de esta manera se realice una ineficiente gestión del espectro.

Dada la problemática de la escasez e ineficiencia de la gestión del espectro se requiere una intervención urgente para mejorar el acceso al espectro radioeléctrico y lograr un alto rendimiento de la red. Una mejor manera de superar el problema de la escasez de espectro es gestionarlo dinámicamente compartiendo canales desocupados con usuarios sin licencia, llamados usuarios secundarios (SU), sin interferir con las señales de las PU. El acceso de espectro oportunista (OSA), también denominado acceso de espectro dinámico (DSA), ha sido propuesto para abordar los problemas de asignación de espectro y que permite que el espectro se comparta entre usuarios con licencia y sin licencia, y que el espectro se divide en numerosos anchos de banda asignados a uno o más usuarios dedicados.

Las principales funciones de Radio Cognitiva son [9]:

- **Detección de espectro:** Detecta el espectro no utilizado y lo comparte sin realizar una interferencia perjudicial con otros usuarios, permitiendo sensar y ubicar a los usuarios primarios de manera más eficiente.
- **Gestión del Espectro:** Es una de la funciones principales desarrollada por la radio cognitiva, que tiene como fin conocer las características del entorno y encontrar espacios o bandas liberadas en el cual sea posible realizar transmisiones para cumplir con los requisitos de comunicación del usuario capturando el mejor espectro disponible.
- **Movilidad del espectro:** El usuario de radio cognitiva intercambia su frecuencia de transmisión o recepción de manera dinámica para permitir que los terminales de radio operen en la mejor banda de frecuencia disponible, manteniendo los requisitos de comunicación sin interrupciones durante la transición hacia un mejor espectro.
- **Uso compartido del espectro:** Se refiere a proporcionar el método de distribución de espectro equitativo para los usuarios de cognitive sin interferir en las transmisiones de los usuarios primarios.

### 2.2.3 Métodos de Sensado de Espectro

Son métodos que permiten determinar si una señal está presente o no y analizar su espectro para detectar espacios en blanco en los cuales usuarios

secundarios podrán empezar a transmitir sin realizar interferencias con los primarios [10]. Existen diversos métodos de sensado del espectro:

- **Energía:** Este método es el más simple y consiste en medir la potencia de la señal recibida y compararla con un umbral, se debe tener un conocimiento del ruido que está afectando para ajustar los parámetros de umbral.

Una de las principales ventajas del método es que no requiere tener conocimiento previo de la señal primaria, solo se basa en medir la potencia que puede provenir de un usuario primario o de cualquier otro tipo de señal.

- **Cicloestacionario:** Se basa en estudiar la periodicidad que presentan las señales digitales, el método permite detectar señales de baja potencia y determinar las características de la señal sensada como el tiempo de símbolo, tipo de modulación, frecuencia portadora, etc. Por tanto, requiere para su funcionamiento un gran conocimiento de la señal a detectar, asimismo el desafío del método es la detección de usuarios primarios en condiciones de bajo SNR y su implementación posee una mayor complejidad y altos niveles de procesamiento a diferencia de los otros métodos de sensado.

- **Filtro apareado:** Consiste en correlacionar la señal recibida con una replica de la misma, generada previamente y hallar el máximo de correlación, dicho cálculo es equivalente a realizar la convolución de una señal desconocida y detectar una señal conocida conjugada e invertida

en el tiempo, posterior a ello se compara el valor con un umbral preestablecido y en caso de superarlo se decide la existencia de señal. Este método a comparación de los dos primeros brinda un mejor performance ya que provee altas probabilidades de detección con señales de muy baja SNR, a la vez tiene rápidos tiempos de respuesta debido a su robustez a la incertidumbre del ruido; la complejidad en su implementación radica en que requiere muy buena señal de referencia para correlar con la señal a sensar.

#### **2.2.3.1 Detección de Energía de Radio Cognitiva**

Los detectores basados en energía son el tipo mas común de los métodos utilizados ya que no requieren información a priori de la señal de un usuario primario para medir la intensidad recibida y la compara con un umbral para determinar la ausencia o presencia de la señal en un determinado canal.

Los métodos de detección basado en energía son los siguientes [11]:

- LAD-Based Methods
- Forward Methods
- Wideband Spectrum Sensing
- Métodos Adaptativos “Constant False Alarm Rate (CFAR)

#### **2.2.4 Algoritmo FCME**

Los algoritmos de Escisión de Media Consecutiva Adelante (FCME) son métodos simples que fueron diseñados originalmente para la supresión de interferencias (IS) [12] para sistemas de espectro ensanchado, y se destaca

como una de las técnicas de umbral adaptativo más efectivas para la estimación de umbrales en el detector de energía.

Propuesto en el 2003 por Saarnisaari y Henttu [13] como una version avanzada de CME, con el fin de permitir la detección de señales. Es un método simple de desarrollar, y al vez es independiente de cualquier conocimiento previo de señal.

El algoritmo es automático e iterativo y establecen un umbral a fin de separar las muestras en dos conjuntos, el de señales concentradas y el ruido; para la determinación del valor de umbral y la efectividad del algoritmo FCME depende de la elección de sus valores paramétricos como lo son el Conjunto de muestra (Q) y el Factor de Umbral (TCME) siendo ambos determinantes para la estimación de la detección del umbral.

El cálculo del umbral se basa en el parámetro  $T_{cme}$  [14]:

$$T_{cme} = -\ln(P_{fa}) \dots (1)$$

Donde  $P_{fa}$  es la Probabilidad de Falsa Alarma [13] que indica la probabilidad de decidir la hipótesis  $H_1$  cuando en realidad la hipótesis correcta es  $H_0$ ; por tanto, un buen detector debe minimizar la Probabilidad de Falsa Alarma y asegurar una buena probabilidad de detección para garantizar una detección eficiente del espectro.

Para el calculo de Pfa previamente se toma un tramo de las muestras de la señal y N es la longitud de la muestra de señal [15] , las muestras son organizadas en orden ascendente de acuerdo a la energía de éstas y se considera el 10% de las muestras más pequeñas para formar el Conjunto Inicial Q.

Para el umbral de FCME se define las muestras de ruido como 0 y las muestras de señal como 1, por tanto las muestras por encima del umbral serán consideradas como señales verdaderas y por debajo como ruido

El método FCME utiliza el principio de tasa de alarma falsa constante (CFAR), por lo que el falso La probabilidad de alarma se mantiene casi constante. Sin embargo, es sensible.

### **2.2.5 Algoritmo LAD**

El método LAD (Location Algorithm Based on Double-Thresholding), propuesto en el 2004 por Vartiainenv, Johanna y otros en el artículo Localization of multiple narrowband signals based of the FCME algorithm [16] y se basa en la suposición de que el ruido es Gaussiano y determina el nivel de ruido. No requiere de información previa como el nivel de ruido para obtener datos como potencia y ancho de banda; permitiendo así una implementación en tiempo real, siendo capaz de estimar el numero de señales y sus características estimación de parámetros de la señal.

El método LAD está basado en el doble umbral, umbral superior e inferior, y es usado para la detección de señales de banda estrecha en el dominio de frecuencia en escenarios donde se requiera determinar la existencia de usuarios primarios en sistemas de radio cognitiva.

El umbral inferior se utiliza para componer muestras de señales adyacentes en grupos; mientras que el umbral superior se usa para detectar señales. El LAD se puede aplicar en la detección de señal de banda estrecha así como también en la supresión de interferencia.

El cálculo de umbrales de detección se basa en el algoritmo FCME adaptativo [2], que es un método automático para establecer un umbral a fin de separar las muestras en dos conjuntos, utilizando un parámetro de umbral predeterminado que se calcula en función de la distribución del ruido. Se supone que el ruido es un proceso gaussiano blanco con la densidad espectral de potencia unilateral  $N_0$ .

LAD hace uso del algoritmo FCME, el cual comienza reorganizando las muestras en orden ascendente según sus energías  $|Xi|^2$ . Los  $n$  términos más pequeños en el conjunto ordenado se seleccionan para que pertenezcan al conjunto inicial que se supone que está libre de interferencia.

El cálculo del parámetro de umbral  $T_{CME}$  se puede calcular resolviendo la siguiente ecuación:

$$P_{FA} = e^{-(T_{CME}M)} \sum_{i=0}^{M-1} \frac{1}{i!} |T_{CME}M|^i \dots (2)$$

donde  $P_{fa}$  es la probabilidad de falsa alarma deseada, pero como la fórmula no depende de la varianza entonces:

$$T_{cme} = -\ln(P_{fa}) \dots (3)$$

Se asume  $N$  muestras ordenadas de manera ascendente  $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ , las muestras de la señal buscan encontrar el valor de  $k$  mas pequeño redondeado, para ello  $k \geq \text{round}(0.1N)$

$$y_{k+1} \geq T_{CME} \sum_{i=1}^k y_i = T \dots (4)$$



Donde:

$$y_i = |x_i|^2 = \text{Energía} \dots (5)$$

Para una muestra se incluye el 10% de los valores mas pequeños, la energía de estas muestras sigue una distribución central Chi-Cuadrado con 2M grados de libertad.

Si la ecuación (4) se cumple,  $y_{k+1}$  y los valores superiores se deciden a partir de la señal y  $y_k$  y los valores inferiores provienen del ruido. Por lo tanto, las muestras se dividen en 2 conjuntos utilizando el umbral T.

$$y_1, \dots, y_k \rightarrow \text{Muestras de ruido}$$

$$y_{k+1}, \dots, y_N \rightarrow \text{Muestras de señal}$$

El método LAD calcula dos umbrales FCME usando dos parámetros de umbral distinto, es decir 2  $T_{CME}$  diferentes ( $T_{sup}$  y  $T_{inf}$ ). El umbral inferior se utiliza para evitar la separación de una señal y el umbral superior ayuda a evitar detecciones falsas [17] , y se define de la siguiente manera:

$$T_{cme1} = -\ln(P_{fa1}) \dots (6)$$

$$T_{cme2} = -\ln(P_{fa2}) \dots (7)$$

donde  $T_{cme1}$  y  $T_{cme2}$  son el umbral superior e inferior respectivamente.

Las muestras por encima del umbral inferior se agrupan en un grupo  $G_i$ ,  $i=1, \dots, h$ , donde  $h < N$ . Si al menos una muestra de cada grupo  $G_i$  excede también el umbral superior, el grupo es aceptado como señal; y de no ser el caso, el grupo es rechazado y considerado como ruido.

### 2.2.6 Estándar ISDB-Tb

ISDB-Tb (Integrated Services for Digital Broadcasting – Terrestrial Brazilian) es un estándar de transmisión de video digital usado para transmitir Televisión Digital Terrestre, está basado en la norma japonesa ISDB y adoptada inicialmente en Brasil y presenta una serie de mejoras para la transmisión de señales digitales que fue desarrollado por la ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicaciones) de Brasil, tal como se indica el artículo Sistema de Transmisión ISDB-T [18].

Los Sistemas ISDB-Tb otorga capacidades de transmisión de audio, video y servicio de datos de alta calidad y reduce costos de implementación y fabricación.

Entre las características técnicas de ISDB-T se tiene [19]:

- **Modulación:** BSTOFMD (Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- **Frecuencia:** VHF o UHF, según la estrategia de implementación de cada país.
- **Arquitectura de transmisión:** 13 segmentos para receptores fijos y móviles (como autos) y 1 segmento para dispositivos portables (celulares)
- **Cuadros por segundo:** 30 FPS para servicio estándar y móvil, 30 FPS para servicio móvil (15 FPS en Japón)
- **Ancho de banda del canal:** Típicamente 6 Mhz, con opción de 7 y 8 Mhz según el país.
- **Compresión de audio:** 5.1 MPEG-4 AAC@L4 para dispositivos fijos y móviles, MPEG-4 AAC@L2 para dispositivos portables

- **Compresión de video:** MPEG-4 AVC HP@L4 para dispositivos fijos y móviles, MPEG-4 AVC BP@L1.3 para dispositivos portables
- **Resolución video en disp. fijos:** SD 720x480i/p, SD720x576i/p, HD 1280x720p 16:9, Full HD 1920x1080i 16:9
- **Resolución video en disp. portables:** SQVGA (160x120 / 160x90), QVGA (320x240 / 320x180), CIF (352x288)
- **Multiplexado:** Sistema de multiplexado MPEG-2
- **Multiprograma:** El formato permite 1 programa Full HD por canal; o 1 programa HD+1 programa SD por canal; o 3 programas SD por canal.

En el 2009, mediante Resolución Suprema N° 019-2009-MTC [20], el Ministerio de Transporte y Comunicaciones adoptó el estándar ISDB-T como sistema de televisión digital terrestre (TDT) para el Perú .

## 2.2.7 Conceptualización de Variables, Dimensiones e Indicadores

### Técnicas de detección de basado en energía

Técnica que mediante el uso de umbrales permite identificar la transmisión o envío de señales de usuarios primarios o licenciados a fin de sensar y detectar espacios en blanco que no están siendo utilizados.

### Espacios en Blanco de TDT

Son espacios del espectro de radioeléctrico de televisión digital terrestre donde no existe señal de transmisión por parte de un usuario y pueden ser utilizados por otros usuarios.

### Decisión de detección

Se realiza mediante el uso de los valores de Probabilidad de Falsa Alarma para a

partir de ellos calcular los parámetros de umbral a fin de discernir la presencia de la energía de la señal del usuario primario o presencia de ruido.

### **Relación Señal a Ruido (SNR)**

Se define como el cociente del nivel de señal recibida entre el ruido total que procede de fuentes externas y del propio sistema.

Es un indicador que proporciona la medida de señal en un determinado sistema.

### **Eficiencia de Sensado**

Dependerá del tiempo de procesamiento del algoritmo para el cálculo de parámetros propios de método.

### **Umbrales**

Parámetro del Método de Detección de Energía Espectral que permite detectar presencia de señal o ruido.

### **Probabilidad de Falsa Alarma**

Se define como la probabilidad de Falsas Detecciones de señal.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipificación de la investigación**

La investigación es de tipo cuantitativa y correlativa; dado que compara y observa el comportamiento de dos métodos de detección de energía para determinar el de mejor comportamiento para la detección de espacios blanco, en condiciones de bajo SNR sobre el espectro radioeléctrico de la TDT; para ello, se tiene en cuenta los antecedentes y estudios realizados a la fecha, sobre la aplicación de técnicas de detección de energía.

Para el estudio se emula el escenario, con valores reales para aplicar los algoritmos que se tiene en la base teórica y analizar los resultados de cada uno.

#### **3.2 Población y muestra**

- **Población**

Se define una población de 31800 personas como el total de audiencia en vivo en Lima Metropolitana con el que cuenta el canal digital 16 de TV PERU.

Targets: Lima Personas Total(ind->Region:Lima)

Período: 01/01/2019-22/05/2019

	Grupo	Inicio	Final	Días	Período	En vivo
						Lima Personas Total
						rat#
1	Tv Perú	06:00	00:00	LMWJVSD	01/01/2019-22/05/2019	31800

Gráfico 3.1 Total de audiencia del canal de 16 TV Perú

- **Muestra**

Se ha determinado a criterio, una muestra de 30 personas que emplean TDT y 15 expertos conocedores de TDT, espacios en blanco y sus aplicaciones. Se considera este valor de muestra dado que la población en relación a TDT no está concretamente definida.

### 3.3 Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realiza mediante el empleo de una encuesta de opinión (ANEXO 7) orientada al empleo de la televisión digital terrestre por parte de los usuarios.

La encuesta de opinión se realizó del 15 al 22 de mayo del 2019 en la ciudad de Lima, en el horario de 09:00 hasta 18:00 horas, a adultos con edad promedio de 30 años, los resultados del cuestionario realizado, se muestran en la Tabla 3.3 y Gráfico 3.2 y se infiere que:

- La población requiere el desarrollo nuevas alternativas tecnológicas sobre prestación de servicios de radiodifusión.
- El empleo de receptores de televisión digital.
- La afinidad que tiene el usuario con el servicio de televisión digital.
- La interactividad de los usuarios con el servicio de radiodifusión.

PREGUNTA	SI	NO	NO PRECISA
P1	30		
P2	30		
P3	30		
P4	30		
P5	19	10	1
P6	17	11	2
P7	12	18	
P8	10	20	
P9	28	2	
P10	18	12	
P11	10	20	
P12	9	16	5
P13	28	1	1
P14	24	5	1
P15	5	22	3

Tabla 3.3 Resultados de la Encuesta

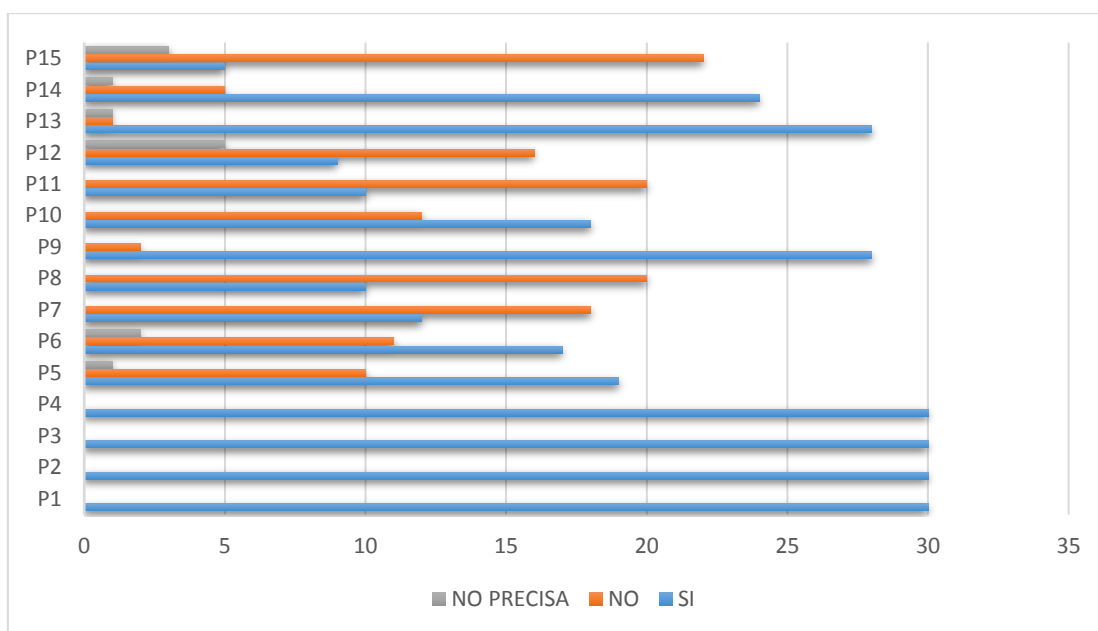


Gráfico 3.2 Estadísticas de la encuesta

Asimismo, se realiza una entrevista (ANEXO 8) a 15 expertos, ingenieros de electrónica y telecomunicaciones, conocedores de los conceptos y aplicación de espacios en blanco, televisión digital terrestre, técnicas de detección de espacios en blanco, etc. Los resultados muestran en la Tabla 3.4 y Gráfico 3.3 y se infiere:

- El conocimiento sobre las técnicas de sensado de radiocognitiva.

- Contar con técnicas que hagan frente a los efectos del ruido.
- Entorno en el cual se aplicarían las técnicas de detección de espacios en blanco.
- La utilidad y aporte de aplicar las técnicas de detección de espacios en blanco para mejorar el uso del espectro radioeléctrico.

