



A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. TIPO DE PROYECTO:

Interno		Grupal	X
Semilla		Multidisciplinario	

2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Básica		Aplicada	X
--------	--	----------	---

3. UNIDAD EJECUTORA *(Departamento, Instituto o Estructura de Investigación)*

1. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información (DETRI) ✓

4. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

- 1. Comunicaciones Inalámbricas ✓ (DETRI)
- 2. Seguridad y Privacidad ✓ (DETRI)

5. TÍTULO DEL PROYECTO *(mínimo 10 palabras):*

**SEGURIDAD EN COMUNICACIONES MÓVILES COOPERATIVAS DE 5G USANDO
TECNOLOGÍAS DE CAPA FÍSICA**

6. RESUMEN *(máximo 200 palabras)*

Uno de los grandes desafíos de la sociedad actual es garantizar la seguridad de los datos. El presente proyecto aportará al desarrollo de comunicaciones cooperativas seguras en redes 5G. Los métodos de seguridad tradicionales como criptografía limitarían las altas velocidades y baja latencia demandados en 5G, además de reducir el tiempo de vida de la batería de los terminales móviles. En este sentido, la seguridad en capa física (PLS, del inglés Physical Layer Security) surge como una solución prometedora para transmisiones confiables y privadas de información en redes 5G, ya que su implementación es sencilla y obtiene retardos menores a los de técnicas criptográficas. En concreto este proyecto investigará la combinación de técnicas de procesamiento de señales en transmisión y recepción para mejorar la seguridad en capa física en redes con tecnologías claves de 5G utilizando diferentes modelos de canal inalámbrico. Con este fin se emplearán herramientas de: Teoría de Información, Optimización y procesos estocásticos. Como resultado se formularán expresiones para métricas y cotas de desempeño especialmente diseñadas para la evaluación de PLS tales como Capacidad de Sigilo, Probabilidad de Corte de Sigilo y Tasa de Sigilo. Adicionalmente, se simularán modelos de escenarios de comunicación 5G seguros.

7. PALABRAS CLAVE *(4-6)*

5G, PLS, seguridad de la información, capacidad de sigilo



8. OBJETIVOS

8.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar la seguridad de la información en redes cooperativas que usan tecnologías de 5G a través de técnicas de procesamiento de señales en capa física.

8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Recopilar información en la literatura científica acerca de los potenciales problemas de seguridad en la información a los que se enfrentarán las redes inalámbricas de nueva generación.
- b. Proponer escenarios de comunicación de 5G para evaluar la seguridad en la transmisión de los datos en base a las técnicas y tecnologías a ser investigadas.
- c. Formular criterios de diseño relativos a seguridad en capa física, de fácil uso para redes de comunicaciones móviles cooperativas de 5G.
- d. Evaluar el desempeño de los modelos de seguridad propuestos de comunicación con respecto a: (1) los resultados obtenidos a través de simulaciones de los sistemas de comunicación de 5G usando el método de Monte Carlo y, (2) otros enfoques reportados en la literatura.
- e. Difundir los resultados de este proyecto de investigación a través de la preparación de artículos científicos, divulgación de resultados en congresos y difusión a la comunidad politécnica y científica nacional e internacional.

9. HIPÓTESIS *(opcional)*

La combinación de técnicas de procesamiento de señales en tecnologías emergentes tales como: comunicaciones ultra confiables de baja latencia (URLLC, del inglés Ultra-Reliable Low Latency Communication), sistemas inalámbricos con transferencia simultanea de energía e información (SWIPT, del inglés simultaneous wireless information and power transfer) y comunicaciones full dúplex, en conjunto con esquemas de comunicaciones cooperativas mejorarán la seguridad en capa física de la información de las redes de 5G.

10. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS *(con relación a los objetivos)*

- a. Revisión de métricas de seguridad relativas a capa física más utilizadas para evaluar la confiabilidad de la información en escenarios de nueva generación 5G.
- b. Modelos de comunicación seguros resultantes del análisis de potenciales ataques tanto activos como pasivos.
- c. Criterios de diseño de implementación a ser usados en redes de nueva generación 5G, bajo la perspectiva de seguridad de capa física. Dentro de estos criterios se puede destacar: el orden de diversidad, ganancias de diversidad y ganancias de codificación para los distintos escenarios reales de comunicación inalámbrica en redes 5G.
- d. Curvas de tendencia de desempeño en términos de las métricas, considerando diversos escenarios y topologías de red.
- e. Escenarios (adversary models) para la evaluación de la seguridad en capa física en redes 5G, usando diferentes tecnologías habilitantes.



