



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**ACTA DE FINALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**PROYECTO SEMILLA PIS-15-09**

**"Algoritmos de reducción de los picos de potencia en sistemas OFDM"**

En la ciudad de Quito D.M., a los once días del mes de junio del año dos mil diecinueve, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Semilla **PIS-15-09 "Algoritmos de reducción de los picos de potencia en sistemas OFDM"**, por una parte la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **M.Sc. Jorge Eduardo Carvajal Rodríguez** en calidad de **Director del Proyecto Semilla**, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) El 4 de mayo de 2015, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social (CIPS), mediante Resolución Nro. 22, se aprueba el cronograma para la convocatoria de proyectos de investigación 2015.
- b) Una vez realizado el proceso de evaluación de los proyectos de investigación de la convocatoria 2015, en sesión ordinaria del 21 de septiembre de 2015 y al amparo de lo dispuesto por CIPS, mediante Resolución Nro. 53, se resuelve aprobar el informe final de los proyectos de investigación propuestos de la convocatoria 2015, entre ellos el denominado "Algoritmos de reducción de los picos de potencia en sistemas OFDM" presentado por el M.Sc. Jorge Eduardo Carvajal Rodríguez.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>Código de Proyecto</b>	<i>PIS-15-09</i>
<b>Nombre del Proyecto</b>	<i>Algoritmos de reducción de los picos de potencia en sistemas OFDM</i>
<b>Director del Proyecto</b>	<i>M.Sc. Jorge Eduardo Carvajal Rodríguez</i>
<b>Colaboradores del Proyecto</b>	<i>Ph.D. Felipe Leonel Grijalva Arévalo Ph.D. Martha Cecilia Paredes Paredes Ph.D. Diego Javier Reinoso Chisaguano</i>
<b>Departamento</b>	<i>Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información (DETRI)</i>
<b>Líneas de Investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Comunicaciones de banda ancha</i></li> <li>• <i>Procesamiento digital de señales</i></li> </ul>
<b>Objetivo</b>	<i>Estudiar los algoritmos CE de reducción de la PAPR en los sistemas OFDM existentes en la literatura y buscar nuevos algoritmos de baja complejidad</i>
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Inicio: 1 de abril del 2016.</i></li> <li>• <i>Fin: 31 de marzo del 2017.</i></li> <li>• <i>Prórroga ordinaria: 10 meses, hasta el 31 de enero del 2018.</i></li> <li>• <i>Duración total: 22 meses.</i></li> </ul>
<b>Entrega del Informe Final</b>	<i>25 de marzo del 2019</i>
<b>Presupuesto asignado</b>	<i>\$ 9.975,00 USD (nueve mil novecientos setentaicinco dólares americanos, con 00/100)</i>
<b>Presupuesto ejecutado</b>	<i>\$ 4.713,80 USD (cuatro mil setecientos trece dólares americanos, con 80/100)</i>





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**ACTA DE FINALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**3. INFORME FINAL:**

El 25 de marzo del 2019 el M.Sc. Jorge Carvajal, Director del Proyecto Semilla PIS-15-09, presenta el Informe Final del Proyecto, y el 6 de junio del 2019 completa la información, misma que es revisada por la Dirección de Investigación y Proyección Social, y que se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones, recomendaciones y productos generados son:

**CONCLUSIONES:**

- a) La principal desventaja de OFDM es la PAPR elevada que presenta la señal transmitida, cuando la señal OFDM con picos elevados de potencia pasa por el HPA, éste se ve obligado a trabajar fuera de su zona lineal y por ende introduce distorsiones en los símbolos OFDM.
- b) Los efectos de las no linealidades decrecen cuando se utilizan técnicas de reducción de la PAPR por ejemplo BBCE. Estas se reflejan en la cantidad de bits errados transmitidos.
- c) Las técnicas de reducción de la PAPR se las clasificó dependiendo de sus propiedades principales ya que existen técnicas que distorsionan la señal OFDM para obtener una reducción de PAPR mientras que otras no tienen esta desventaja, pero puede depender del uso de la información adicional lo que conlleva a que la eficiencia de la transmisión se vea afectada. Las técnicas que no requieren de información adicional son las más atractivas dentro de la solución del problema de la PAPR.
- d) Las técnicas CE tiene una implementación más simple en comparación con las demás técnicas dentro del grupo CS, debido a que estas técnicas únicamente mueven los puntos externos de la constelación para de este modo no afectar la distancia mínima para no afectar el BER.
- e) El esquema de reducción de la PAPR propuesto al reemplazar la IFFT de un transmisor OFDM reduce el costo computacional comparado con otros métodos tradicionales de reducción de PAPR y se obtiene los mismos resultados de reducción de PAPR.
- f) El resultado del algoritmo basado en redes neuronales consigue reducir la PAPR de manera similar a las técnicas ACE-POCS y BBCE. Adicionalmente el esquema propuesto logra obtener una PSD y VER similar, pero con una complejidad computacional reducida.