PREGUNTA	SI	NO	NO PRECISA
P1	12	3	
P2	10	3	2
P3	7	8	
P4	6	7	2
P5	15		
P6	15		
P7	15		
P8	7	6	2
P9	5	9	1
P10	5	10	
P11	5	9	1
P12	3	12	
P13	6	9	
P14	10	5	
P15	10	5	

Tabla 3.4 Resultados de la Entrevista

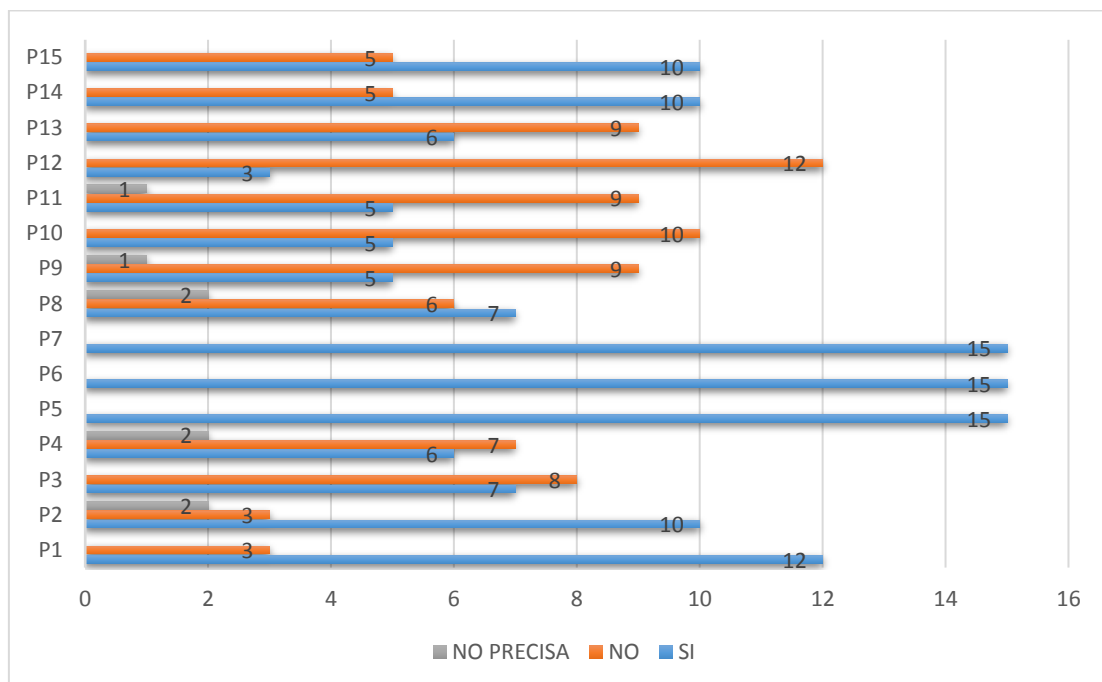


Gráfico 3.3 Estadísticas de la entrevista



### 3.4 Escenario de la propuesta técnica

La propuesta considera el siguiente escenario para la evaluación del comportamiento de dos métodos de detección de energía para la detección de espacios blanco:



Gráfico 3.4 Escenario para la evaluación de dos métodos de detección de energía.

El esquema del escenario a desarrollar se muestra en el Gráfico 3.4. El primer paso consiste en captar las ondas electromagnéticas de las señales del canal 16 de la TDT, que fue tomada en las instalaciones de INICTEL UNI situado a 11.38 Km del Morro Solar, mediante el uso de una Antena Logarítmica y los valores de los parámetros y composición de las capturas son examinadas con un analizador de espectro.

Luego, se registran los datos de señal obtenidos para que sean emuladas en el simulador Matlab y se aplica los algoritmos implementados para cada uno de los métodos de detección de espacios en blanco, LAD y FCME; de las interacciones realizadas por el programa se obtienen valores representativos que son graficados de manera que los resultados sean ilustrados y analizados para demostrar cada una de las hipótesis.

### **3.5 Estrategia para la prueba de hipótesis**

#### **3.5.1 Toma de muestra de la señal**

Se inicia con la captura de las señales transmitidas por el Canal 16 de TV PERÚ, que se encuentra a 11.38 Km del Morro Solar, con una antena logarítmica en un rango de frecuencias de 200MHz a 1Ghz, un equipo medidor de cable de antena SiteMaster S362E de la marca ANRITSU de frecuencias de 100KHz a 6GHz, que se usa como analizador de frecuencias y los datos obtenidos fueron adjuntados en el archivo output160.txt.

Como se puede observar en los diagramas de flujo del gráfico 3.1 y gráfico 3.2 desarrollado que se presenta a continuación, el cálculo en el programa para el Método FMCE y LAD inicia con la carga del archivo que contiene el dato de la señal (output160.txt), luego se genera la señal a detectar definiendo la matriz de dato, así como la generación de ruido.

#### **3.5.2 Aplicación de los métodos a las señales capturadas**

En este ítem, se va a revisar el análisis de la implementación realizada para el cada uno de los Métodos Energía basado en 2 umbrales y 1 umbral . Para LAD, se muestra el siguiente diagrama de flujo:

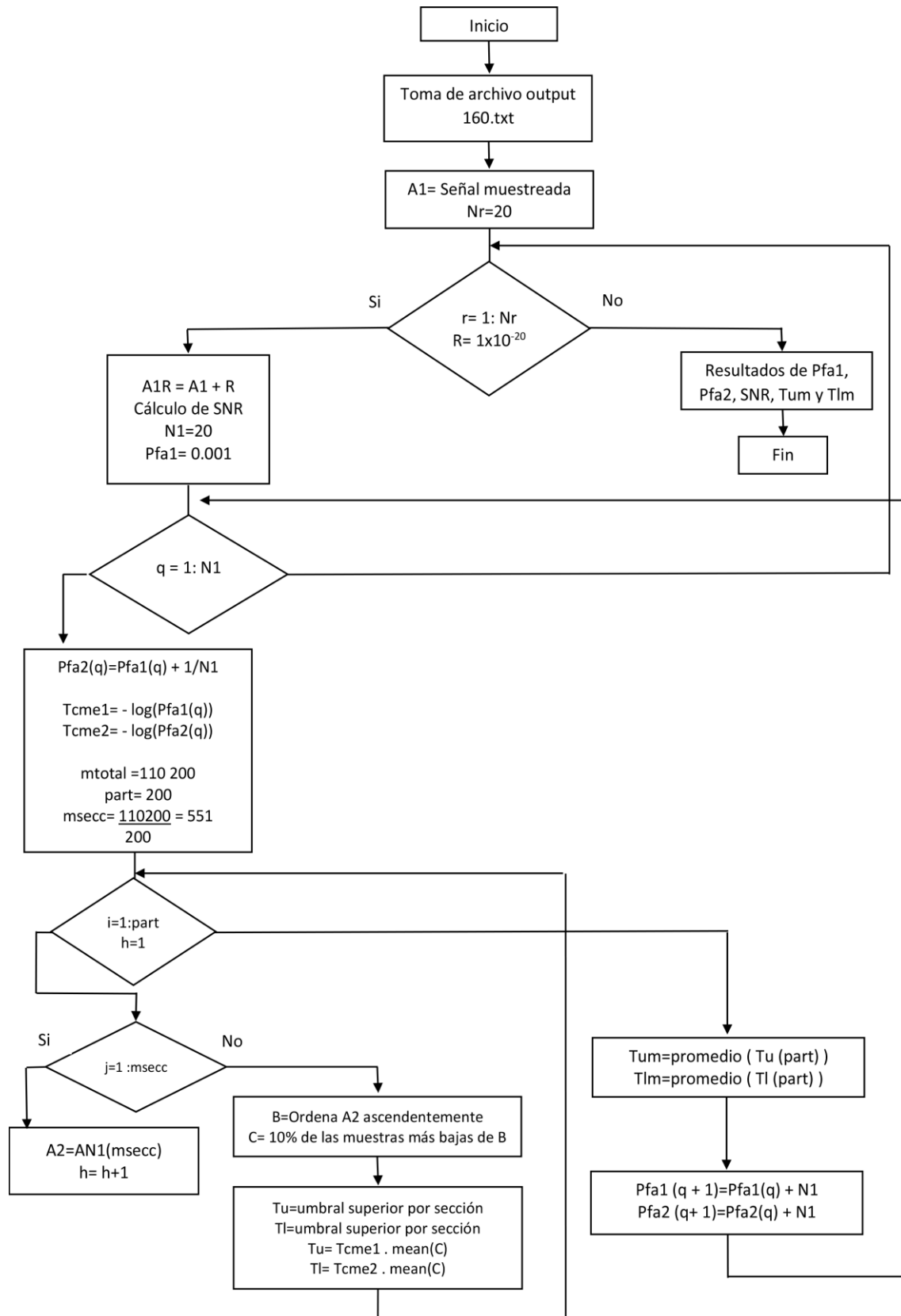


Gráfico 3.5 Diagrama de Flujo de LAD

Para FCME se muestra el siguiente diagrama de flujo:

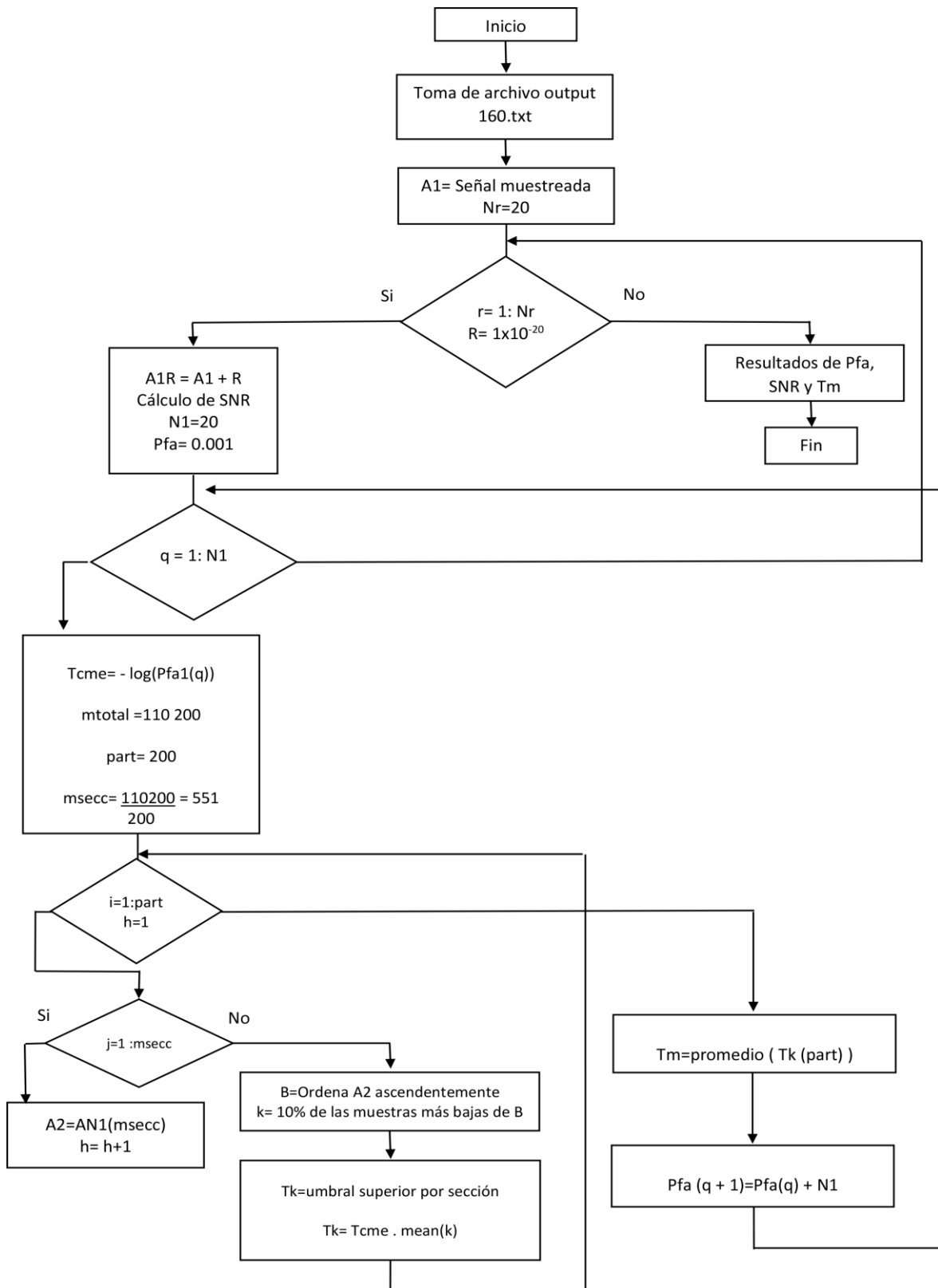


Gráfico 3.6 Diagrama de Flujo de FCME

Dado que se dispone de la señal que se desea sensar, posterior a la carga del archivo output160.txt, se inicia el desarrollo del algoritmo; para ello se define el vector A1 que contiene la señal muestreada y se asigna valores del 1 al 20 a “r”, para realizar las iteraciones que asignan el aumento del ruido (R) en el programa Matlab:

$r=1:1, r=1:2, r=1:3, \dots, r=1:20$

Se define el valor del ruido inicial (R) en  $1 \times 10^{-20}$ , el cual se agrega al vector A1 definiéndose A1R, que contiene la señal muestreada combinada con el ruido que aumenta con cada iteración y que permite el cálculo del SNR.

Para el Método Basado en el Doble Umbral, se considera el valor de la “Probabilidad de Falsa Alarma 1” (Pfa1) en 0.001 y la “Probabilidad de Falsa Alarma 2” (Pfa2) que depende del valor de Pfa1 y de las iteraciones de “q”, que al igual que “r”, varía del 1 a 20:  $q=1:1, q=1:2, q=1:3, \dots, q=1:20$ . Por cada iteración de “q” se hallan los valores de Pfa1 y Pfa2.

Como siguiente paso, se inicia el cálculo de dos parámetros Tcme, propios del Método LAD (Gráfico 3.5), en función de Pfa1 y Pfa2, obteniendo Tcme1 para el umbral superior y Tcme2 para el inferior; tal como se define en las ecuaciones 6 y 7, descritas en el marco teórico.

La aplicación de los algoritmos de FCME y LAD se realiza sobre una muestra total “mtotal” de 110200, considerando 200 partes “part” en que se divide a “mtotal”, obteniendo 551 muestras por cada “part” definido como “msecc”.

Considerar que en cada iteración se calcula el umbral para cada Pfa (q) y SNR (r) y cuando finaliza el cálculo de todos los Pfa, el valor del ruido R aumenta.

A continuación se calcula un vector A2, que contiene las 551 muestras de una sección “i”, la cual es ordenada ascendentemente en función de su energía obteniendo el vector B y tal como se indica en el marco teórico se procederá a

seleccionar del vector B, la décima parte de las muestras que cuenten con menor energía obteniendo el vector C. Posterior, a ello se calcula los valores de umbral superior ( $T_u$ ) e inferior ( $T_l$ ) por sección para hallar el valor del umbral a cada  $Pfa1(q)$  y  $Pfa2(q)$  y ruido ( $r$ ), siendo  $T_{um}$  la suma promedio de todos los  $T_u$  y  $T_{lm}$  la suma promedio de todos los  $T_l$  que son en total 200.

Para el caso de Método FCME (Gráfico 3.6), a diferencia de LAD solo se requiere de una Probabilidad de Falsa Alarma ( $Pfa$ ) para el cálculo de un único umbral.

### 3.5.3 Evaluación comparativa de los métodos

El cálculo en Matlab, se realiza variando los valores de “ $r$ ” y “ $q$ ”, el primero por cada iteración asigna el aumento para el ruido y el segundo valor, “ $q$ ” define los componentes de los vectores  $Pfa1$  y  $Pfa2$ .

Para ello, en cada iteración del algoritmo se fue variando el valor de “ $q$ ” :1,2,...,20 para cada “ $r$ ” que también varia en el intervalo de 1 a 20 de la siguiente manera:

r	1:1	1:2			1:19	1:20
q	1:1					

Tabla 3.5 Resultados  $r$ :1,2,...,20 para  $q=1$

r	1:1	1:2			1:19	1:20
q		1:2				

Tabla 3.6 Resultados r:1,2,...,20 para q=2

Para un mejor análisis de los efectos del ruido se ordena los cambios de “r” para un mismo “q”, tal como lo indica la tabla 3.5, y se obtiene un valor de Pfa, Tcme, umbral, SNR y ruido diferente por cada iteración. Para determinar el valor de Pfa que se define como un vector y SNR como escalar, que indica un vector Pfa para cada SNR (ver gráficos 3.7 y 3.8), se considera para la combinación r=1:1 y q=1:1 tomar la columna 1 del resultado mostrado.

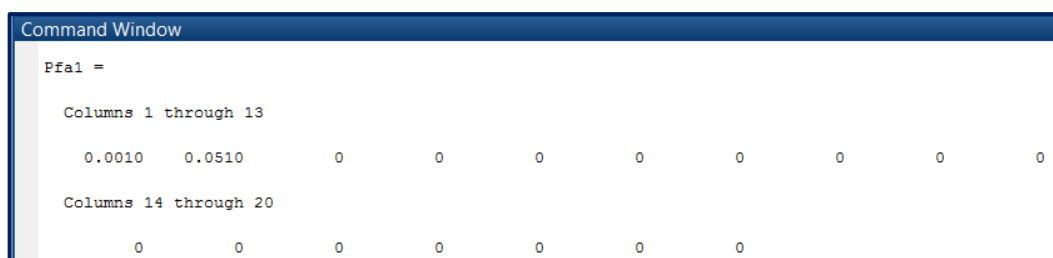


Gráfico 3.7 Pfa para r=1:1 y q=1:1

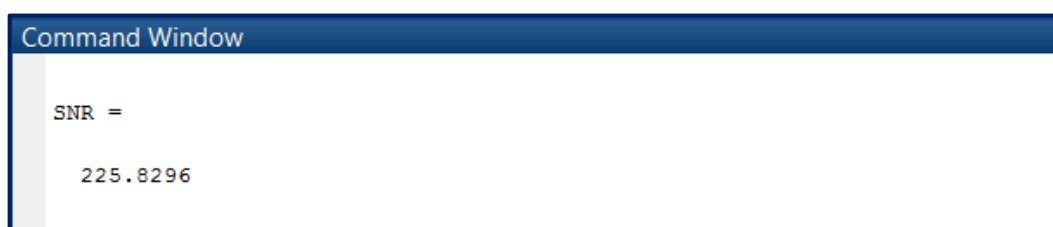


Gráfico 3.8 SNR para r=1:1 y q=1:1

Para la combinación  $r=1:2$  y  $q=1:1$  tomar la columna 1 del resultado mostrado de Pfa y la columna 2 del resultado de SNR.

```
Command Window

Pfa1 =

Columns 1 through 13
    0.0010    0.0510         0         0         0         0         0         0         0

Columns 14 through 20
         0         0         0         0         0         0         0
```

Gráfico 3.9 Pfa para  $r=1:2$  y  $q=1:1$

```
Command Window

SNR =

    225.8231    211.8007
```

Gráfico 3.10 SNR para  $r=1:2$  y  $q=1:1$

Continuar sucesivamente con este procedimiento, y considerar como recomendación colocar CLEAR en MATLAB posterior a cada corrida del programa para evitar que el programa guarde valores de la anterior simulación.

Concluida las iteraciones los resultados muestran que al aumentar el valor de “q” aumenta el Pfa1 y Pfa2 y al aumentar “r”, también se incrementa los valores del componente de los vectores Pfa1 y Pfa2.

Como siguiente paso, con los datos obtenidos se forma el cuadro de resultados, adjunto en los Anexos 3 y 4. Con el fin de mejorar los cálculos y debido a la



dispersidad se elimina el último dígito decimal, considerando solo 3 dígitos de los 4 mostrados por el programa, posterior a la ejecución del script.

Luego se procede a ordenar los valores de menor a mayor para cada Pfa, que se muestra en los Anexos 5 y 6, para continuar con el desarrollo de los gráficos que se muestra en el desarrollo de la tesis.