- f. Publicación de al menos dos artículos científicos en revistas internacionales ubicadas en cuartil dos o superior.
- g. Dos artículos científicos presentado en Congresos indexados en Scopus, de los cuales uno de ellos estará ubicados en el grupo B o superior del listado Excellence in Research in Australia (ERA) 2010 realizado por Computing Research and Education Association of Australasia (CORE).
- h. Generación de al menos un Proyecto de Titulación.
- i. Disertación a la Comunidad Politécnica.

11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN (*científico, social, económico u otros*)

Impacto Social

Los resultados de la investigación que se desarrollará en este proyecto llegarán directamente al alumnado en general. Con esto se pretende complementar la formación de los estudiantes tanto de pre-grado como de post-grado mediante la divulgación de conocimiento científico actual en investigación, para que estos contribuyan activamente en el desarrollo de una sociedad basada en el conocimiento. Además, los resultados del proyecto podrán ser de gran utilidad en una futura implementación de las técnicas investigadas en redes de telefonía móvil celular del país, ayudando a que los usuarios y el entidades públicas y privadas experimenten comunicaciones más confiables.

Impacto Económico

La investigación por realizarse puede eventualmente proyectar un impacto económico a mediano plazo al introducir en el mercado cada uno de los resultados obtenidos en el proyecto propuesto. Específicamente, todos los criterios de diseño a ser alcanzados en este trabajo encuentran su aplicabilidad en el diseño y posible implementación de redes de nueva generación, las cuales serán implementadas a escala global y en el país en los años venideros. De esta forma, los diseñadores de red crearán esquemas de seguridad en 5G de manera más eficiente y eficaz, ahorrando así tiempo y recursos económicos.

Impacto Político

Ninguno

Impacto Científico

En base a los resultados obtenidos en el presente proyecto se destacan los principales impactos científicos a ser alcanzados: (1) Generación de nuevo conocimiento científico (2) Mejoramiento de las actuales líneas de investigación del DETRI, (3) Incremento de la interacción entre grupos de investigación internacionales y nacionales para la creación de conocimiento científico.

Impacto Ambiental

En sí, en la ejecución del proyecto no se ve reflejado ningún impacto al medio ambiente. Sin embargo, en una eventual implementación de los criterios obtenidos en esta investigación a mediano plazo en las redes de nueva generación se reflejará claramente este aspecto. En particular, un criterio muy importante en el diseño e implementación de estas redes es la eficiencia energética, la cual va a ser investigada en el proyecto a través de la tecnología SWIPT. Esta última, hace referencia a que la energía demandada por las redes de nueva generación provenga de energías renovables tales como: energía solar, energía geotérmica y energía eólica. Por lo que, las redes 5G serán amigables con el medio ambiente.



12. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO (máximo tres carillas)

Son relevantes para este proyecto de investigación, las publicaciones realizadas por parte de sus integrantes en las áreas de estimación del canal inalámbrico, comunicaciones inalámbricas y seguridad de la información