**RECOMENDACIONES:**

- a) Para obtener buenos resultados en términos de CCDF se sugiere utilizar un valor de número de símbolos OFDM aleatorios de alrededor de  $10^4$  para que las curvas de CCDF y PSD sean confiables debido a que se trabaja con la generación de símbolos.
- b) Se recomienda utilizar 64 sub-portadoras y una modulación QPSK para el algoritmo de reducción de la PAPR propuesto ya que presenta resultados muy cercanos a las técnicas de reducción de la CE.





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**ACTA DE FINALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



- c) Si bien es conocido que el tipo de modulación, número de sub-portadoras y el valor del IBO dependen de los requerimientos de diseño de los sistemas inalámbricos para las simulaciones se recomienda utilizar modulaciones QAM con bajos índices de modulación y el número de subportadores no debe ser muy alto debido a la alta demanda computacional para manejar el gran número de datos que el programa tiene que procesar.

**PRODUCTOS:**

1. Artículo: "Performance analysis of the effects caused by HPA models on an OFDM signal with high PAPR"; Paredes Martha Cecilia, Grijalva Felipe, Carvajal Jorge, Sarzosa Franklin; 2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM) (SCOPUS); DOI: 10,1109/ETCM,2017,8247511; enero 2018.
2. Artículo: "Analysis of quantization metrics for PAPR evaluation in OFDM system"; Paredes Martha Cecilia, Mejía David, Puga Diego; 2016 8th IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM); DOI: 10.1109/LATINCOM.2016.7811602; enero 2017.
3. Artículo enviado para revisión: "Neural Network - Based Scheme for PAPR reduction in OFDM Systems"; Reinoso Diego, Paredes Martha, Grijalva Felipe, Carvajal Jorge; IEEE Communications Letters (Q1); ISSN: 10897798; octubre 2018.
4. Conferencia: "Analysis of quantization metrics for PAPR evaluation in OFDM system"; Paredes Martha Cecilia; Conferencia IEEE LATICOM 2016; Medellín, Colombia; noviembre 2016.
5. Conferencia: "Performance analysis of the effects caused by HPA models on an OFDM signal with high PAPR"; Carvajal Jorge; Second Ecuadorian Technical Chapters Meeting IEEE ETCM 2017; Salinas, Ecuador; octubre 2017.
6. Proyecto de Titulación de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones: "Simulación de la técnica Constellation Extension de reducción de la PAPR de los sistemas OFDM"; Quilumba Toapanta Luis Adolfo; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17071>; febrero 2017.
7. Proyecto de Titulación de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones: "Análisis de los efectos ocasionados por un HPA en una transmisión OFDM con picos de potencia elevada mediante simulaciones en MATLAB"; Sarzosa Recalde Franklin David; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17505>; julio 2017.
8. Proyecto de Titulación de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones: "Estudio y simulación de las técnicas DCO-OFDM, ACO-OFDM y HACO-OFDM para la tecnología Li-Fi en ambientes indoor"; León Carrillo Diego Javier; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19647>; agosto 2018.
9. Proyecto de Titulación de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones: "Comparación de las formas de onda FBMC y UFMC basadas en OFDM a través de simulaciones en Matlab"; Chamba Masabanda Lorena Alexandra; <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19930>; enero 2019.





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**ACTA DE FINALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:**

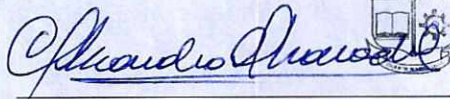
El monto asignado al Proyecto Semilla PIS-15-09 fue \$ 9.975,00 USD (nueve mil novecientos setentaicinco dólares americanos, con 00/100), y ejecutó \$ 4.713,80 USD (cuatro mil setecientos trece dólares americanos, con 80/100), conforme el detalle emitido por la Unidad de Gestión de Investigación y Proyección Social del Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social, que se adjunta a la presente Acta y forma parte integrante de la misma.

**5. FINALIZACIÓN:**

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado al Proyecto Semilla PIS-15-09 "**Algoritmos de reducción de los picos de potencia en sistemas OFDM**".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los once días del mes de junio del año dos mil diecinueve.

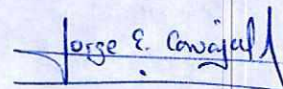


Dra. Alexandra Alvarado  
**Vicerrectora de Investigación  
y Proyección Social**

sp/np



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Y PROYECCION SOCIAL



M.Sc. Jorge Carvajal  
**Director del Proyecto  
PIS-15-09**

Recibido  
13/06/2019  
Jorge E. Carvajal