### 3.6 Análisis y Muestra de Resultados

#### 3.6.1 Análisis de la Relación Señal Ruido en función a la Probabilidad de Falsa Alarma

Se realiza la comparación de los valores de la Relación Señal a Ruido para demostrar a que valor o valores de Probabilidad de Falsa Alarma opera mejor una de las técnicas de detección de espacios en blanco; para ello se introduce valores de ruido a ambos métodos para evaluar un escenario de baja SNR:

	LAD	FCME	
Pfa	SNRI	SNR	Diferencia
0.001	100.001	99.972	0.029
0.051	100	99.976	0.024
0.101	113.983	99.985	13.998
0.151	113.979	99.998	13.981
0.201	100.026	100.007	0.019
0.251	99.987	100.01	-0.023
0.301	99.992	100.014	-0.022
0.351	100.007	99.999	0.008
0.401	113.948	97.998	15.95
0.451	127.943	113.999	13.944
0.501	113.957	113.966	-0.009
0.551	113.975	113.962	0.013
0.601	99.948	99.972	-0.024
0.651	99.988	100.003	-0.015
0.701	99.977	99.977	0
0.751	100.016	99.934	0.082
0.801	100.003	99.987	0.016
0.851	100.007	99.975	0.032
0.901	113.948	113.942	0.006

Tabla 3.7 Resultados de SNR en función a Pfa en el Método LAD y FCME

### Resultados para Método LAD y FCME

Se observa que el empleo del método LAD tiene mejor SNR a mayores Probabilidades de Falsa Alarma (Pfa) a partir de 0.7.

### 3.6.2 Análisis de los Umbrales con la Probabilidad de Falsa Alarma cuando el SNR es constante

Se analiza los umbrales a fin de determinar sus valores para la decisión de detección de señal o de ruido según corresponda.

### Resultados para Método LAD

Pfa	TUM	TLM	Pfa	TUM	TLM
0.001	-89.007	-92.664	0.501	-99.005	-99.648
0.051	-92.664	-93.797	0.551	-99.648	-100.332
0.101	-93.797	-94.635	0.601	-100.332	-101.073
0.151	-94.635	-95.347	0.651	-101.073	-101.895
0.201	-95.347	-95.994	0.701	-101.895	-102.831
0.251	-95.994	-96.606	0.751	-102.831	-103.939
0.301	-96.606	-97.201	0.801	-103.939	-105.323
0.351	-97.201	-97.792	0.851	-105.323	-107.22
0.401	-97.792	-98.39	0.901	-107.22	-110.39
0.451	-98.39	-99.005			

Tabla 3.8 Resultados de TUM, TLM en función a Pfa en el Método LAD

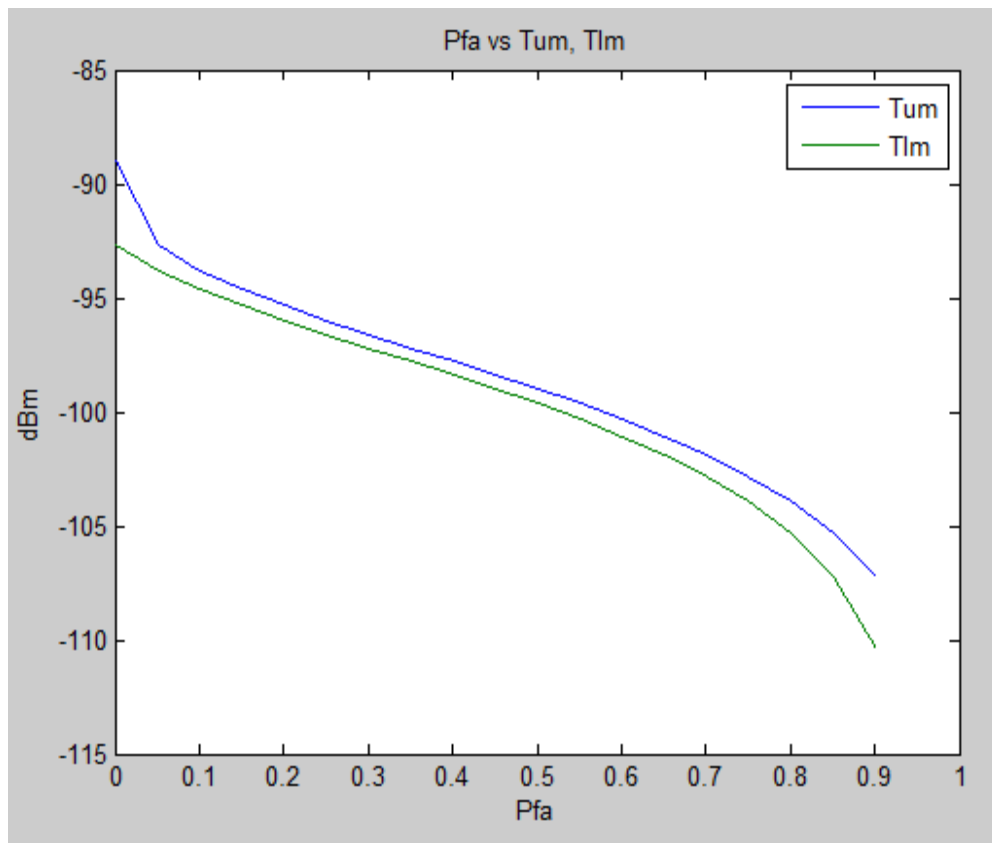


Gráfico 3.11 Pfa vs TUM, TLM en el Método LAD

Se aprecia que LAD detecta los valores de señal en el umbral superior (TUM) que inicia en -89.007 dBm hasta los -107.2 dBm y detecta las potencia de ruido por debajo del valores de umbral inferior (TLM) en -92.66 dBm y disminuye hasta -110.4 dBm.

Los umbrales decaen en función a los valores de Probabilidad de Falsa Alarma (Pfa), si aumentan los valores de Pfa ambos umbrales descienden. En este descenso se observa que la diferencia de umbrales se mantiene constante en el intervalo de Pfa 0.1 y 0.8. siendo una zona de linealidad.

## Resultados para Método FCME

Pfa	TM	Pfa	TM
0.001	-89.007	0.501	-99.005
0.051	-92.664	0.551	-99.648
0.101	-93.797	0.601	-100.33
0.151	-94.635	0.651	-101.07
0.201	-95.347	0.701	-101.9
0.251	-95.994	0.751	-102.83
0.301	-96.606	0.801	-103.94
0.351	-97.201	0.851	-105.32
0.401	-97.792	0.901	-107.22
0.451	-98.39	0.951	-110.39

Tabla 3.9 Resultados de TM en función a Pfa en el Método FCME

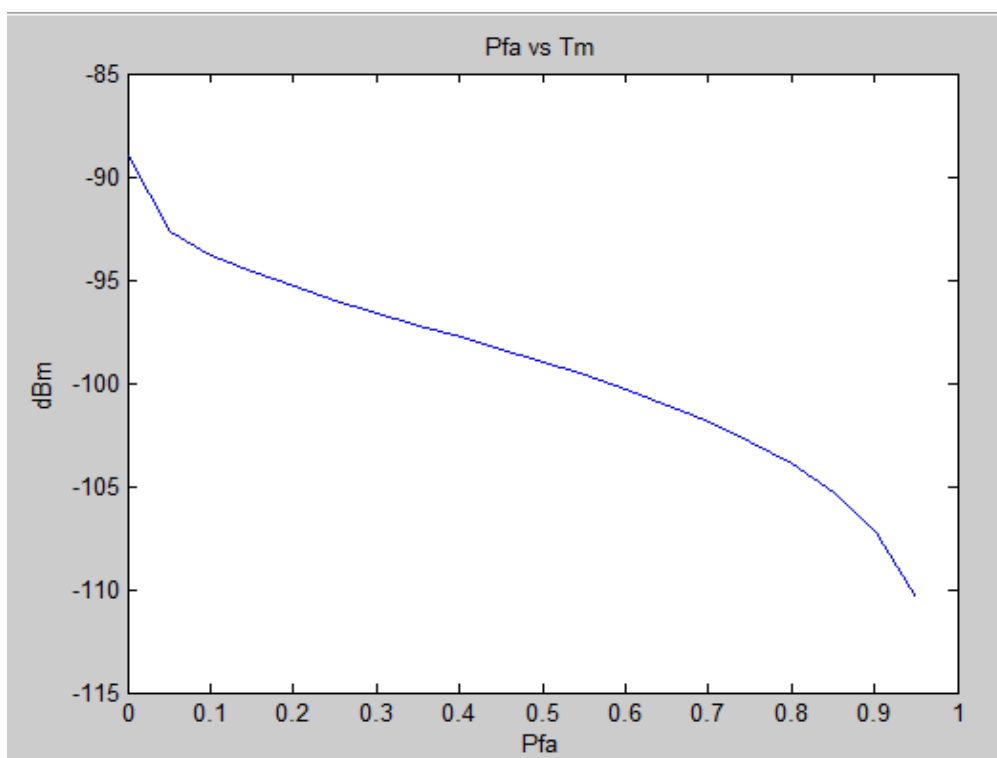


Gráfico 3.12 Pfa vs TM en el Método FCME

Se aprecia que el umbral (TM) inicia en -89.007 dBm y desciende hasta -110.4 dBm detecta los valores de señal y ruido. A medida que los valores de Pfa aumentan los valores del umbral descienden.

### Resultados para Método LAD y FCME

	LAD	FCME	
Pfa	TLM	TM	Diferencia
0.001	-92.664	-89.007	3.657
0.051	-93.797	-92.664	1.133
0.101	-94.635	-93.797	0.838
0.151	-95.347	-94.635	0.712
0.201	-95.994	-95.347	0.647
0.251	-96.606	-95.994	0.612
0.301	-97.201	-96.606	0.595
0.351	-97.792	-97.201	0.591
0.401	-98.39	-97.792	0.598
0.451	-99.005	-98.39	0.615
0.501	-99.648	-99.005	0.643
0.551	-100.332	-99.648	0.684
0.601	-101.073	-100.332	0.741
0.651	-101.895	-101.073	0.822
0.701	-102.831	-101.895	0.936
0.751	-103.939	-102.831	1.108
0.801	-105.323	-103.939	1.384
0.851	-107.22	-105.323	1.897
0.901	-110.39	-107.22	3.17

Tabla 3.10 Resultados de Diferencia de TLM y TM en el Método LAD y FCME

Se observa que el TLM LAD es menor que el TM FCME, esto permite a LAD discriminar a los ruidos más pequeños, mientras que los valores del TUM y TM son iguales por lo que la discriminación de la señal es igual en ambos métodos.

### 3.6.3 Análisis de la Relación Señal a Ruido con los umbrales en función a la Probabilidad de Falsa Alarma

Se realiza para determinar si en condiciones de valor de umbral constante la relación señal a ruido (SNR) se ve afectada.

#### Resultados para Método LAD

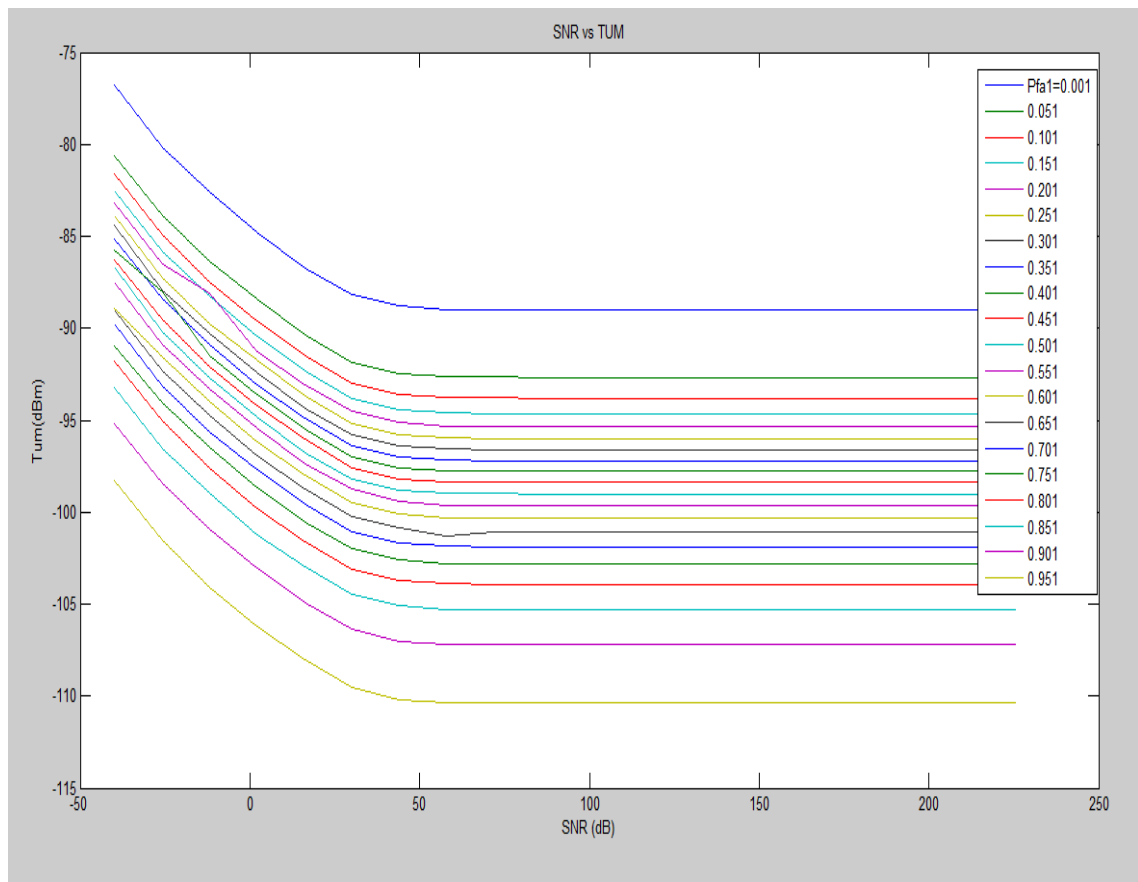


Gráfico 3.13 SNR vs TUM en función a la Pfa en el Método LAD

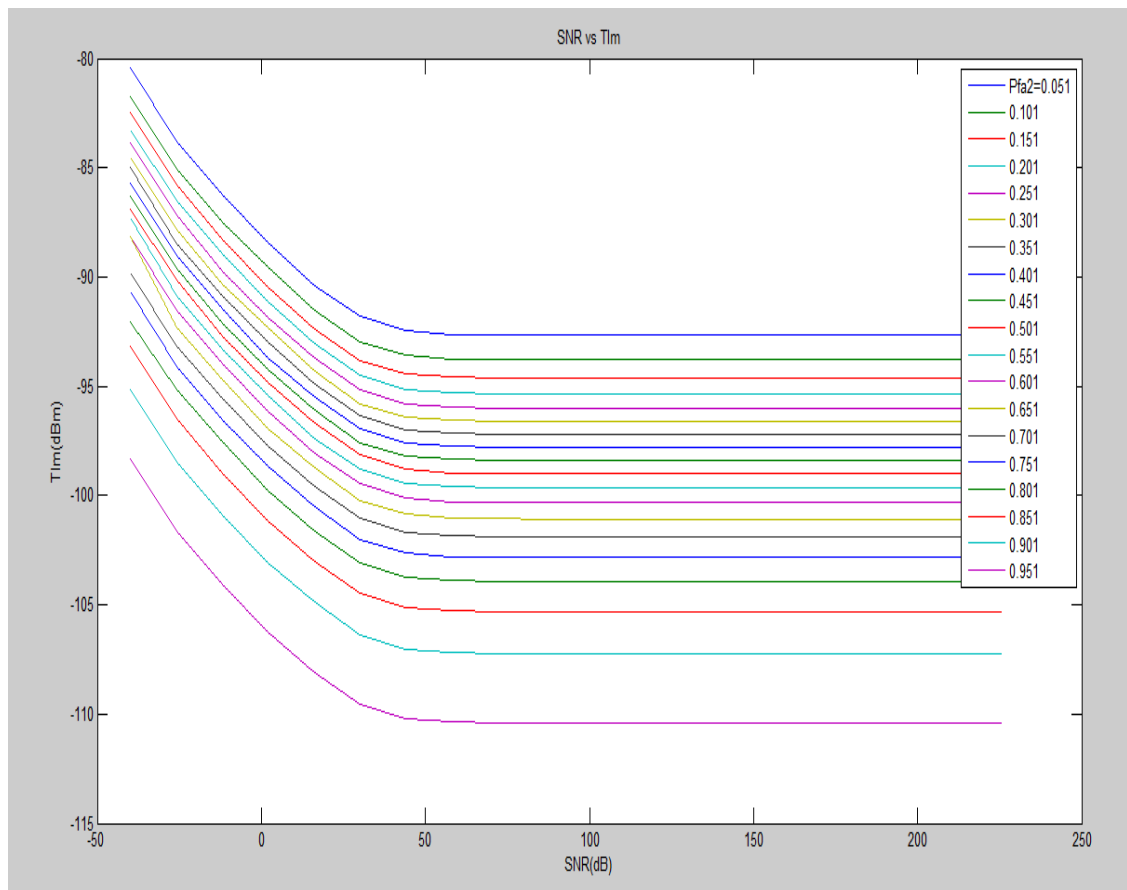


Gráfico 3.14 SNR vs TLM en función a la Pfa en el Método LAD

Se aprecia que para cualquier valor Probabilidad de Falsa Alarma (Pfa), los valores de umbral superior (TUM) e inferior (TLM) decaen en función a la Relación Señal a Ruido (SNR) desde los -39 dB hasta los 58 dB, en adelante hasta los 225.8 los umbrales superior e inferior permanece constante.

### **Resultados Para Método FCME**

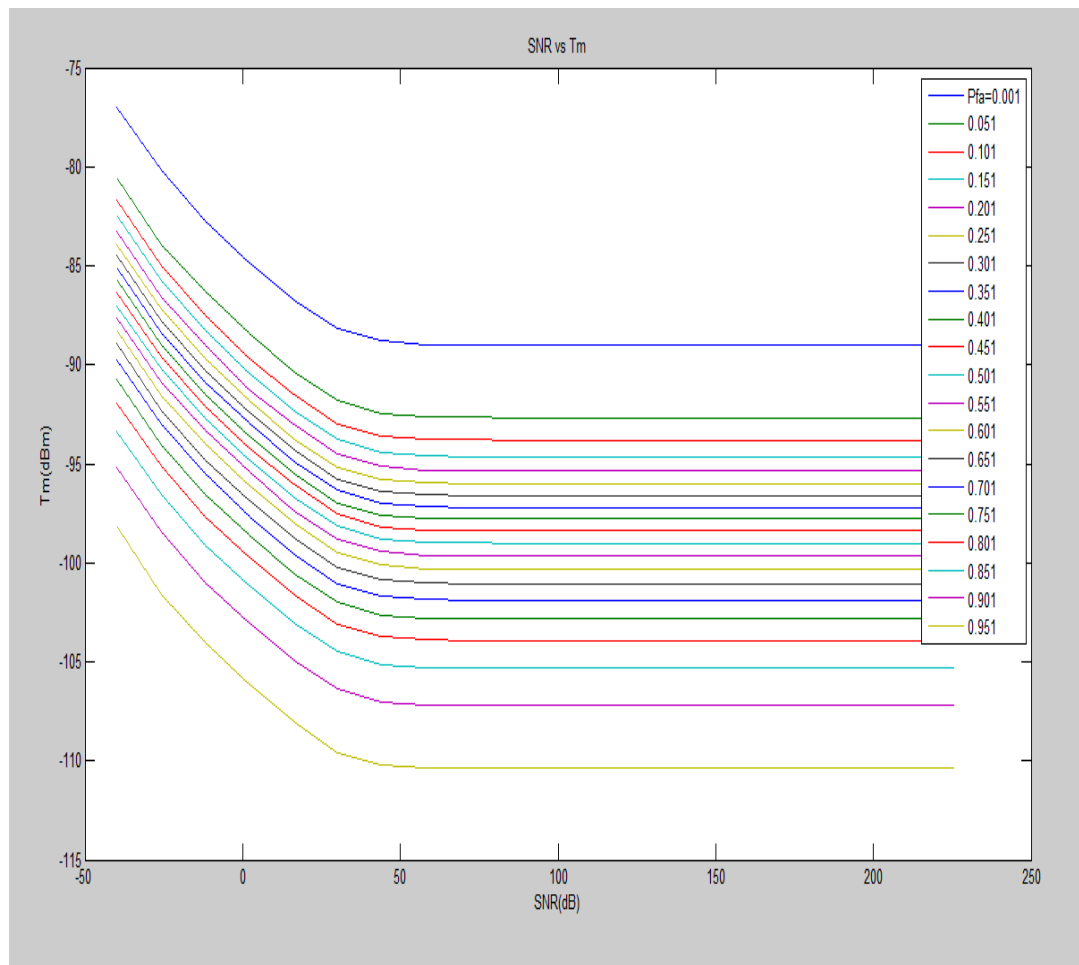


Gráfico 3.15 SNR vs TM en función a la Pfa en el Método FCME

Se muestra que al igual que LAD, para cualquier valor Probabilidad de Falsa Alarma, el valor de umbral (TM) decaen en función a la Relación Señal a Ruido (SNR) desde los -39 dB hasta los 58 dB, en adelante se mantiene constante hasta un valor aproximado de 225.79 dB.