- *Publicaciones estimación de canal*
 1. Perim, V., Sánchez, J. D. V., & Santos Filho, J. C. S. (2019). Asymptotically Exact Approximations to Generalized Fading Sum Statistics. *IEEE Transactions on Wireless Communications*.
 2. José D. Vega Sánchez, L. Urquiza-Aguiar and Martha. C. Paredes- Paredes, "An Accurate, Fast Approximation for the Sum of Fading Random Variables via Expectation Maximization Applications to Diversity Systems," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 42616-42630, July, 31 2018. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2861219.
 3. J. David Vega Sánchez, L. Urquiza-Aguiar and M. C. Paredes Paredes, "Performance metrics for diversity-combining techniques over Nakagami-m fading," *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, Salinas, Ecuador, 2017, pp. 1-6. DOI:10.1109/ETCM.2017.8247550
 4. Reinoso Chisaguano, D. J. , Hou Y., Higashino T., & Okada M. (2016). Low-Complexity Channel Estimation and Detection for MIMO-OFDM Receiver With ESPAR Antenna. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 65(10), 8297-8308. doi: 10.1109/TVT.2015.2506782
 5. Tripp-Barba, C., Urquiza-Aguiar, L., Zaldivar-Colado, A., Estrada-Jiménez, J., Aguilar-Calderón, J. A., & Igartua, M. A. (2018). Comparison of propagation and packet error models in vehicular networks performance. *Vehicular Communications*, 12, 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2018.02.001>
 6. Martín-Faus, I. V., Urquiza-Aguiar, L., Aguilar Igartua, M., & Guerin-Lassous, I. (2018). Transient Analysis of Idle Time in VANETs Using Markov-Reward Models. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67(4), 2833–2847. <https://doi.org/10.1109/TVT.2017.2766449>
 7. Urquiza, L., Tripp, C., Martin, I., & Aguilar, M. (2014). Propagation and Packet Error models in VANET simulations. *IEEE Latin America Transactions*, 12(3), 499–507. <https://doi.org/10.1109/TLA.2014.6827879>
 8. Tripp-Barba, C., Urquiza-Aguiar, L., Estrada, J., Aguilar-Calderon, J. A., Zaldivar-Colado, A., & Igartua, M. A. (2014). Impact of packet error modeling in VANET simulations. In *2014 IEEE 6th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST)* (pp. 1–7). Ota: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICASTECH.2014.7068133>
- *Publicaciones comunicaciones inalámbricas (OFDM, Celulares)*
 1. Reinoso Chisaguano, D. J., & Okada M. (2013). Low Complexity Submatrix Divided MMSE Sparse-SQRD Detection for MIMO-OFDM with ESPAR Antenna Receiver. *VLSI Design, 2013*. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/206909>
 2. Martha C. Paredes Paredes, M. Julia Fernández-Getino García, "Performance of OPS-SAP Technique for PAPR Reduction in IEEE 802.11p scenarios" *Ad Hoc Networks Journal*, vol. 52, p. 78-88, December 2016. DOI: [10.1016/j.adhoc.2016.07.010](https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.07.010)
 3. Martha C. Paredes Paredes, J. Joaquín Escudero-Garzás and M. Julia Fernández-Getino García, "PAPR reduction via Constellation Extension in OFDM systems using Generalized Benders Decomposition and Branch and Bound techniques", *IEEE*



- Transactions on Vehicular Technology, vol. 65, no. 7, pp. 5133-5145, June 2015. DOI: 10.1109/TVT.2015.2450178,
4. Martha C. Paredes Paredes, M. Julia Fernández-Getino García, "Energy Efficient Peak Power Reduction in OFDM with Amplitude Predistortion aided by Orthogonal Pilots" IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 59, no. 1, pp. 45-53, Feb. 2013. DOI: 10.1109/TCE.2013.6490240.
 5. Lizet Chamorro, Andres Fernando Reyes and M. C. Paredes-Paredes, "Interference Evaluation in LTE Heterogeneous Networks", 2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Cuenca, Ecuador, October 2018, pp. 1-6. doi: 10.1109/ETCM.2018.8580332
 6. L. Montalvo, E. Gautier, D. Sayed, T. Borja, M. C. Paredes Paredes and I. Bernal, "An efficient residential LTE small cell using a "designated" wireless local loop band," 2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Salinas, Ecuador, 2017, pp. 1-6. DOI: 10.1109/ETCM.2017.8247503
 7. M. C. Paredes Paredes, F. Grijalva, J. Carvajal-Rodríguez and F. Sarzosa, "Performance analysis of the effects caused by HPA models on an OFDM signal with high PAPR," 2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Salinas, Ecuador, 2017, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ETCM.2017.8247511
 8. Martha C. Paredes Paredes, David Mejía Navarrete and Diego F. Puga-Placencia, "Analysis of quantization metrics for PAPR evaluation in OFDM systems," In 2016 8th IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM), Medellin - Colombia, pp. 1-6, 2016. DOI: 10.1109/LATINCOM.2016.7811602
 9. Martha C. Paredes Paredes, M. Julia Fernández-Getino García, "Performance Evaluation of OPS-SAP PAPR Reduction Technique in OFDM Systems in a Wireless Vehicular Context", In Proceedings of the 12th ACM Symposium on Performance Evaluation of Wireless Ad Hoc, Sensor, & Ubiquitous Networks (PE-WASUN '15), Cancun, Mexico, ACM, pp. 49-54, November 4-6, 2015. DOI:10.1145/2810379.2810392.
 10. Martha C. Paredes Paredes, M. Julia Fernández-Getino García, "Comparison of Architectures for PAPR reduction in OFDM combining Pilot Symbols with Constellation Extension", IEEE European Conference (EUROCON, 2013), pp. 391 - 398, Zagreb – Croacia, 1-4 July 2013. DOI: 10.1109/EUROCON.2013.6625013.
- *Publicaciones seguridad*
 1. Vega Sánchez, José David, Urquiza-Aguilar, Luis, & Paredes Paredes, Martha Cecilia. (2019). Physical Layer Security for 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3532040>
 2. Rebollo-Monedero, D., Forné, J., Pallarès, E., Parra-Arnau, J., Tripp, C., Urquiza, L., & Aguilar, M. (2014). On collaborative anonymous communications in lossy networks. *Security and Communication Networks*, 7(12), 2761–2777. <https://doi.org/10.1002/sec.793>
 3. Tripp-Barba, C., Urquiza-Aguilar, L., Aguilar-Igartua, M., Parra-Arnau, J., Rebollo-Monedero, D., Forné, J., & Pallarès, E. (2013). A collaborative protocol for anonymous reporting in vehicular ad hoc networks. *Computer Standards & Interfaces*, (0). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2013.06.001>



13. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA (máximo tres carillas) Bibliografía (Normas APA)

Uno de los grandes desafíos de sociedad actual que utiliza constantemente servicios ubicuos donde los datos están siempre disponibles es garantizar la confiabilidad y privacidad. En este contexto, un claro ejemplo de violación de la privacidad de la información, recientemente suscitado en el país es la filtración de datos personales de millones de ecuatorianos y de empresas privadas tras la vulnerar un servidor con sede en Miami, propiedad de la empresa Novaestrat. Este hecho pone en riesgo a los actores involucrados a potenciales estafas, robos de identidad y fraudes financieros. Ataques a la seguridad de la información puede ocurrir en su destino final (e.g. base de datos) o mientras es transmitida hacia a su destino. Por ellos las redes de 5G deberán emplear tecnologías inteligentes, eficientes y seguras que garanticen tasas de datos elevadas, amplias coberturas, uso eficiente del espectro radioeléctrico y un consumo eficiente de energía, las cuales permitirán impulsar el crecimiento económico y social a nivel mundial de formas totalmente innovadoras (Agiwal, Roy, & Saxena, 2016; Buzzi et al., 2016; Liu, D., Hong, W., Rappaport, T. S., Luxey, C., Hong, 2017). Este proyecto estudiará como mejorar la seguridad de las redes de 5G usando diferentes tecnologías candidatas a nivel de capa física.

Debido a la naturaleza broadcast inherente de las comunicaciones inalámbricas, cualquier usuario de la red es capaz de recibir las transmisiones dentro de su área de cobertura. De esta forma, este tipo de comunicación es susceptible de ataques que pueden ser (i) pasivos, tales como interceptación de mensajes, análisis de tráfico y monitoreo, o (ii) activos, tales como interferencia intencional (jamming), adulteración, modificación o denegación de servicio (Bhushan & Sahoo, 2017; Gai, Member, Qiu, Ming, & Student, 2017). En este contexto, la seguridad en la capa física (del inglés Physical Layer Security-PLS, ha despertado gran interés para dotar de seguridad a los sistemas de comunicación inalámbricos futuros (Yang, Wang, Geraci, & Yuan, 2015), constituyendo un recurso inexplorado para mejorar la seguridad de estos sistemas y para reducir la complejidad de los métodos convencionales. Dentro de estos métodos se encuentra la criptografía, actualmente utilizada para brindar seguridad en la información en las redes 4G LTE. La criptografía se basa en algoritmos matemáticos cada vez más complejos con el fin de no ser vulnerados. Esta complejidad incurre en el uso de recursos energéticos y demanda retardos de transmisión cada vez mayores para su implementación en capas superiores (capa 7) del modelo OSI (del inglés, Open System Interconnection). Dicho esto, este método no es un claro candidato para usar en las redes móviles 5G, ya que un requerimiento a no ser negociado en esta red son las bajas latencias y el uso eficiente de la energía en los dispositivos finales. En el caso opuesto, la seguridad en capa física no depende de algoritmos matemáticos y su implementación como su nombre lo dice se la realizará en la capa física (capa 1) del modelo OSI, trayendo enormes beneficios con respecto al uso eficiente de la energía y mejoramiento en retardos de la red.