### **Resultados para Método LAD y FCME**

Los gráficos muestran que los valores de los umbrales decaen mientras aumenta la SNR para ambos métodos, esto se debe a que el ruido se va haciendo pequeño, tal como se muestra en el ANEXO 3 y 4.



Estos resultados se generaron a raíz de la iteración del valor del ruido en el programa, obteniendo que el valor de ruido decrece así como los umbrales y el SNR crece.

### 3.6.4 Análisis de tiempo de procesamiento

#### Para el Método de LAD



Gráfico 3.16 Tiempo de cálculo Método LAD

Se evidencia que Matlab emplea un tiempo de procesamiento para el Método LAD de 0.011 segundos.

### Para el Método de FCME

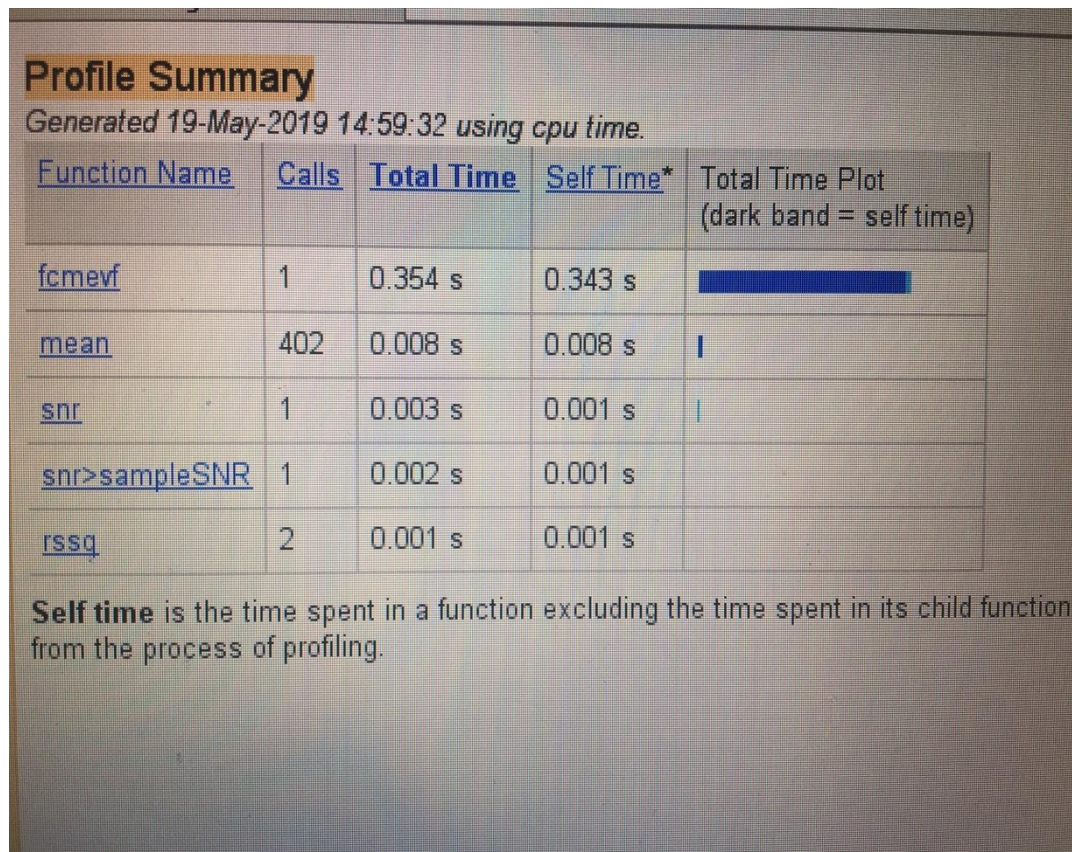


Gráfico 3.17 Tiempo de cálculo Método FCME

Se muestra que Matlab emplea un tiempo de procesamiento para el Método FCME de 0.008 segundos.

LAD	FCME	
tiempo (seg)	tiempo (seg)	Porcentaje
0.012	0.008	33.33%

Tabla 3.11 Resultado de tiempo de procesamiento

### 3.7 Estudio Teórico de la Detección de los Espacios Blanco

En este punto se evalúa los umbrales obtenidos, que permite detectar los espacios blancos, para ello se considera el umbral superior TUM correspondiente a los valores de las Probabilidades de Falsa Alarma (Pfa) mayores o igual a 0.7.

En el gráfico 3.18 se muestra al espectro de la señal del canal 16 (azul) y el umbral TUM en líneas punteadas (rojo), se aprecia que desde el punto “a” hasta el “b” hay muestras que no logran pasar el umbral TUM (están por debajo), generándose un espacio blanco (hueco) en el espectro de la señal.

Los valores que están fuera de los puntos “a” y “b” son considerados como ruido por el segundo umbral TLM, estos corresponden al espacio de guarda que se considera en el espectro de las señales de TDT. Los demás gráficos corresponden a diferentes umbrales tomados.

En la tabla 3.12 figura la cantidad de espacios blancos obtenidos de acuerdo a los umbrales TUM y Pfa, se aprecia que a menor valor de umbral menores espacios blancos tenemos.

Esto comprueba que los valores de Pfa obtenidos por el método LAD permite la detección de los espacios blancos, siendo su valor óptimo el de 0.7.

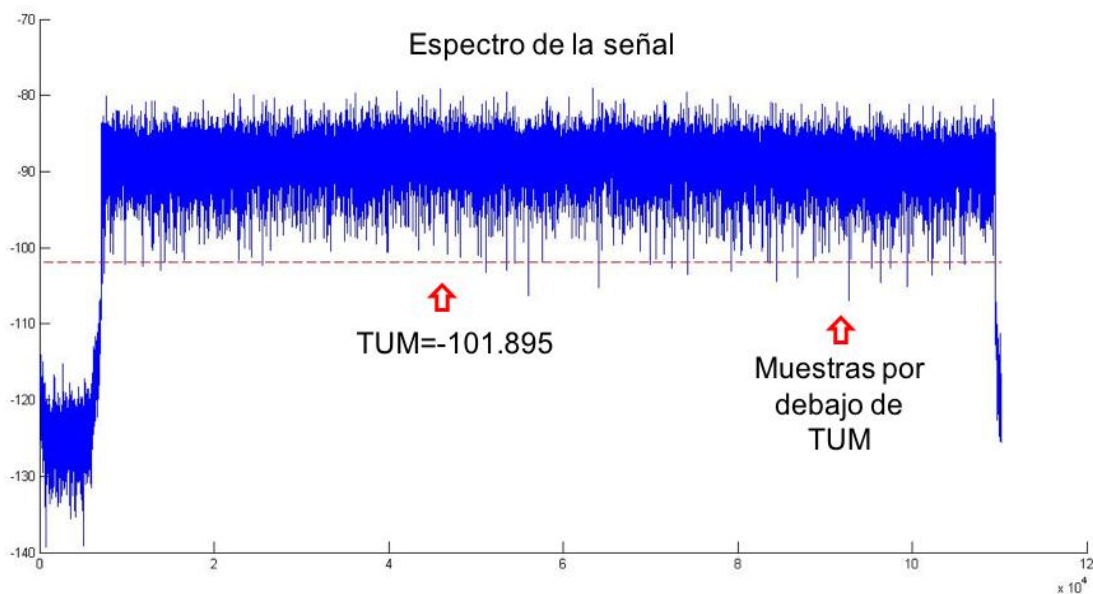


Gráfico 3.18 Espacio Blanco para TUM=-101.895



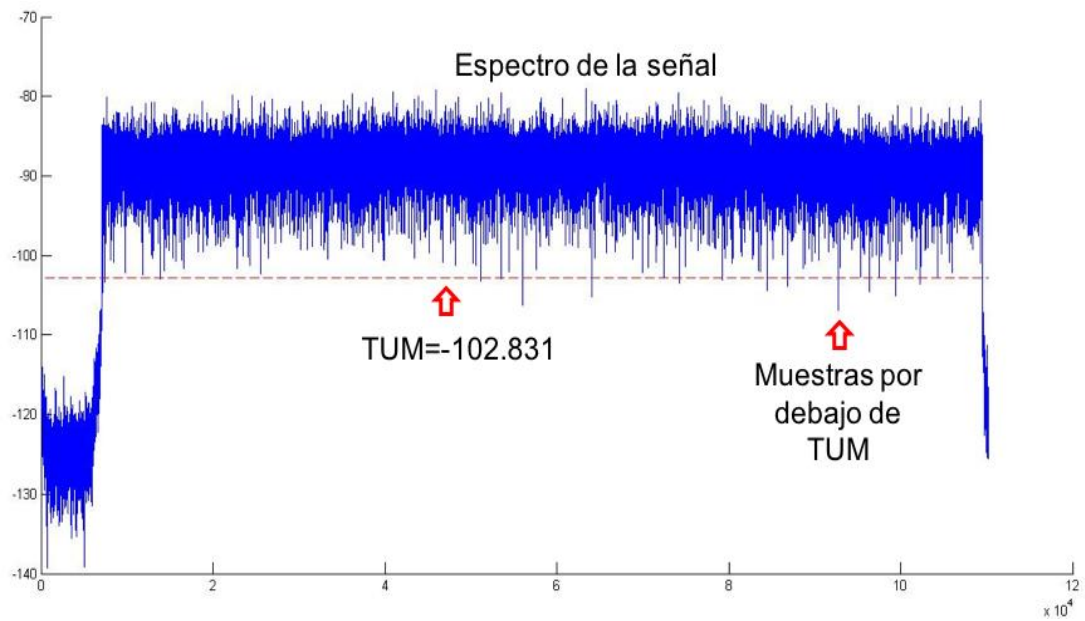


Gráfico 3.19 Espacio Blanco por TUM=-102.831

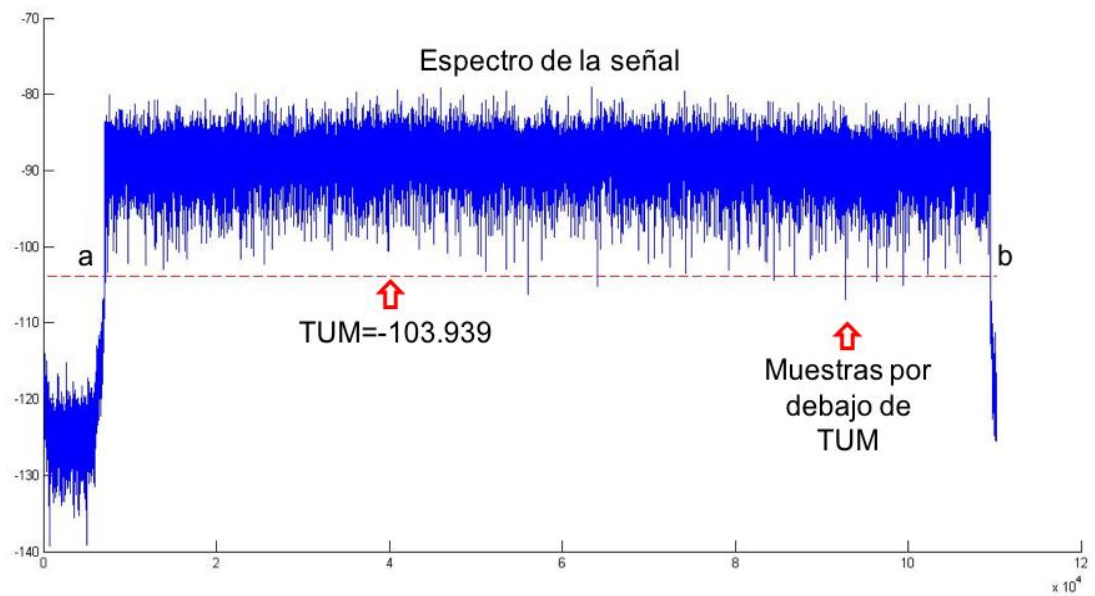


Gráfico 3.20 Espacio Blanco por TUM=-103.939

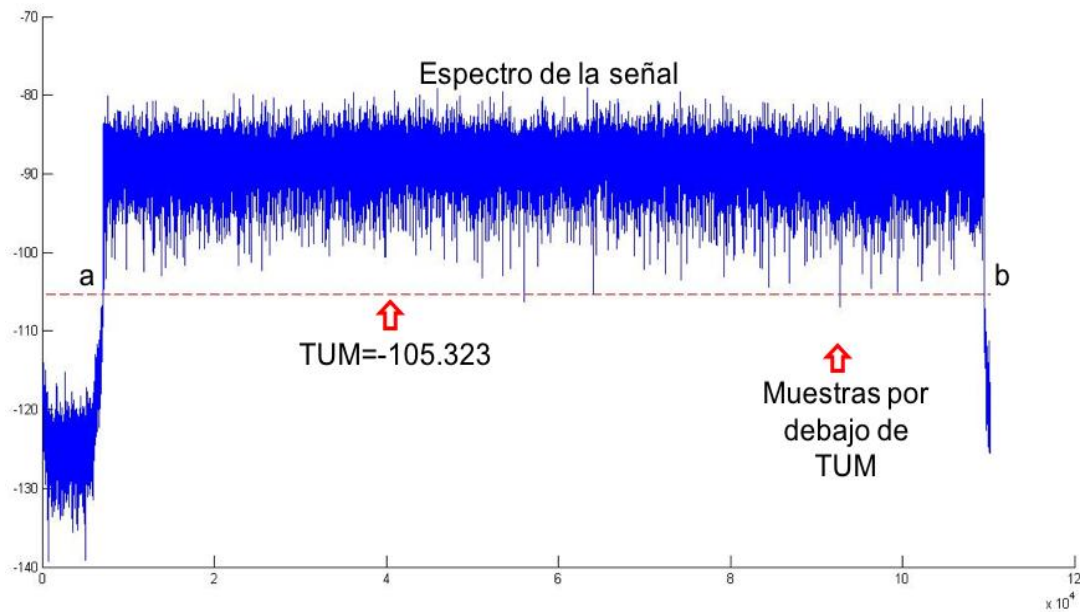


Gráfico 3.21 Espacio Blanco por TUM=-105.323

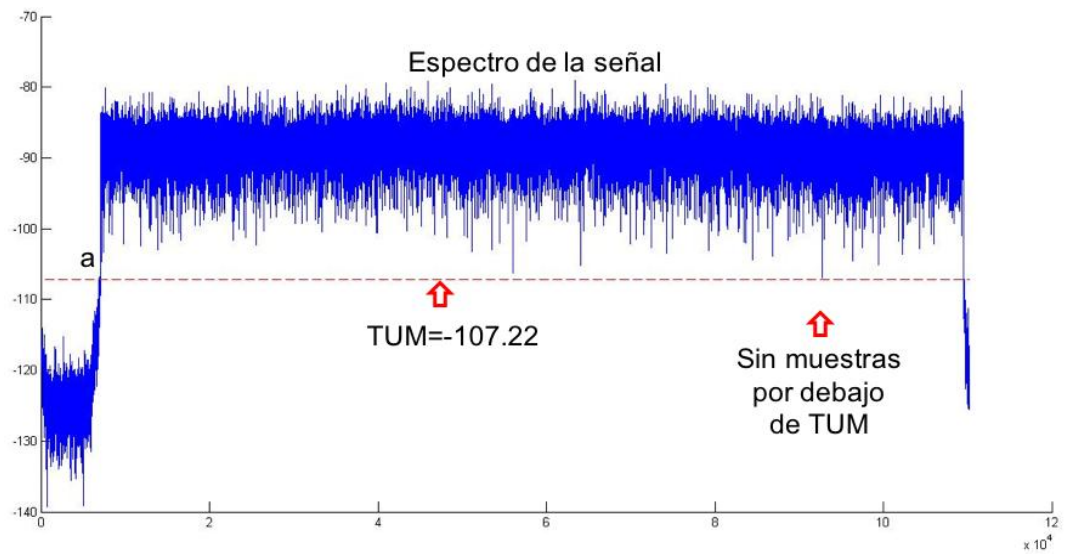


Gráfico 3.22 Espacio Blanco por TUM=-107.22

Pfa	TUM	#Espacios
0.701	-101.895	25
0.751	-102.831	14
0.801	-103.939	6
0.851	-105.323	2
0.901	-107.22	0

Tabla 3.12 Resultados del TUM vs Espacios Blanco

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos, posibilita establecer que el empleo del Método LAD aplicado a la TDT para la detección de espacios en blanco opera de manera adecuada en condiciones de bajo SNR en escenarios donde la Probabilidad de Falsa Alarma mayores a 0.7.

Los valores del umbral inferior calculados en la investigación indican que el Método LAD mejora la decisión de detección de existencia de ruido a partir de los -92.66 dBm, en comparación con el método FCME que es -89.007 dBm.

En condiciones de los valores umbral bajo de LAD, posibilita al método determinar la presencia de ruido, para cualquier valor de Relación Señal Ruido (SNR) a partir de los 58dB.

El Método LAD cuenta con una menor eficiencia y oportunidad en la detección de espacios en blanco dado que cuenta con un tiempo de procesamiento superior en un 33.3 %.

A la fecha el uso de espacios en blanco del espectro radioeléctrico no cuenta con una regulación definida por parte del estado peruano; por tanto, la investigación sirve como aporte para generar un conocimiento sobre las condiciones que debe contar para la aplicación de método de detección de energía en el escenario de la TDT Perú.

## **RECOMENDACIONES**

A fin de mantener el comportamiento del Método LAD para la detección de espacios en blanco en condiciones de bajo SNR es necesario que se prevea su aplicación a valores menores de Probabilidad de Falsa Alarma que el límite establecido en la investigación.

Para efectos de aplicar las técnicas de detección de energía a otras bandas del espectro radioeléctrico, a fin de evitar que el ruido afecte la decisión de detección y se confunda como señal, es conveniente que se definan valores de umbral menores que el umbral inferior del Método LAD.

Para garantizar que el Método LAD mantenga los valores de umbrales constantes para cualquier valor de Relación Señal Ruido (SNR) sin afectarlo se debe verificar contar con un valor mínimo de 58dB.

A fin de evitar que se dilate el tiempo de procesamiento se recomienda hacer uso de una herramienta de cálculo de igual o similares características que el utilizado en la investigación.

## ANEXO 1: ALGORITMO LAD

```

clc, clear A1
close

%%%%%%%%%% Toma de datos de la señal
load output160.txt %Carga el nombre del archivo que contiene el dato de
la señal
ESPECTRO= output160(:, :); %Definición de la matriz dato de la señal
seccion=200; % Filas de la matriz
muest= 551; % Columnas de la matriz
k=1;
for i=1:seccion
    for j=1:muest
        A(1,k)=ESPECTRO(i,j); % Conversión de la matriz a datos continuos
vrs muestras
        k=k+1; % Cantidad de muestras
    end
end

Pmw=10.^(A.*0.1); %Convertir de dBm a mW
A1=Pmw; % Dato señal a analizar

R=1.0000e-20;
Nr=20;
for r=1:2 % r es la iteración general y nos asigna el aumento para el
valor del Ruido

    ruido = abs(R*randn(size(A1)));
    R=R*5;
    ruidopro=mean(ruido);
    ruidoprodB=10*log10(abs(ruidopro));
    A1N = A1 + ruido;
    A1NdB=10.*log10(A1N);
    SNR(r) = snr(A1,ruido); %SNR en dB

%%%%%%%%%% Aplicación del algoritmo LAD en base a CME

%%%%%%%%%% Calculo de los Tcme1 Tcme2
N1=20;
Pfa1=zeros(1,N1);
Pfa2=zeros(1,N1);
Pfa1(1)= 0.001;% Probabilidad de falsa alarma para el Tu (umbral superior)
for q= 1:1 % q es la iteración para hallar los valores de los Pfa,
aumentando Pfa1 y Pfa2 en simultaneo.
Pfa2(q)= Pfa1(q) + 1/N1; % Probabilidad de falsa alarma para el Tl (umbral
inferior)
Tcme1= -log(Pfa1(q)); % El umbral Tcme1 (CME Consecutive Mean Excicion se
utilizara con Tu
Tcme2= -log(Pfa2(q)); % El umbral Tcme2 se utilizara con Tl

```



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Calculo de los umbrales
mtotal= 1:110200; % Vector de las muestras total 110200 en los 6MHz
part=200;% N'úmero de partes que dividiremos a x
msecc=length(mtotal)/part;% Número de muestras por sección
Tum=zeros(1,part); % Valores del umbral superior por secciones
Tlm=zeros(1,part); % Valores del umbral inferior por secciones
A2=zeros(1,msecc);
for i= 1:part % i en conjunto con j calcula los valores de los umbrales
para cada Pfa1 y Pfa2
    h=1;
    for j= (i-1)*msecc + 1: (i-1)*msecc + msecc % j en conjunto con i
calcula los valores de los umbrales para cada Pfa1 y Pfa2
        A2(1,h)=A1N(1,j);
        h=h+1;
    end

    %%ORDENAMIENTO DE MUESTRAS
    [B,indexj]=sort(A2(1,:)); %Ordena de menor a mayor, se obtiene el
vector B. La posición de cada valor (Bij) es indicado por index
    C=B(1:round((0.01*length(B)))); % Es una muestra de la decima
parte de B.
    %Calculo de umbral superior
    flag=1;
    Tu=0;
    while (flag)
        Tu_old=Tu;
        Tu=Tcme1*mean(C); % Calculo del umbral superior
        if(Tu==Tu_old || length(B(B<Tu))<=length(B(B<Tu_old)))
            flag = 0;
        end
    end
    Tum(1,i)=Tu; % Determina un vector que tiene los Tu de las partes
    Cu=B(B<Tu); % Los valores de Bi menores que el Tu
    mu=length(Cu);
    % Calculo del umbral inferior
    flag=1;
    Tl=0;
    while (flag)
        Tl_old=Tl;
        Tl=Tcme2*mean(C); % Calculo del umbral inferior
        if(Tl==Tl_old || length(B(B<Tl))<=length(B(B<Tl_old)))
            flag = 0;
        end
    end
    Tlm(1,i)=Tl; % Determina un vector que tiene los Tl de las 200
partes
    Cl=B(B<Tl);
    m1=length(Cl);
    Pfa1(q+1)=Pfa1(q)+0.05;
end
end
end

```

```
%%%%%%%%%%RESULTADOS
```

```
Pfa1
```

```
Pfa2
```

```
Tcme1
```

```
Tcme2
```

```
Tumpro=10*log10(mean(Tum))
```

```
Tlmp=10*log10(mean(Tlm))
```

```
SNR
```

```
ruidoprodB
```

## ANEXO 2: ALGORITMO FCME

```
clear all

%Toma de datos de la señal
load output160.txt % Carga el archivo que contiene el dato de la señal del
espectro
ESPECTRO= output160(:,:); % Definición de la matriz dato de la señal
seccion=200; % Filas de la matriz
muest= 551; % Columnas de la matriz
l=1;

%%%%%%%%%% Datos de la señal forma continua
for i=1:1:seccion
    for j=1:1:muest
        A(1,l)=ESPECTRO(i,j); % Conversión de la matriz a datos continuos
vrs muestras
        l=l+1;% Cantidad de muestras
    end
end
Pmw=10.^(A.*0.1) % Convertir de dBm a mW
A1=Pmw;
R=1.0000e-20;
Nr=20;
for r=1:1
    %Nr
    ruido = abs(R*randn(size(A1)));
    R=R*5;
    ruidopro=mean(ruido);
    ruidoprodB=10*log10(abs(ruidopro));
    A1N = A1 + ruido;
    A1NdB=10.*log10(A1N);
    SNR(r) = snr(A1,ruido); %SNR en dB

N1=20;
Pfa=zeros(1,N1);
Pfa(1)= 0.001;
for q=1:20 % N1
    Tcme= -log(Pfa(q));% Calculo del umbral
    mtotal= 1:110200;% Vector de las muestras total 110200 en los 6MHz
    part=200; % Número de partes que dividiremos las muestras totales
    msec=length(mtotal)/part; % Número de muestras por sección
    Tk=zeros(1,part); % Vector de Valores de Tk de cada parte
    A2=zeros(1,msec);
    for i=1:part
        h=1;
        for j= (i-1)*msec + 1: (i-1)*msec + msec %Determinamos el
vector cada 551 muestras
            A2(1,h)=A1N(1,j); % Muestras por cada sección
```

```

        h=h+1;
    end
    [B,indexj]=sort(A2(1,:));% Ordena de menor a mayor, se obtiene
    el vector B.
    k=B(1:round((0.01*length(B)))); % Es una muestra de la decima
    parte de B.

    %%Determinación del umbral
    flag=1;
    Tk=0;
    while (flag)
        Tk_old=Tk;
        Tk=Tcme*mean(k); % Calculo del umbral superior
        if(Tk==Tk_old ||
length(B(B<Tk))<=length(B(B<Tk_old)))% ||=or
            flag = 0;
        end
    end
    Tm(1,i)=Tk; % Determina un vector que tiene los Tu de las
    partes
    Cu=B(B<Tk); % Los valores de Bi menores que el Tu
    Pfa(q+1)=Pfa(q)+0.05;
end
end

%%RESULTADOS
Pfa
Tcme
Tm=10*log10(mean(Tm))
SNR
ruidoprodB
plot(10*log10(A1N))

```

### ANEXO 3: RESULTADOS DE SIMULACION LAD

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q	1:1																			
Pfa1	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
Pfa2	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510
Tcme1	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078
Tcme2	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759
Tumpro	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075
Tlmpo	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647
SNR	225.8197	211.8485	197.8457	183.8936	169.8606	155.907	141.9262	127.9594	113.9644	100.0013	85.9951	72.0176	58.0472	44.0433	30.1127	16.1658	2.1319	-11.8568	-25.8279	-39.7942
RUIDO@b	-200.9882	-194.0047	-187.0011	-180.0268	-173.0121	-166.0362	-159.0369	-152.0568	-145.0566	-138.0766	-131.0775	-124.0831	-117.0988	-110.0951	-103.1294	-96.1631	-89.1465	-82.1509	-75.1658	-68.1757

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q	1:2																			
Pfa1	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510
Pfa2	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010
Tcme1	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759
Tcme2	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926
Tumpro	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647
Tlmpo	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976
SNR	225.8133	211.8465	197.8815	183.8912	169.8904	155.8899	141.9442	127.9502	113.9617	100.0000	86.0206	72.0549	58.073	44.0903	30.1223	16.1057	2.1352	-11.8124	-25.8128	-39.8022
RUIDO@b	-200.9794	-194.0058	-187.0266	-180.0249	-173.0234	-166.0239	-159.0503	-152.0556	-145.0623	-138.0784	-131.0864	-124.1085	-117.113	-110.1253	-103.1393	-96.1336	-89.1408	-82.1745	-75.1714	-68.1756

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q			1:3																	
Pfa1	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010
Pfa2	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510
Tcme1	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926
Tcme2	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905
Tumpro	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976
Tlmpo	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352
SNR	225.7666	211.818	197.8500	183.8874	169.9099	155.9238	141.9082	127.9637	113.983	99.9962	86.0417	72.0154	58.0464	44.0302	30.1053	16.1007	2.1296	-11.8543	-25.7854	-39.8033
RUIDO@b	-200.9618	-193.9929	-187.0044	-180.0219	-173.0336	-166.0374	-159.0281	-152.0637	-145.067	-138.0767	-131.1042	-124.0805	-117.097	-110.0906	-103.1333	-96.1261	-89.1371	-82.1518	-75.1845	-68.1788

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q				1:4																
Pfa1	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510
Pfa2	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010
Tcme1	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905
Tcme2	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045
Tumpro	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6351	-94.6348	-94.6334	-94.6264	-94.5929	-94.4266	-93.7929	-92.3295	-90.4118	-88.2294	-85.8187	-82.5925
Tlmpo	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3473	-95.3459	-95.3388	-95.3053	-95.1390	-94.4954	-93.0419	-91.1242	-88.9418	-86.5311	-83.3049
SNR	225.8414	211.7961	197.8866	183.8893	169.9047	155.8945	141.9213	127.9380	113.9791	99.9682	86.0357	71.9944	58.0815	44.0816	30.1024	16.0722	2.1074	-11.8618	-25.8187	-39.7891
RUIDO	-200.9953	-193.9754	-187.0252	-180.0205	-173.0258	-166.03	-159.0416	-152.0441	-145.0659	-138.0631	-131.0961	-124.0782	-117.118	-110.1164	-103.1259	-96.1190	-89.1295	-82.1467	-75.1695	-68.1850

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q					1:5															
Pfa1	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010
Pfa2	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510
Tcme1	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045
Tcme2	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823
Tumpro	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3473	-95.3459	-95.3391	-95.3046	-95.1454	-94.4888	-93.0405	-91.2328	-88.0928	-86.5349	-83.2146
Tlmpo	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9948	-95.9945	-95.9931	-95.9863	-95.9518	-95.7926	-95.1360	-93.6878	-91.8800	-89.7400	-87.1822	-83.8619
SNR	225.7947	211.8327	197.8705	183.8823	169.8568	155.8798	141.9255	127.9649	113.9774	100.0266	85.9952	72.0578	58.0664	44.0876	30.0944	16.1312	2.1582	-11.8376	-25.8283	-39.7961
RUIDO	-200.98	-193.9893	-187.0079	-180.0231	-173.0077	-166.0182	-159.0433	-152.0571	-145.067	-138.0873	-131.0776	-124.1027	-117.1033	-110.1143	-103.1279	-96.1457	-89.1551	-82.1609	-75.1602	-68.18320

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q						1:6														
Pfa1	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510
Pfa2	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010
Tcme1	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823
Tcme2	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006
Tumpro	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9948	-95.9945	-95.9931	-95.9862	-95.9523	-95.7895	-95.1831	-93.6466	-91.7050	-89.7174	-87.2396	-83.9535
Tlmpo	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6067	-96.6064	-96.6050	-96.5981	-96.5642	-96.4014	-95.7950	-94.3085	-92.3169	-90.3293	-87.8515	-84.5654
SNR	225.8238	211.7784	197.8738	183.8768	169.8734	155.9156	141.9163	127.9622	113.9543	99.9879	86.0242	72.0291	58.0696	44.0786	30.1042	16.1103	2.1595	-11.8462	-25.8198	-39.774
RUIDO	-200.9883	-193.9694	-187.0163	-180.014	-173.0145	-166.0335	-159.0337	-152.0572	-145.0594	-138.071	-131.0853	-124.0937	-117.1113	-110.1196	-103.1255	-96.1313	-89.1559	-82.1581	-75.1697	-68.1915

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q							1:7													
Pfa1	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010
Pfa2	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510
Tcme1	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006
Tcme2	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470
Tumpro	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6067	-96.6064	-96.6050	-96.5978	-96.5632	-96.4045	-95.7761	-94.3274	-92.3878	-90.2720	-87.9174	-84.3719
Tlmpo	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2015	-97.2012	-97.1998	-97.1926	-97.1581	-96.9993	-96.3709	-94.9222	-92.9826	-90.8668	-88.5122	-84.9667
SNR	225.7824	211.8538	197.8453	183.8876	169.8672	155.9371	141.9164	127.9403	113.9642	99.9924	85.9981	72.038	58.054	44.0756	30.095	16.0965	2.1428	-11.8268	-25.8508	-39.7963
RUIDO	-200.9706	-194.0053	-187.0014	-180.0198	-173.01	-166.0414	-159.0371	-152.0436	-145.0624	-138.0749	-131.085	-124.092	-117.1013	-110.1146	-103.1284	-96.1268	-89.1520	-82.1703	-75.1572	-68.1821

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q								1:8												
Pfa1	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510
Pfa2	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010
Tcme1	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470
Tcme2	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138
Tumpro	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2015	-97.2012	-97.1998	-97.1927	-97.1582	-97.0007	-96.3591	-94.8719	-93.0853	-90.8781	-88.4242	-85.1270
Tlmpo	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7921	-97.7907	-97.7836	-97.7490	-97.5915	-96.9500	-95.4628	-93.6762	-91.4690	-89.0151	-85.7178
SNR	225.8226	211.8415	197.8478	183.8619	169.8625	155.9309	141.9554	127.9590	113.9873	100.0079	86.025	72.0332	58.0281	44.0785	30.1126	16.1225	2.1321	-11.81830	-25.8059	-39.7935
RUIDO	-200.9876	-193.9992	-187.0022	-180.0079	-173.0140	-166.0459	-159.0577	-152.0650	-145.0711	-138.0789	-131.0872	-124.0974	-117.0883	-110.1149	-103.1346	-96.1365	-89.144	-82.1733	-75.1765	-68.1875

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q									1:9											
Pfa1	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010
Pfa2	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510
Tcme1	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138
Tcme2	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963
Tumpro	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7921	-97.7906	-97.7833	-97.7500	-97.5871	-96.9684	-95.4998	-93.6305	-91.4975	-88.0233	-85.7271
Tlmpo	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3901	-98.3898	-98.3884	-98.3811	-98.3477	-98.1849	-97.5661	-96.0976	-94.2283	-92.0952	-89.6211	-86.3249
SNR	225.7958	211.8244	197.8148	183.8658	169.873	155.9099	141.9038	127.9701	113.9486	100.0000	85.9723	72.0235	58.0719	44.0528	30.0747	16.1373	2.1143	-11.8156	-25.8472	-39.8143
RUIDO	-200.9719	-193.9844	-186.9821	-180.0095	-173.0069	-166.0313	-159.0232	-152.0676	-145.0503	-138.0795	-131.0667	-124.0932	-117.1144	-110.1118	-103.1148	-96.1497	-89.1416	-82.164	-75.1595	-68.1763

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q										1:10										
Pfa1	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510
Pfa2	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010
Tcme1	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963
Tcme2	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911
Tumpro	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3901	-98.3899	-98.3883	-98.3815	-98.3472	-98.1866	-97.5859	-96.0475	-94.2176	-92.1036	-89.5527	-86.3068
Tlmpo	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0051	-99.0048	-99.0033	-98.9965	-98.9622	-98.8015	-98.1409	-96.6625	-94.8325	-92.7186	-90.1677	-86.9217
SNR	225.8056	211.8246	197.8478	183.8772	169.8935	155.8995	141.9424	127.9439	113.9738	99.9530	86.0096	72.0048	58.076	44.0739	30.0734	16.0978	2.1238	-11.8802	-25.8076	-39.8155
RUIDO	-200.976	-193.9906	-186.9989	-180.0182	-173.0201	-166.0243	-159.0518	-152.0512	-145.0658	-138.0742	-131.0784	-124.08	-117.1161	-110.1133	-103.1124	-96.1217	-89.1389	-82.1375	-75.1767	-68.1648

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q											1:11									
Pfa1	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010
Pfa2	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510
Tcme1	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911
Tcme2	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960
Tumpro	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0051	-99.0048	-99.0035	-98.9961	-98.9614	-98.7972	-98.1704	-96.7472	-94.7808	-92.6715	-90.2433	-86.7531
Tlmpo	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6482	-99.6479	-99.6466	-99.6392	-99.6046	-99.4403	-98.8135	-97.3903	-95.4239	-93.3146	-90.8864	-87.3962
SNR	225.8	211.829	197.8743	183.8751	169.8777	155.8713	141.9004	127.9655	113.9572	99.9829	86.0029	72.0049	58.0958	44.083	30.0933	16.0768	2.1309	-11.8301	-25.7996	-39.7884
RUIDO	-200.9723	-193.9853	-187.0152	-180.0115	-173.0196	-166.017	-159.0301	-152.0532	-145.056	-138.0679	-131.0785	-124.0839	-117.1199	-110.1238	-103.1266	-96.1194	-89.1418	-82.1629	-75.1868	-68.1801

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q												1:12								
Pfa1	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510
Pfa2	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010
Tcme1	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960
Tcme2	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092
Tumpro	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6482	-99.6479	-99.6465	-99.6397	-99.6055	-99.4378	-98.7730	-97.3468	-95.4493	-93.2930	-90.8503	-87.5606
Tlmpo	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3323	-100.3320	-100.3306	-100.3237	-100.2895	-100.1219	-99.4570	-98.0308	-96.1333	-93.9771	-91.5343	-88.2447
SNR	225.7778	211.8279	197.8319	183.8768	169.8836	155.8894	141.9536	127.9506	113.9752	100.0054	86.0072	71.9972	58.0583	44.0716	30.0998	16.1402	2.1087	-11.8391	-25.8226	-39.7875
RUIDO	-200.9647	-193.9872	-186.994	-180.0124	-173.0237	-166.0263	-159.0571	-152.0501	-145.0685	-138.0827	-131.0812	-124.0788	-117.112	-110.1169	-103.1234	-96.1459	-89.1367	-82.1614	-75.1662	-68.1911



r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q													1:13							
Pfa1	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010
Pfa2	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510
Tcme1	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092
Tcme2	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292
Tumpro	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3323	-100.3320	-100.3306	-100.3233	-100.2893	-100.1236	-99.4901	-98.0083	-96.1720	-93.9687	-91.5721	-88.8923
Tlmpo	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0738	-101.0738	-101.0735	-101.0721	-101.0648	-101.0308	-100.8651	-100.2316	-98.7498	-96.9135	-94.7102	-92.3136	-88.1238
SNR	225.8226	211.8312	197.8255	183.8297	169.8834	155.914	141.9429	127.9308	113.9594	99.9482	86.0455	72.0162	58.0716	44.0579	30.0947	16.1333	2.1477	-11.8547	-25.814	-39.7964
RUIDO	-200.9876	-193.998	-186.9895	-179.9919	-173.0265	-166.0338	-159.046	-152.0439	-145.0555	-138.0511	-131.099	-124.0831	-117.1227	-110.1025	-103.1215	-96.1397	-89.151	-82.1477	-75.1787	-68.1840

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q														1:14						
Pfa1	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510
Pfa2	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010
Tcme1	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292
Tcme2	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552
Tumpro	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0738	-101.0738	-101.0735	-101.0721	-101.0654	-101.3322	-100.8661	-100.2168	-98.7384	-96.9059	-94.7511	-92.3376	-89.0416
Tlmpo	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8955	-101.8952	-101.8938	-101.8871	-101.8539	-101.6878	-101.0386	-99.5602	-97.7277	-95.5728	-93.1593	-89.8634
SNR	225.8038	211.8479	197.8507	183.8616	169.8788	155.8971	141.9161	127.9474	113.9131	99.9884	85.9892	72.0276	58.032	44.0640	30.0603	16.0903	2.1144	-11.8195	-25.8157	-39.7755
RUIDO	-200.9741	-194.0028	-187.0026	-180.0132	-173.0190	-166.0328	-159.0309	-152.0538	-145.0379	-138.0704	-131.0708	-124.0974	-117.0936	-110.1089	-103.103	-96.1212	-89.1364	-82.1679	-75.1755	-68.1923

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q															1:15					
Pfa1	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010
Pfa2	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510
Tcme1	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552
Tcme2	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863
Tumpro	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8955	-101.8952	-101.8938	-101.8869	-101.8529	-101.6890	-101.0695	-99.5859	-97.6940	-95.6246	-93.1427	-89.8270
Tlmpo	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8316	-102.8302	-102.8232	-102.7892	-102.6253	-102.0058	-100.5223	-98.6304	-96.5609	-94.0791	-90.7634
SNR	225.804	211.8526	197.8221	183.8871	169.8778	155.902	141.9333	127.9606	113.9593	99.9772	86.0316	72.0293	58.0255	44.0858	30.1116	16.1321	2.1107	-11.8282	-25.796	-39.7872
RUIDO	-200.9803	-194.0009	-186.9927	-180.017	-173.018	-166.0261	-159.0448	-152.0581	-145.0586	-138.0686	-131.094	-124.0976	-117.0854	-110.1246	-103.1317	-96.1466	-89.1318	-82.1664	-75.181	-68.1853

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																1:16				
Pfa1	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510
Pfa2	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010
Tcme1	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863
Tcme2	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219
Tumpro	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8316	-102.8302	-102.8233	-102.7875	-102.6166	-101.9459	-100.5414	-98.6901	-96.4420	-94.0282	-90.9658
Tlmpo	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9394	-103.9394	-103.9394	-103.9391	-103.9377	-103.9308	-103.8950	-103.7241	-103.0534	-101.6489	-99.7976	-97.5486	-95.1357	-92.0733
SNR	225.8084	211.8694	197.8387	183.8775	169.8538	155.9119	141.9340	127.9880	113.9814	100.0164	86.0335	72.0442	58.0056	44.0676	30.0918	16.0932	2.1466	-11.8529	-25.8019	-39.7930
RUIDO	-200.975	-194.0104	-186.9923	-180.0201	-173.0075	-166.0363	-159.0436	-152.0712	-145.0716	-138.0813	-131.0926	-124.1000	-117.0768	-110.0992	-103.1255	-96.1225	-89.1531	-82.1472	-75.1786	-68.1844

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																	1:17			
Pfa1	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010
Pfa2	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510
Tcme1	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219
Tcme2	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613
Tumpro	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9394	-103.9394	-103.9394	-103.9391	-103.9376	-103.9306	-103.8962	-103.7289	-103.1109	-101.6200	-99.7652	-97.6027	-95.0673	-91.7893
Tlmpo	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3233	-105.3230	-105.3216	-105.3146	-105.2802	-105.1124	-104.4848	-103.0039	-101.1492	-98.9867	-96.4513	-93.1733
SNR	225.8073	211.7749	197.8591	183.8906	169.8898	155.905	141.9233	127.9547	113.9254	100.0036	86.0265	72.0228	58.0438	44.062	30.0674	16.1151	2.1378	-11.833	-25.8539	-39.8187
RUIDO	-200.9769	-193.9574	-187.0059	-180.0295	-173.0215	-166.0329	-159.0386	-152.0562	-145.0408	-138.0791	-131.0952	-124.0875	-117.0981	-110.1099	-103.1105	-96.1334	-89.1503	-82.1581	-75.1531	-68.1685

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																		1:18		
Pfa1	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510
Pfa2	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010
Tcme1	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613
Tcme2	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043
Tumpro	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3233	-105.3230	-105.3216	-105.3145	-105.2800	-105.1125	-104.4809	-102.9938	-101.2071	-98.9999	-96.5461	-93.2488
Tlmpo	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2201	-107.2201	-107.2201	-107.2198	-107.2184	-107.2113	-107.1768	-107.0193	-106.3777	-104.8905	-103.1039	-100.8967	-98.4429	-95.1456
SNR	225.8226	211.8415	197.8478	183.8619	169.8625	155.9309	141.9554	127.9590	113.9873	100.0079	86.025	72.0332	58.0281	44.0785	30.1126	16.1225	2.1321	-11.8183	-25.8059	-39.7935
RUIDO	-200.9876	-193.9992	-187.0022	-180.0079	-173.014	-166.0459	-159.0577	-152.0650	-145.0711	-138.0789	-131.0872	-124.0974	-117.0883	-110.1149	-103.1346	-96.1365	-89.144	-82.1733	-75.1765	-68.1875

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																			1:19	
Pfa1	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010
Pfa2	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510	0.9510
Tcme1	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043
Tcme2	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502
Tumpro	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2201	-107.2201	-107.2201	-107.2198	-107.2184	-107.2111	-107.1777	-107.0148	-106.3961	-104.9275	-103.0583	-100.9252	-98.4510	-95.1548
TImpro	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3902	-110.3899	-110.3885	-110.3812	-110.3478	-110.1850	-109.5662	-108.0977	-106.2284	-104.0953	-101.6212	-98.3250
SNR	225.7958	211.8244	197.8148	183.8658	169.873	155.9099	141.9038	127.9701	113.9486	100.0000	85.9723	72.0235	58.0719	44.0528	30.0747	16.1373	2.1143	-11.8156	-25.8472	-39.8143
RUIDO <sub>dB</sub>	-200.9719	-193.9844	-186.9821	-180.0095	-173.0069	-166.0313	-159.0232	-152.0676	-145.0503	-138.0795	-131.0667	-124.0932	-117.1644	-110.1118	-103.1148	-96.1497	-89.1416	-82.164	-75.1595	-68.1763

#### ANEXO 4: RESULTADOS DE SIMULACION FCME

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q	1:1																			
Pfa1	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
Tcme1	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078	6.9078
Tm	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075
SNR	225.7896	211.8317	197.8548	183.8328	169.8762	155.9110	141.9444	127.9654	113.9516	99.9722	86.0219	72.0854	58.0671	44.0430	30.0928	16.1029	2.1528	-11.8259	-25.8111	-39.8088
RUIDOdb	-200.9714	-193.9947	-187.0065	-179.9917	-173.0108	-166.0334	-159.0464	-152.0593	-145.0526	-138.0678	-131.0869	-124.1178	-117.1097	-110.0974	-103.1297	-96.1275	-89.1590	-82.1659	-75.1696	-68.1746

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q		1:2																		
Pfa1	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510	0.0510
Tcme1	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759	2.9759
Tm	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647
SNR	225.8339	211.8287	197.8901	183.8470	169.8959	155.8859	141.9423	127.9482	113.9901	99.9767	86.0093	72.0356	58.0536	44.0881	30.0751	16.1272	2.1146	-11.8267	-25.8149	-39.7399
RUIDOdb	-200.9951	-193.9965	-187.0249	-179.9994	-173.0313	-166.0263	-159.048	-152.0524	-145.0685	-138.0629	-131.0794	-124.0967	-117.1035	-110.1247	-103.1142	-96.1391	-89.1330	-82.1672	-75.1697	-68.2139

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q			1:3																	
Pfa1	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010
Tcme1	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926	2.2926
Tm	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976
SNR	225.8169	211.8046	197.8648	183.8471	169.9229	155.9229	141.9544	127.9526	113.9805	99.9854	86.0286	72.0190	58.0525	44.0899	30.1054	16.1233	2.1345	-11.8656	-25.8533	-39.7979
RUIDOdb	-200.9891	-193.9842	-187.0131	-180.0012	-173.0368	-166.0413	-159.0574	-152.0471	-145.0716	-138.0702	-131.0895	-124.0869	-117.1067	-110.1226	-103.1324	-96.1380	-89.1472	-82.1431	-75.1539	-68.1779

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q				1:4																
Pfa1	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510
Tcme1	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905	1.8905
Tm	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352
SNR	225.8202	211.8362	197.7955	183.8602	169.8736	155.8787	141.9316	127.9567	114.0030	99.9983	86.0068	72.0486	58.0421	44.0693	30.0865	16.1159	2.1418	-11.8523	-25.8312	-39.7847
RUIDOdb	-200.9844	-193.9990	-186.9677	-180.0112	-173.0101	-166.014	-159.0428	-152.0557	-145.0753	-138.0772	-131.0849	-124.1016	-117.0953	-110.11	-103.1202	-96.1321	-89.1491	-82.1576	-75.1513	-68.1831

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q					1:5															
Pfa1	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010	0.2010
Tcme1	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045	1.6045
Tm	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3473	-95.3459	-95.3388	-95.3043	-95.1468	-94.5052	-93.0180	-91.2314	-89.0242	-86.5703	-83.2731
SNR	225.8226	211.8415	197.8478	183.8619	169.8625	155.9309	141.9554	127.9590	113.9873	100.0079	86.0250	72.0332	58.0281	44.0785	30.1126	16.1225	2.1321	-11.8183	-25.8059	-39.7935
RUIDO <sub>dB</sub>	-200.9876	-193.9992	-187.0022	-180.0079	-173.014	-166.0459	-159.0577	-152.065	-145.0711	-138.0789	-131.0872	-124.0974	-117.0883	-110.1149	-103.1346	-96.1365	-89.1440	-82.1733	-75.1765	-68.1875

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q						1:6														
Pfa1	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510	0.2510
Tcme1	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823	1.3823
Tm	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9948	-95.9945	-95.9931	-95.9862	-95.9518	-95.7877	-95.1713	-93.7412	-91.8126	-89.6590	-87.2036	-83.9649
SNR	225.7913	211.8609	197.8540	183.8379	169.8934	155.9060	141.9177	127.9509	113.9357	100.0101	86.0270	72.0513	58.0607	44.0662	30.1315	16.0999	2.1290	-11.8485	-25.8094	-39.8089
RUIDO <sub>dB</sub>	-200.9702	-194.0163	-187.0078	-179.9991	-173.0299	-166.0292	-159.0314	-152.0555	-145.0428	-138.0835	-131.088	-124.1026	-117.1067	-110.1154	-103.1472	-96.1269	-89.1446	-82.1515	-75.1692	-68.1748

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q							1:7													
Pfa1	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010	0.3010
Tcme1	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006	1.2006
Tm	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6067	-96.6064	-96.6050	-96.5979	-96.5627	-96.4011	-95.7917	-94.3128	-92.4114	-90.2674	-87.8105	-84.4849
SNR	225.8134	211.8117	197.8763	183.8329	169.8826	155.8948	141.9324	127.9645	113.9865	100.0142	86.0318	72.0429	58.0422	44.0620	30.0933	16.0908	2.1214	-11.8428	-25.8524	-39.8052
RUIDO <sub>dB</sub>	-200.9852	-193.9816	-187.0173	-179.992	-173.0181	-166.0274	-159.0456	-152.0629	-145.0704	-138.0852	-131.0989	-124.0994	-117.1046	-110.108	-103.1258	-96.1174	-89.1339	-82.1572	-75.1537	-68.1794

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q								1:8												
Pfa1	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510	0.3510
Tcme1	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470	1.0470
Tm	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2015	-97.2012	-97.1997	-97.1925	-97.1581	-96.9954	-96.3367	-94.9124	-92.9339	-90.8841	-88.3783	-85.1571
SNR	225.8208	211.8372	197.8546	183.8671	169.8976	155.8910	141.9492	127.9380	113.9232	99.9997	86.0054	72.0507	58.0358	44.0691	30.0881	16.1573	2.1191	-11.8514	-25.7992	-39.7548
RUIDO <sub>dB</sub>	-200.9849	-194.0004	-187.0063	-180.014	-173.0243	-166.0249	-159.0523	-152.0459	-145.0356	-138.0762	-131.0816	-124.0973	-117.0961	-110.1109	-103.1267	-96.1516	-89.1369	-82.1554	-75.1807	-68.2010

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q									1:9											
Pfa1	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010	0.4010
Tcme1	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138	0.9138
Tm	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7921	-97.7906	-97.7834	-97.7497	-97.5880	-96.9698	-95.5020	-93.5923	-91.4640	-88.9889	-85.7304
SNR	225.8140	211.7975	197.8541	183.8813	169.8752	155.9005	141.9257	127.9647	113.9614	99.9980	86.0162	72.0513	58.0567	44.0469	30.0945	16.1370	2.1195	-11.8365	-25.8291	-39.7870
RUIDOdb	-200.985	-193.9717	-187.0051	-180.0202	-173.0209	-166.0255	-159.0375	-152.0636	-145.0569	-138.0773	-131.0883	-124.102	-117.1091	-110.1058	-103.1249	-96.1475	-89.134	-82.1566	-75.1648	-68.1825

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q										1:10										
Pfa1	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510	0.4510
Tcme1	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963	0.7963
Tm	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3901	-98.3898	-98.3884	-98.3819	-98.3441	-98.1815	-97.5314	-96.0323	-94.1997	-92.1246	-89.5737	-86.3883
SNR	225.7899	211.8373	197.8469	183.8743	169.8885	155.8899	141.9299	127.9574	113.9990	99.9749	86.0302	72.0298	58.0385	44.0521	30.0800	16.1078	2.1515	-11.8438	-25.8588	-39.7960
RUIDOdb	-200.9716	-194.0042	-187.0041	-180.0184	-173.0235	-166.0199	-159.0472	-152.056	-145.0726	-138.0697	-131.0919	-124.0938	-117.0971	-110.1037	-103.119	-96.1306	-89.1555	-82.155	-75.1408	-68.1836

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q											1:11									
Pfa1	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010	0.5010
Tcme1	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911	0.6911
Tm	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0051	-99.0048	-99.0034	-98.9967	-98.9629	-98.7988	-98.1467	-96.7013	-94.7990	-92.6834	-90.2264	-87.0259
SNR	225.7834	211.8203	197.8488	183.8571	169.8806	155.8891	141.9568	127.9456	113.9666	99.9894	86.0255	72.0546	58.0393	44.1008	30.0980	16.0861	2.1447	-11.8393	-25.8068	-39.8095
RUIDOdb	-200.9645	-193.998	-186.9974	-180.0052	-173.0184	-166.0202	-159.0568	-152.0482	-145.0575	-138.0693	-131.0927	-124.1056	-117.1056	-110.1229	-103.1257	-96.1248	-89.1504	-82.1529	-75.1754	-68.1777

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q												1:12								
Pfa1	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510	0.5510
Tcme1	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960	0.5960
Tm	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6482	-99.6479	-99.6465	-99.6392	-99.6049	-99.4417	-98.8146	-97.3822	-95.4347	-93.3206	-90.8617	-87.6610
SNR	225.8154	211.8326	197.8336	183.8528	169.9058	155.8989	141.9680	127.9176	113.9624	99.9776	86.0066	72.0417	58.0753	44.0718	30.0711	16.0719	2.1951	-11.8378	-25.8219	-39.7975
RUIDOdb	-200.9851	-193.9918	-186.9958	-180.0036	-173.0311	-166.0293	-159.0616	-152.0326	-145.0631	-138.0687	-131.0849	-124.1005	-117.1215	-110.1195	-103.1153	-96.1172	-89.1763	-82.1564	-75.1665	-68.1795

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q													1:13							
Pfa1	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010	0.6010
Tcme1	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092
Tm	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3323	-100.3320	-100.3305	-100.3236	-100.2894	-100.1231	-99.4969	-97.9751	-96.0994	-93.9524	-91.5408	-88.3210
SNR	225.8088	211.8274	197.8271	183.8757	169.8801	155.9323	141.9793	127.9635	113.9889	99.9724	85.9902	72.0200	58.0583	44.0679	30.1071	16.0998	2.1406	-11.8423	-25.8149	-39.7591
RUIDO/b	-200.9811	-193.9916	-186.9898	-180.0153	-173.018	-166.0452	-159.0636	-152.059	-145.0735	-138.0628	-131.0628	-124.0865	-117.0987	-110.1112	-103.1271	-96.1221	-89.1472	-82.1552	-75.1702	-68.2008

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q														1:14						
Pfa1	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510	0.6510
Tcme1	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292	0.4292
Tm	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0738	-101.0738	-101.0735	-101.0720	-101.0651	-101.0304	-100.8681	-100.2336	-98.7512	-96.8493	-94.8175	-92.3148	-88.9491
SNR	225.8125	211.8147	197.8330	183.8694	169.8840	155.9048	141.9226	127.9598	113.9960	100.0030	86.0267	72.0352	58.0222	44.0554	30.1387	16.1269	2.1632	-11.8198	-25.8046	-39.7934
RUIDO/b	-200.9835	-193.9843	-186.9902	-180.0206	-173.0172	-166.0334	-159.0351	-152.0585	-145.0767	-138.0762	-131.0915	-124.09	-117.0978	-110.103	-103.1548	-96.1332	-89.1576	-82.1694	-75.1763	-68.1807

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q															1:15					
Pfa1	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010	0.7010
Tcme1	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552
Tm	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8955	-101.8952	-101.8938	-101.8869	-101.8528	-101.6847	-101.0534	-99.5978	-97.6703	-95.5104	-93.0231	-89.7292
SNR	225.7851	211.8085	197.8699	183.8720	169.8939	155.9134	141.9249	127.9486	113.9856	99.9770	86.0321	72.0347	58.0322	44.0524	30.0827	16.1418	2.1772	-11.8368	-25.8246	-39.7997
RUIDO/b	-200.9629	-193.9766	-187.0158	-180.0142	-173.0182	-166.0336	-159.0336	-152.0495	-145.072	-138.0663	-131.0943	-124.0995	-117.0944	-110.1056	-103.1223	-96.1453	-89.1626	-82.1610	-75.1675	-68.1775

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																1:16				
Pfa1	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510	0.7510
Tcme1	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863	0.2863
Tm	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8316	-102.8301	-102.8228	-102.7894	-102.6272	-101.9756	-100.5337	-98.5853	-96.5612	-94.0751	-90.7691
SNR	225.7984	211.8058	197.8751	183.8642	169.8936	155.8846	141.9348	127.9275	113.9870	99.9349	86.0198	72.0362	58.0724	44.0753	30.0924	16.1068	2.1213	-11.8273	-25.7821	-39.8037
RUIDO/b	-200.9818	-193.9828	-187.0146	-180.007	-173.0175	-166.0123	-159.0468	-152.0455	-145.0727	-138.0445	-131.0948	-124.0885	-117.1052	-110.1169	-103.1196	-96.1281	-89.1373	-82.1658	-75.1859	-68.1766

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																	1:17			
Pfa1	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010
Tcme1	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219
Tm	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9394	-103.9394	-103.9394	-103.9391	-103.9377	-103.9305	-103.8943	-103.7386	-103.0944	-101.6125	-99.7340	-97.6672	-95.1328	-91.9800
SNR	225.7955	211.8381	197.8610	183.8517	169.9053	155.8918	141.9289	127.9629	113.9794	99.9870	86.0180	72.0040	58.0697	44.0472	30.0923	16.1040	2.1383	-11.8571	-25.8352	-39.8144
RUIDOdb	-200.9746	-193.9979	-187.0064	-180.0065	-173.0288	-166.0236	-159.0423	-152.0653	-145.0672	-138.0732	-131.0905	-124.0783	-117.114	-110.0993	-103.1261	-96.1341	-89.1447	-82.156	-75.1658	-68.1722

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																		1:18		
Pfa1	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510	0.8510
Tcme1	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613	0.1613
Tm	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3233	-105.3230	-105.3216	-105.3144	-105.2795	-105.1205	-104.4854	-103.0490	-101.1287	-99.1015	-96.5100	-93.3792
SNR	225.8144	211.8286	197.8557	183.8544	169.8894	155.9065	141.9192	127.9715	113.9746	99.9757	85.9896	72.0333	58.0687	44.0992	30.0865	16.1308	2.1503	-11.8522	-25.8510	-39.7954
RUIDOdb	-200.9868	-193.9933	-187.0025	-180.0033	-173.0224	-166.03	-159.0321	-152.0644	-145.0656	-138.0666	-131.0744	-124.0966	-117.1141	-110.1217	-103.1203	-96.1421	-89.1461	-82.1518	-75.1592	-68.1830

r	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	1:10	1:11	1:12	1:13	1:14	1:15	1:16	1:17	1:18	1:19	1:20
q																			1:19	
Pfa1	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010	0.9010
Tcme1	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043	0.1043
Tm	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2201	-107.2201	-107.2201	-107.2198	-107.2184	-107.2110	-107.1769	-107.0156	-106.3876	-104.9318	-103.0191	-100.9662	-98.3992	-95.1656
SNR	225.7996	211.8222	197.8438	183.8705	169.8834	155.8959	141.9018	127.9558	113.9423	99.9860	86.0019	72.0181	58.0539	44.0780	30.0852	16.1162	2.1142	-11.8383	-25.8561	-39.8460
RUIDOdb	-200.9774	-193.9893	-186.9951	-180.0166	-173.0189	-166.0245	-159.0285	-152.0572	-145.0463	-138.0716	-131.0797	-124.0843	-117.1066	-110.1171	-103.1168	-96.1312	-89.1339	-82.1578	-75.1478	-68.1581



## ANEXO 5: RESULTADOS DE UMBRALES Y SNR ORDENADO EN ORDEN ASCENDENTE PARA LAD

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.001																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																				1:1
Tumpro	-76.7641	-80.1579	-82.5993	-84.7447	-86.7115	-88.1598	-88.8005	-88.9656	-88.9988	-89.0057	-89.0072	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075
TImpro	-80.4212	-83.8151	-86.2564	-88.4019	-90.3687	-91.8169	-92.4577	-92.6228	-92.6559	-92.6629	-92.6643	-92.6646	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647
SNR	-39.7942	-25.8279	-11.8568	2.1319	16.1658	30.1127	44.0433	58.0472	72.0176	85.9951	100.0013	113.9644	127.9594	141.9262	155.9070	169.8606	183.8936	197.8457	211.8485	225.8197

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.051																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																			1:2	
Tumpro	-80.5869	-83.8877	-86.3479	-88.3835	-90.3860	-91.8384	-92.4604	-92.6203	-92.6560	-92.6629	-92.6643	-92.6646	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647
TImpro	-81.7197	-85.0206	-87.4808	-89.5164	-91.5189	-92.9713	-93.5933	-93.7532	-93.7889	-93.7958	-93.7972	-93.7975	-93.7975	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976
SNR	-39.8022	-25.8128	-11.8124	2.1352	16.1057	30.1223	44.0903	58.0730	72.0549	86.0206	100.0000	113.9617	127.9502	141.9442	155.8899	169.8904	183.8912	197.8815	211.8465	225.8133

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.101																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																		1:3		
Tumpro	-81.6251	-84.9284	-87.4639	-89.6265	-91.5115	-92.9739	-93.5908	-93.7540	-93.7887	-93.7958	-93.7972	-93.7975	-93.7975	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976
TImpro	-82.4627	-85.766	-88.3015	-90.4642	-92.3491	-93.8115	-94.4284	-94.5916	-94.6263	-94.6334	-94.6348	-94.6351	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352
SNR	-39.8033	-25.7854	-11.8543	2.1296	16.1007	30.1053	44.0302	58.0464	72.0154	86.0417	99.9962	113.9830	127.9637	141.9082	155.9238	169.9099	183.8874	197.8500	211.8180	225.7666

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.151																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																	1:4			
Tumpro	-82.5925	-85.8187	-88.2294	-90.4118	-92.3295	-93.7929	-94.4266	-94.5929	-94.6264	-94.6334	-94.6348	-94.6351	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352
TImpro	-83.3049	-86.5311	-88.9418	-91.1242	-93.0419	-94.4954	-95.139	-95.3053	-95.3388	-95.3459	-95.3473	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477
SNR	-39.7891	-25.8187	-11.8618	2.1074	16.0722	30.1024	44.0816	58.0815	71.9944	86.0357	99.9682	113.9791	127.9380	141.9213	155.8945	169.9047	183.8893	197.8866	211.7961	225.8414

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.201																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																1:5				
Tumpro	-83.2146	-86.5349	-88.0928	-91.2328	-93.0405	-94.4888	-95.1454	-95.3046	-95.3391	-95.3459	-95.3473	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477
Tlmpo	-83.8619	-87.1822	-89.74	-91.88	-93.6878	-95.136	-95.7926	-95.9518	-95.9863	-95.9931	-95.9945	-95.9948	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949
SNR	-39.7961	-25.8283	-11.8376	2.1582	16.1312	30.0944	44.0876	58.0664	72.0578	85.9952	100.0266	113.9774	127.9649	141.9255	155.8798	169.8568	183.8823	197.8705	211.8327	225.7947

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.251																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q															1:6					
Tumpro	-83.9535	-87.2396	-89.7174	-91.7050	-93.6466	-95.1831	-95.7895	-95.9523	-95.9862	-95.9931	-95.9945	-95.9948	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949
Tlmpo	-84.5654	-87.8515	-90.3293	-92.3169	-94.3085	-95.795	-96.4014	-96.5642	-96.5981	-96.605	-96.6064	-96.6067	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068
SNR	-39.7740	-25.8198	-11.8462	2.1595	16.1103	30.1042	44.0786	58.0696	72.0291	86.0242	99.9879	113.9543	127.9622	141.9163	155.9156	169.8734	183.8768	197.8738	211.7784	225.8238

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.301																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q														1:7						
Tumpro	-84.3719	-87.9174	-90.2720	-92.3878	-94.3274	-95.7761	-96.4045	-96.5632	-96.5978	-96.6050	-96.6064	-96.6067	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068
Tlmpo	-84.9667	-88.5122	-90.8668	-92.9826	-94.9222	-96.3709	-96.9993	-97.1581	-97.1926	-97.1998	-97.2012	-97.2015	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016
SNR	-39.7963	-25.8508	-11.8268	2.1428	16.0965	30.0950	44.0756	58.0540	72.0380	85.9981	99.9924	113.9642	127.9403	141.9164	155.9371	169.8672	183.8876	197.8453	211.8538	225.7824

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.351																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q													1:8							
Tumpro	-85.1270	-88.4242	-90.8781	-93.0853	-94.8719	-96.3591	-97.0007	-97.1582	-97.1927	-97.1998	-97.2012	-97.2015	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016
Tlmpo	-85.7178	-89.0151	-91.469	-93.6762	-95.4628	-96.95	-97.5915	-97.749	-97.7836	-97.7907	-97.7921	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924
SNR	-39.7935	-25.8059	-11.8183	2.1321	16.1225	30.1126	44.0785	58.0281	72.0332	86.0250	100.0079	113.9873	127.9590	141.9554	155.9309	169.8625	183.8619	197.8478	211.8415	225.8226

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.401																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q												1:9								
Tumpro	-85.7271	-88.0233	-91.4975	-93.6305	-95.4998	-96.9684	-97.5871	-97.7500	-97.7833	-97.7906	-97.7921	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924
Tlmpo	-86.3249	-89.6211	-92.0952	-94.2283	-96.0976	-97.5661	-98.1849	-98.3477	-98.3811	-98.3884	-98.3898	-98.3901	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902
SNR	-39.8143	-25.8472	-11.8156	2.1143	16.1373	30.0747	44.0528	58.0719	72.0235	85.9723	100.0000	113.9486	127.9701	141.9038	155.9099	169.8730	183.8658	197.8148	211.8244	225.7958

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.451																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q											1:10									
Tumpro	-86.3068	-89.5527	-92.1036	-94.2176	-96.0475	-97.5859	-98.1866	-98.3472	-98.3815	-98.3883	-98.3899	-98.3901	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902
Tlmpo	-86.9217	-90.1677	-92.7186	-94.8325	-96.6625	-98.1409	-98.8015	-98.9622	-98.9965	-99.0033	-99.0048	-99.0051	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052
SNR	-39.8155	-25.8076	-11.8802	2.1238	16.0978	30.0734	44.0739	58.0760	72.0048	86.0096	99.9530	113.9738	127.9439	141.9424	155.8995	169.8935	183.8772	197.8478	211.8246	225.8056

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.501																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q										1:11										
Tumpro	-86.7531	-90.2433	-92.6715	-94.7808	-96.7472	-98.1704	-98.7972	-98.9614	-98.9961	-99.0035	-99.0048	-99.0051	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052
Tlmpo	-87.3962	-90.8864	-93.3146	-95.4239	-97.3903	-98.8135	-99.4403	-99.6046	-99.6392	-99.6466	-99.6479	-99.6482	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483
SNR	-39.7884	-25.7996	-11.8301	2.1309	16.0768	30.0933	44.0830	58.0958	72.0049	86.0029	99.9829	113.9572	127.9655	141.9004	155.8713	169.8777	183.8751	197.8743	211.8290	225.8000

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.551																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q									1:12											
Tumpro	-87.5606	-90.8503	-93.2930	-95.4493	-97.3468	-98.7730	-99.4378	-99.6055	-99.6397	-99.6465	-99.6479	-99.6482	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483
Tlmpo	-88.2447	-91.5343	-93.9771	-96.1333	-98.0308	-99.457	-100.1219	-100.2895	-100.3237	-100.3306	-100.332	-100.3323	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324
SNR	-39.7875	-25.8226	-11.8391	2.1087	16.1402	30.0998	44.0716	58.0583	71.9972	86.0072	100.0054	113.9752	127.9506	141.9536	155.8894	169.8836	183.8768	197.8319	211.8279	225.7778

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.601																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q								1:13												
Tumpro	-88.8923	-91.5721	-93.9687	-96.1720	-98.0083	-99.4901	-100.1236	-100.2893	-100.3233	-100.3306	-100.3320	-100.3323	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324
Tlmpo	-88.1238	-92.3136	-94.7102	-96.9135	-98.7498	-100.2316	-100.8651	-101.0308	-101.0648	-101.0721	-101.0735	-101.0738	-101.0738	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739
SNR	-39.7964	-25.8140	-11.8547	2.1477	16.1333	30.0947	44.0579	58.0716	72.0162	86.0455	99.9482	113.9594	127.9308	141.9429	155.9140	169.8834	183.8297	197.8255	211.8312	225.8226

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.651																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q							1:14													
Tumpro	-89.0416	-92.3376	-94.7511	-96.9059	-98.7384	-100.2168	-100.8661	-101.3322	-101.0654	-101.0721	-101.0735	-101.0738	-101.0738	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739
Tlmpo	-89.8634	-93.1593	-95.5728	-97.7277	-99.5602	-101.0386	-101.6878	-101.8539	-101.8871	-101.8938	-101.8952	-101.8955	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956
SNR	-39.7755	-25.8157	-11.8195	2.1144	16.0903	30.0603	44.0640	58.0320	72.0276	85.9892	99.9884	113.9131	127.9474	141.9161	155.8971	169.8788	183.8616	197.8507	211.8479	225.8038

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.701																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q						1:15														
Tumpro	-89.8270	-93.1427	-95.6246	-97.6940	-99.5859	-101.0695	-101.6890	-101.8529	-101.8869	-101.8938	-101.8952	-101.8955	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956
Tlmpo	-90.7634	-94.0791	-96.5609	-98.6304	-100.5223	-102.0058	-102.6253	-102.7892	-102.8232	-102.8302	-102.8316	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319
SNR	-39.7872	-25.7960	-11.8282	2.1107	16.1321	30.1116	44.0858	58.0255	72.0293	86.0316	99.9772	113.9593	127.9606	141.9333	155.9020	169.8778	183.8871	197.8221	211.8526	225.8040

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.751																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q					1:16															
Tumpro	-90.9658	-94.0282	-96.4420	-98.6901	-100.5414	-101.9459	-102.6166	-102.7875	-102.8233	-102.8302	-102.8316	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319
Tlmpo	-92.0733	-95.1357	-97.5486	-99.7976	-101.6489	-103.0534	-103.7241	-103.895	-103.9308	-103.9377	-103.9391	-103.9394	-103.9394	-103.9394	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395
SNR	-39.7930	-25.8019	-11.8529	2.1466	16.0932	30.0918	44.0676	58.0056	72.0442	86.0335	100.0164	113.9814	127.9880	141.9340	155.9119	169.8538	183.8775	197.8387	211.8694	225.8084

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.801																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q				1:17																
Tumpro	-91.7893	-95.0673	-97.6027	-99.7652	-101.6200	-103.1109	-103.7289	-103.8962	-103.9306	-103.9376	-103.9391	-103.9394	-103.9394	-103.9394	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395
Tlmpo	-93.1733	-96.4513	-98.9867	-101.1492	-103.0039	-104.4848	-105.1124	-105.2802	-105.3146	-105.3216	-105.323	-105.3233	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234
SNR	-39.8187	-25.8539	-11.8330	2.1378	16.1151	30.0674	44.0620	58.0438	72.0228	86.0265	100.0036	113.9254	127.9547	141.9233	155.9050	169.8898	183.8906	197.8591	211.7749	225.8073

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.851																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q			1:18																	
Tumpro	-93.2488	-96.5461	-98.9999	-101.2071	-102.9938	-104.4809	-105.1125	-105.2800	-105.3145	-105.3216	-105.3230	-105.3233	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234
Tlmpo	-95.1456	-98.4429	-100.8967	-103.1039	-104.8905	-106.3777	-107.0193	-107.1768	-107.2113	-107.2184	-107.2198	-107.2201	-107.2201	-107.2201	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202
SNR	-39.7935	-25.8059	-11.8183	2.1321	16.1225	30.1126	44.0785	58.0281	72.0332	86.0250	100.0079	113.9873	127.9590	141.9554	155.9309	169.8625	183.8619	197.8478	211.8415	225.8226

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.901																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q		1:19																		
Tumpro	-95.1548	-98.4510	-100.9252	-103.0583	-104.9275	-106.3961	-107.0148	-107.1777	-107.2111	-107.2184	-107.2198	-107.2201	-107.2201	-107.2201	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202
Tlmpo	-98.325	-101.6212	-104.0953	-106.2284	-108.0977	-109.5662	-110.185	-110.3478	-110.3812	-110.3885	-110.3899	-110.3902	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903	-110.3903
SNR	-39.8143	-25.8472	-11.8156	2.1143	16.1373	30.0747	44.0528	58.0719	72.0235	85.9723	100.0000	113.9486	127.9701	141.9038	155.9099	169.8730	183.8658	197.8148	211.8244	225.7958

## ANEXO 6: RESULTADOS DE UMBRAL Y SNR ORDENADO EN ORDEN ASCENDENTE PARA FCME

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.001																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																				1:1
Tum	-77.0339	-80.1338	-82.7327	-84.8302	-86.7600	-88.1691	-88.8075	-88.9640	-88.9985	-89.0057	-89.0072	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075	-89.0075
SNR	-39.8088	-25.8111	-11.8259	2.1528	16.1029	30.0928	44.0430	58.0671	72.0854	86.0219	99.9722	113.9516	127.9654	141.9444	155.9110	169.8762	183.8328	197.8548	211.8317	225.7896

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.051																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																			1:2	
Tum	-80.6232	-83.9166	-86.2818	-88.4242	-90.3586	-91.8169	-92.4645	-92.6205	-92.6560	-92.6629	-92.6643	-92.6646	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647	-92.6647
SNR	-39.7399	-25.8149	-11.8267	2.1146	16.1272	30.0751	44.0881	58.0536	72.0356	86.0093	99.9767	113.9901	127.9482	141.9423	155.8859	169.8959	183.847	197.8901	211.8287	225.8339

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.101																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																		1:3		
Tum	-81.6970	-85.0056	-87.4575	-89.6606	-91.5274	-92.9753	-93.5928	-93.7555	-93.7887	-93.7957	-93.7972	-93.7975	-93.7975	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976	-93.7976
SNR	-39.7979	-25.8533	-11.8656	2.1345	16.1233	30.1054	44.0899	58.0525	72.0190	86.0286	99.9854	113.9805	127.9526	141.9544	155.9229	169.9229	183.8471	197.8648	211.8046	225.8169

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.151																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																	1:4			
Tum	-82.5185	-85.7614	-88.2830	-90.4086	-92.3085	-93.7785	-94.4244	-94.5919	-94.6267	-94.6334	-94.6359	-94.6351	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352	-94.6352
SNR	-39.7847	-25.8312	-11.8523	2.1418	16.1159	30.0865	44.0693	58.0421	72.0486	86.0068	99.9983	114.0030	127.9567	141.9316	155.8787	169.8736	183.8602	197.7955	211.8362	225.8202

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.201																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q																1:5				
Tum	-83.2731	-86.5703	-89.0242	-91.2314	-93.0180	-94.5052	-95.1468	-95.3043	-95.3388	-95.3459	-95.3473	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3476	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477	-95.3477
SNR	-39.7935	-25.8059	-11.8183	2.1321	16.1225	30.1126	44.0785	58.0281	72.0332	86.0250	100.0079	113.9873	127.9590	141.9554	155.9309	169.8625	183.8619	197.8478	211.8415	225.8226

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.251																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q															1:6					
Tum	-83.9649	-87.2036	-89.6590	-91.8126	-93.7412	-95.1713	-95.7877	-95.9518	-95.9862	-95.9931	-95.9945	-95.9948	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949	-95.9949
SNR	-39.8089	-25.8094	-11.8485	2.1290	16.0999	30.1315	44.0662	58.0607	72.0513	86.0270	100.0101	113.9357	127.9509	141.9177	155.9060	169.8934	183.8379	197.854	211.8609	225.7913

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.301																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q														1:7						
Tum	-84.4849	-87.8105	-90.2674	-92.4114	-94.3128	-95.7917	-96.4011	-96.5627	-96.5979	-96.6050	-96.6064	-96.6067	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068	-96.6068
SNR	-39.8052	-25.8524	-11.8428	2.1214	16.0908	30.0933	44.0620	58.0422	72.0429	86.0318	100.0142	113.9865	127.9645	141.9324	155.8948	169.8826	183.8329	197.8763	211.8117	225.8134

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.351																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q													1:8							
Tum	-85.1571	-88.3783	-90.8841	-92.9339	-94.9124	-96.3367	-96.9954	-97.1581	-97.1925	-97.1997	-97.2012	-97.2015	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016	-97.2016
SNR	-39.7548	-25.7992	-11.8514	2.1191	16.1573	30.0881	44.0691	58.0358	72.0507	86.0054	99.9997	113.9232	127.9380	141.9492	155.8910	169.8976	183.8671	197.8546	211.8372	225.8208

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.401																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q												1:9								
Tum	-85.7304	-88.9889	-91.4640	-93.5923	-95.5020	-96.9698	-97.5880	-97.7497	-97.7834	-97.7906	-97.7921	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924	-97.7924
SNR	-39.7870	-25.8291	-11.8365	2.1195	16.1370	30.0945	44.0469	58.0567	72.0513	86.0162	99.9980	113.9614	127.9647	141.9257	155.9005	169.8752	183.8813	197.8541	211.7975	225.814

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.451																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q											1:10									
Tum	-86.3883	-89.5737	-92.1246	-94.1997	-96.0323	-97.5314	-98.1815	-98.3441	-98.3819	-98.3884	-98.3898	-98.3901	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902	-98.3902
SNR	-39.7960	-25.8588	-11.8438	2.1515	16.1078	30.0800	44.0521	58.0385	72.0298	86.0302	99.9749	113.9990	127.9574	141.9299	155.8899	169.8885	183.8743	197.8469	211.8373	225.7899

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.501																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q										1:11										
Tum	-87.0259	-90.2264	-92.6834	-94.7990	-96.7013	-98.1467	-98.7988	-98.9629	-98.9967	-99.0034	-99.0048	-99.0051	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052	-99.0052
SNR	-39.8095	-25.8068	-11.8393	2.1447	16.0861	30.0980	44.1008	58.0393	72.0546	86.0255	99.9894	113.9666	127.9456	141.9568	155.8891	169.8806	183.8571	197.8488	211.8203	225.7834

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.551																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q									1:12											
Tum	-87.6610	-90.8617	-93.3206	-95.4347	-97.3822	-98.8146	-99.4417	-99.6049	-99.6392	-99.6465	-99.6479	-99.6482	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483	-99.6483
SNR	-39.7975	-25.8219	-11.8378	2.1951	16.0719	30.0711	44.0718	58.0753	72.0417	86.0066	99.9776	113.9624	127.9176	141.9680	155.8989	169.9058	183.8528	197.8336	211.8326	225.8154

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.601																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q								1:13												
Tum	-88.3210	-91.5408	-93.9524	-96.0994	-97.9751	-99.4969	-100.1231	-100.2894	-100.3236	-100.3305	-100.3320	-100.3323	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324	-100.3324
SNR	-39.7591	-25.8149	-11.8423	2.1406	16.0998	30.1071	44.0679	58.0583	72.0200	85.9902	99.9724	113.9889	127.9635	141.9793	155.9323	169.8801	183.8757	197.8271	211.8274	225.8088

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.651																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q							1:14													
Tum	-88.9491	-92.3148	-94.8175	-96.8493	-98.7512	-100.2336	-100.8681	-101.0304	-101.0651	-101.0720	-101.0735	-101.0738	-101.0738	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739	-101.0739
SNR	-39.7934	-25.8046	-11.8198	2.1632	16.1269	30.1387	44.0554	58.0222	72.0352	86.0267	100.0030	113.9960	127.9598	141.9226	155.9048	169.8840	183.8694	197.833	211.8147	225.8125

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.701																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q						1:15														
Tum	-89.7292	-93.0231	-95.5104	-97.6703	-99.5978	-101.0534	-101.6847	-101.8528	-101.8869	-101.8938	-101.8952	-101.8955	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956	-101.8956
SNR	-39.7997	-25.8246	-11.8368	2.1772	16.1418	30.0827	44.0524	58.0322	72.0347	86.0321	99.9770	113.9856	127.9486	141.9249	155.9134	169.8939	183.872	197.8699	211.8085	225.7851



MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.751																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q					1:16															
Tum	-90.7691	-94.0751	-96.5612	-98.5853	-100.5337	-101.9756	-102.6272	-102.7894	-102.8228	-102.8301	-102.8316	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319	-102.8319
SNR	-39.8037	-25.7821	-11.8273	2.1213	16.1068	30.0924	44.0753	58.0724	72.0362	86.0198	99.9349	113.9870	127.9275	141.9348	155.8846	169.8936	183.8642	197.8751	211.8058	225.7984

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.801																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q				1:17																
Tum	-91.9800	-95.1328	-97.6672	-99.7340	-101.6125	-103.0944	-103.7386	-103.8943	-103.9305	-103.9377	-103.9391	-103.9394	-103.9394	-103.9394	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395	-103.9395
SNR	-39.8144	-25.8352	-11.8571	2.1383	16.1040	30.0923	44.0472	58.0697	72.0040	86.0180	99.9870	113.9794	127.9629	141.9289	155.8918	169.9053	183.8517	197.861	211.8381	225.7955

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.851																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q			1:18																	
Tum	-93.3792	-96.5100	-99.1015	-101.1287	-103.0490	-104.4854	-105.1205	-105.2795	-105.3144	-105.3216	-105.3230	-105.3233	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234	-105.3234
SNR	-39.7954	-25.8510	-11.8522	2.1503	16.1308	30.0865	44.0992	58.0687	72.0333	85.9896	99.9757	113.9746	127.9715	141.9192	155.9065	169.8894	183.8544	197.8557	211.8286	225.8144

MATRIZ DE CALCULO PARA Pfa=0.901																				
r	1:20	1:19	1:18	1:17	1:16	1:15	1:14	1:13	1:12	1:11	1:10	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1
q		1:19																		
Tum	-95.1656	-98.3992	-100.9662	-103.0191	-104.9318	-106.3876	-107.0156	-107.1769	-107.2110	-107.2184	-107.2198	-107.2201	-107.2201	-107.2201	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202	-107.2202
SNR	-39.8460	-25.8561	-11.8383	2.1142	16.1162	30.0852	44.0780	58.0539	72.0181	86.0019	99.9860	113.9423	127.9558	141.9018	155.8959	169.8834	183.8705	197.8438	211.8222	225.7996

## ANEXO 6: FORMATO DE ENCUESTA DE OPINION SOBRE EL EMPEO DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE

ENCUESTA DE OPINIÓN SOBRE EL EMPLEO DE TELEVISION DIGITAL TERRESTRE
DISTRITO DONDE VIVE:
GENERO:
EDAD:

**INSTRUCCIONES:**

- a. Esta encuesta de opinión será aplicada a usuarios que consumen servicios de radiodifusión.
- b. Los resultados servirán para conocer el uso y expectativa de los usuarios de la television digital terrestre.
- c. Sea objetivo e imparcial en su opinión.
- d. La encuesta consta de 15 preguntas y cuenta 3 opciones por respuesta.

CUESTIONARIO	SI	NO	No puedo precisar
1. ¿Tiene Ud., televisión en su casa o lugar donde vive?			
2. ¿Acostumbra ver programas de televisión durante sus horas de descanso?			
3. ¿Visualiza usted, el canal digital de TV PERÚ?			
4. ¿Utiliza computadoras para ver videos o programas interactivos?			
5. ¿Sabe usted que significa Televisión Digital Terrestre?			
6. ¿Sabe usted, que la Televisión Digital Terrestre permite ver más canales de televisión?			
7. ¿Sabe Ud. que la Televisión Digital Terrestre, le permite tener una comunicación hombre-máquina?			
8. ¿Sabe Ud. que la Televisión Digital Terrestre, es la nueva forma de ver televisión en el Perú?			
9. ¿A Ud., le gustaría tener más opciones de selección de canales de televisión, que los que actualmente se dispone?			
10. ¿Sabe Ud. que la Televisión Digital Terrestre, le permite ver los programas de televisión con una mejor nitidez, color y sonido?			
11. ¿Sabe Ud., que los programas de televisión que se difunden mediante Televisión Digital Terrestre, pueden ser vistos en su celular?			
12. ¿Sabe Ud., con que equipos debe contar para apreciar en su domicilio, programas difundidos mediante receptores de Televisión Digital Terrestre?			
13. ¿Ha participado Ud., en juegos interactivos mediante el empleo de una computadora?			
14. ¿A Ud., le gustaría intervenir en programas interactivos mediante el empleo de su televisión?			
15. ¿Considera Ud., que el empleo de un receptor de televisión digital terrestre es más caro que utilizar el televisor que actualmente tiene?			

## ANEXO 7: FORMATO DE ENTREVISTA A EXPERTOS

<b>ENTREVISTA DE CONOCIMIENTO DE ESPACIOS EN BLANCO EN TELEVISION DIGITAL TERRESTRE Y SENSADO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO</b>
PROFESION:
INSTITUCION DONDE LABORA:
CARGO:

Objetivo:

Identificar el conocimiento actual de los expertos sobre el uso de los espacios en blanco en la televisión digital terrestre, sensado de espectro radioeléctrico y técnicas de detección de espacios en blanco.

CUESTIONARIO:	SI	NO	No puedo precisar
Según su experiencia, por favor indique si cuenta con:			
1. Conocimiento integral de la tecnología TDT			
2. Conocimiento sobre radio cognitiva			
3. Conocimiento sobre el empleo de técnicas de sensado de energía en la radio cognitiva			
4. Conocimiento sobre el actual desarrollo en el mundo y en nuestro medio de técnicas de sensado de energía			
5. Conocimiento de la banda de frecuencias que asigna el PNAF en el Perú			
6. Conocimiento sobre lo que significa un espacio en blanco			
7. Conocimiento sobre el agregado de valor que se da a la tecnología convencional			
8. Conocimiento sobre cuales son las características de empleo del espectro radioeléctrico, durante la emisión recepción de señales TDT			
9. Conocimiento sobre la utilidad de aplicar las técnicas de sensado de energía en la optimización de la TDT en el País.			
10. Conocimiento sobre en que etapa de la difusión de TDT, se puede aplicar esta técnica de sensado de energía			
11. Consideración sobre factibilidad técnica y viabilidad económica de su empleo en beneficio de la TDT en el Perú			
12. Conocimiento sobre parámetros de sensado de espectro que utilizan las técnicas de detección de espacios en blanco.			
13. Conocimiento sobre el efecto del ruido en el sensado de espectro que utilizan las técnicas de detección de espacios en blanco.			
14. Conocimiento sobre los espacios en blanco en TDT			
15. Conocimiento sobre estudios o aplicaciones relacionados a los espacios en blanco en TDT			

## ANEXO 8: MEMORANDO DE TELEAUDIENCIA DEL CANAL 16 IRTP



PERÚ

Instituto Nacional de Radio  
y Televisión del Perú

GERENCIA DE  
COMERCIALIZACIÓN

GERENCIA DE  
COMERCIALIZACIÓN



Firma Digital

Firmado digitalmente por  
BERNINZON VALLARINO Felipe  
Vigente: 2019.05.24 09:32:03  
Gerente  
Hábil: Soy el autor del documento  
Fecha: 24.05.2019 09:32:03 -0500

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Lima, 24 de Mayo del 2019

### MEMORANDO N° D000170-2019-IRTP-GC

Para : **MARCO ANTONIO ALVA TADOY**  
JEFE  
OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

De : **FELIPE VICENTE BERNINZON VALLARINO**  
GERENTE  
GERENCIA DE COMERCIALIZACIÓN

Asunto : SOLICITA INFORMACIÓN SOBRE LA POBLACIÓN DE LIMA CON  
RECEPTORES DE TV DIGITAL Y CUÁNTOS VISUALIZAN CANAL 16  
DIGITAL DE TV PERÚ..

Referencia : PROVEIDO N° D000247-2019-IRTP-GC (23MAY2019)

Fecha Elaboración: Lima, 23 de mayo de 2019

En respuesta al proveído de referencia debemos indicar lo siguiente:

- 1) El área comercial no cuenta con información sobre el parque de televisores en la ciudad de Lima, que cuentan con receptores de Tv Digital. Esta información la debe tener de forma oficial el MTC o el INEI.
- 2) Sobre la solicitud de la audiencia del canal digital 16, que es en que se transmiten las señales de Tv Perú en SD y HD, Tv Perú Noticias 7.3 y Canal Ipe, la información que se tiene es de la audiencia total incluyendo Televisión Digital Terrestre, Señal abierta y cable, no existiendo la posibilidad de desagregar esta data por señal. Se hizo la consulta con la persona solicitante y se quedó en enviarle la información existente la cual está en el cuadro adjunto.
- 3) Para Tv Perú la data de análisis es desde enero a la fecha. Para el caso de Tv Perú 7.3 y Canal Ipe, la información se considera desde marzo a la fecha, ya que recién en esas fechas se incluyó la medición de estos canales. Esta data es para Lima Metropolitana y la fuente es Kantar Ibope Media.

Filtro de programación: Bloque, Tanda

Regiones: Lima

Región base: Lima

Targets: Lima Personas Total(ind->Region:Lima)

Período: 01/01/2019-22/05/2019

	Grupo	Inicio	Final	Días	Período	En vivo
						Lima Personas Total rat#
1	Tv Perú	06:00	00:00	LMWJVSD	01/01/2019-22/05/2019	31800
2	Tv Perú 7.3	06:00	00:00	LMWJVSD	11/03/2019-22/05/2019	5800
3	IPE TV	06:00	00:00	LMWJVSD	11/03/2019-22/05/2019	4500

Sin otro particular,  
Atentamente,

## GLOSARIO

**FCME Forward Consecutive Mean Excision:** Algoritmo para la estimación autónoma de umbrales en Radio Cognitiva, que es capaz de ajustar de manera autónoma los valores de los parámetros de la señal a sensar.

**IoT Internet of Things:** Es un concepto que se refiere a la interconexión digital de dispositivos con Internet.

**IMT International Mobile Telecommunications:** Es un término utilizado para designar sistemas móviles de banda ancha, proporciona la plataforma sobre el cual construir las próximas generaciones de conectividad móvil. Los miembros de la UIT lideran los estudios para identificar las asignaciones de espectro y verificar la posibilidad de su armonización para producir estándares para la implementación de tecnologías IMT.

**LAD Location Algorithm Based on Double-Thresholding:** Método computacionalmente simple basado en dos umbrales que permite localizar señales de banda estrecha en el dominio de la frecuencia.

**Quinta Generación:** Término referido a la quinta generación de tecnologías de telefonía móvil que aportará mayor velocidades y capacidades en la red permitiendo al usuario contar con una mejor experiencia de navegación y descarga.

**RC Radio Cognitiva:** Tecnología que permite al sistema extraer información de su entorno operativo y geográfico con el fin de adoptar los parámetros y protocolos

operacionales en función a la información obtenida para no interferir con los usuarios autorizados.

**SNR Signal Noise Ratio:** Se define como la relación de la cantidad de ruido que se tiene en la señal. A una mayor relación de señal a ruido S/N permite también la transmisión a través de una distancia mayor.

**TDT Televisión Digital Terrestre:** Es un sistema que utiliza la tecnología digital para transmitir señales de televisión en reemplazo de la televisión analógica, la ventaja de la TDT es que la señal puede ser captada tanto en televisores como en smartphones, tablets y paneles informativos equipados con esta tecnología.

**UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones:** Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), encargado de las atribuciones del espectro radioeléctrico y órbitas de satélite a escala mundial, así como la atribución de normas técnicas que garantizan la interconexión de redes y tecnologías.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] INICTEL, "Reuso del espectro radioeléctrico utilizando espacios blancos en las bandas de frecuencia de televisión digital", 2017. (consulta: 20 de Mayo del 2019)
- [2] N.Promsuk , A.Taparugssanagorn y J.Vartiainen, "Interference Suppression Methods with Adaptive Threshold in Internet of Things (IoT) Systems", en *2017 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)* , pp.1-6 , 2017. (consulta: 22 de setiembre del 2018)(<http://jultika.oulu.fi/files/nbnfi-fe2018080233307.pdf>).
- [3] J. Vartiainen y R. Vartiainen y R. Vuhtonie, "Performance of the LAD Spectrum Sensing Method in Measured Noise at Frequency Ranges between 10 MHz and 39 GHz", en: *AICT2014: The Tenth Advanced International Conference on Telecommunications*, pp.144-149, 2014. (consulta: 15 de setiembre del 2018) (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.1583&rep=rep1&type=pdf>)
- [4] R.Vuhtoniemi y otros, "Detection of the broadcast signals in cognitive radio based PLC using the FCME algorithm", en *18th IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications*, pp.1-3, 2014. (consulta: 22 de setiembre del 2018)( <https://ieeexplore.ieee.org/document/6812348/metrics#metrics>)
- [5] J.Rodriguez, "Fundamentals of 5G Mobile Networks", Portuwal:Wiley, 2015.
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2018) ([https://www.itu.int/web/pp-18/es/backgrounder/5\(-الجيل-الخامس-\)-الجيل-الخامس-من-تكنولوجيا-الاتصالات-المتنقلة#ref1](https://www.itu.int/web/pp-18/es/backgrounder/5(-الجيل-الخامس-)-الجيل-الخامس-من-تكنولوجيا-الاتصالات-المتنقلة#ref1)) Sitio web oficial de la UIT; contiene información sobre la institutación y enlaces de interés (consulta: 1 de octubre del 2018).
- [7] J.Cerezo y P.Cerezo, "El Impacto del 5G. Madrid: Evoca Comunicación e Imagen", 2018.
- [8] J.Mitola III y G.Maguirre Jr, (") Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal", en *IEEE Personal Communications vol.6 no.4*, pp. 13-18, 1999. (consulta: 2 de noviembre del 2018) ([http://www.academia.edu/2489582/Cognitive\\_radio\\_Making\\_software\\_radios\\_more\\_personal](http://www.academia.edu/2489582/Cognitive_radio_Making_software_radios_more_personal)).
- [9] M.Rao y otros, "Cognitive Radio Networks for Wireless Communication", en *Journal of Computer Science and Technology vol.19 ver.1*, pp.29, 2010. (consulta: 20 de diciembre del 2018) ([https://www.researchgate.net/publication/316700166\\_Cognitive\\_Radio\\_Networks\\_for\\_Wireless\\_Communication](https://www.researchgate.net/publication/316700166_Cognitive_Radio_Networks_for_Wireless_Communication))
- [10] R.Bordon y S.Montejo, "La Radio Cognitiva y su Impacto en el Uso Eficiente del Espectro de Radio", en *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones vol.36 no.1*, p. 3-4, 2015. (consulta: 20 de diciembre del 2018)([http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282015000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282015000100004)).
- [11] A.De la Cruz, "Detección e Identificación de Señales para Radio Cognitiva (Proyecto de Fin de Carrera)", Madrid: Escuela Politecnica Superior de la Universidad Carlos II, 2013.

[12] J.Vartiainen, "Concentrated Signal Extraction using Consecutive Mean Excision Algorithms" en *Proceedings of the 2005 Finnish Signal Processing Symposium - FINSIG'05*, pp. 1-4, 2005. (consulta: 15 de noviembre del 2018)( <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.216.5017&rep=rep1&type=pdf>).

[13] H.Sarnisaari y P.Henttu, "Impulse detection and rejection methods for radio systems", en *Proceedings of the IEEE Military Communications Conference (MILCOM '03)*, vol. 2 Conf, pp. 1126-1131, 2003. (consulta: 28 de noviembre del 2018)( <https://ieeexplore.ieee.org/document/1290342>).

[14] J.Vartiainen y R.Vuhtoniemi, "False Alarm Rate Analysis of the FCME Algorithm in Cognitive Radio Applications", en: *AICT 2015, The Eleventh Advanced International Conference on Telecommunications Conf*, pp. 102-104, 2015. (Consulta: 30 de noviembre del 2018)( [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiC0Yv-gNPfAhWMZd8KHfEOA10QFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.thinkmind.org%2Fdownload.php%3Farticleid%3Daict\\_2015\\_5\\_50\\_10153&usq=AOvVaw35JWXTacmCer5Z5vim54YO](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiC0Yv-gNPfAhWMZd8KHfEOA10QFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.thinkmind.org%2Fdownload.php%3Farticleid%3Daict_2015_5_50_10153&usq=AOvVaw35JWXTacmCer5Z5vim54YO)).

[15] H.Abdullahi y otros, "Optimized Forward Consecutive Mean Excision Algorithm for Adaptive Threshold Estimation in the Energy Detector", en: *Proceedings of ICGET 2018*, pp. 93, 2018. (Consulta: 1 de diciembre del 2018)( <http://www.globaltrendsacademy.com/ICGET-2018/COMPUTING%20AND%20COMPUTING%20ENGINEERING/Optimized%20Forward%20Consecutive%20Mean%20Excision%20Algorithm%20for%20Adaptive%20Threshold%20Estimation%20in%20the%20Energy%20Detector.pdf>).

[16] J.Vartiainen y otros, "Localization of multiple narrowband signals based of the FCME algorithm", en: *Proc. of the Nordic Radio Symposium (NRS)*, pp. 5, 2004. (Consulta: 8 de diciembre del 2018)( <https://ieeexplore.ieee.org/document/1309028>).

[17] H.Sarvanko, J.Vartiainen y J.Lehtomaki, "Primary User Detection in Cognitive Radios Using LAD – Based Methods", en: *Centre for Wireless Communications (CWC) University of Oulu*, pp. 1-2, 2014. (consulta: 8 de diciembre del 2018)( <http://www.ee.oulu.fi/research/imag/finsig07/papers/s9p2.pdf>).

[18] R.Sotelo, J.Joskowicz y D.Duran, "Sistema de transmisión ISDB-T", en: *Memoria de trabajos de difusión científica y técnica*, pp. 67-69, 2011. (consulta: 10 de diciembre del 2018)([https://www.researchgate.net/publication/277269466\\_Sistema\\_de\\_transmision\\_ISD\\_B-T](https://www.researchgate.net/publication/277269466_Sistema_de_transmision_ISD_B-T)).

[19] [DIVXLAND.ORG](http://DIVXLAND.ORG) "Estándar ISDB-T para Televisión Digital Terrestre". En: *DIVXLAND.org*, 20 de junio, 2012. (consulta: 10 de diciembre del 2018)( <https://www.divxland.org/es/article/23/estandar-isdb-t-para-television-digital-terrestre#>).



[XC6SHcc2-rc\)](#)

[20] DIARIO EL PERUANO, “Adoptan estándar de televisión digital terrestre para el Perú”, en: *Diario El Peruano*, 23 de abril. p.A1, 2009.