Las primeras nociones de PLS dentro de la teoría de información fueron introducidas en 1948 (Shannon, 1948); sin embargo, el modelo de "canal de escucha" fue introducido en 1975 (Wyner, 1975), sobre el cual se fundamentan los modelos de sigilo. Posteriormente, los resultados de Wyner se extendieron para el canal de broadcast (Csiszár, I., & Korner, 1978) y para el canal Gaussiano (Leung-Yan-Cheong, S., 1978), donde se mostró que la capacidad de sigilo es igual a la diferencia entre la capacidad del enlace principal y del enlace de escucha. De estos trabajos se concluye que los efectos del desvanecimiento propios de los canales inalámbricos pueden degradar la capacidad de sigilo. En ese sentido, en (Bhargav, Cotton, & Simmons, 2016; Lei, Ansari, Pan, Alomair, & Alouini, 2017), la capacidad de sigilo es caracterizada bajo los diferentes efectos del desvanecimiento. Por otro lado, las comunicaciones cooperativas entre nodos (i.e., nodos que colaboran entre sí para reenviar mensajes) provistos de una única antena han probado ser eficientes al garantizar la seguridad de la comunicación contra ataques de intrusos, emulando

J.L.



sistemas de múltiples antenas (MIMO, del inglés Multiple-Input Multiple-Output). Además, los nodos repetidores permiten crear señales de interferencia hacia el atacante con el fin de perturbar la información recibida, mejorando así notablemente la fuga de información del enlace legítimo (Wang, H. M., & Xia, 2015). Por otro lado, en el contexto de eficiencia energética, la técnica conocida como energy harvesting (EH) (Akbari, 2014) se ha mostrado bastante atractiva para prolongar la operación de comunicaciones cooperativas basadas en retransmisores, a través de la captación de energía de las señales de radio para mejorar significativamente la autonomía energética del nodo retransmisor (Ding, Perlaza, & Poor, 2014; Lu, Shi, & Ye, 2018; Nasir et al., 2013). Es decir, las comunicaciones cooperativas ayudan a cumplir con los objetivos impuestos a las redes de 5G en cuanto a seguridad y eficiencia energética.

Este proyecto abordará el diseño de técnicas y/o criterios de seguridad de la información en capa física para redes 5G. Para este propósito, se integrarán técnicas de procesamiento de señal con tecnologías emergentes de comunicación, tales como SWIPT, URLLC y comunicaciones inalámbricas full dúplex (Fan, Zhao, Gong, Yang, & Karagiannidis, 2017; Zhang, Chai, Long, Vasilakos, & Hanzo, 2015), en escenarios de comunicaciones cooperativas que formarán parte de las redes de 5G. Es así, como este proyecto pretende contribuir a mejorar la integridad y confidencialidad de las comunicaciones inalámbricas en redes de nueva generación 5G.

Para cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto, como metodología, herramientas matemáticas y métodos provenientes de áreas como Teoría de Información (Cover et al., 1991), Probabilidad e Procesos Estocásticos (Papoulis, A., Pillai, 2002), Geometría Estocástica Estocástica (Chiu, Stoyan, Kendall, & Mecke, 2013) y Teoría de optimización (Cavazzuti, 2013) serán empleados para modelar ambientes “adversarios”, los cuales van a ser muy comunes en las redes de 5G. Además, al buscar soluciones de eficiencia energética en redes cooperativas, problemas matemáticos no lineales son muy comunes a ser encontrados, debido a la naturaleza del medio de propagación inalámbrico. Para abordar este campo, técnicas de la teoría de optimización analítica y heurística serán utilizadas. Por otro lado, el canal inalámbrico será caracterizado utilizando herramientas propias de la teoría de geometría estocástica. Esta área está relacionada con la teoría de procesos puntuales de Poisson que modela las posiciones aleatorias de los nodos (móviles, sensores, etc.) en una red. Entre estos procesos se tienen: (1) Proceso puntual Hard Core, (2) Proceso clusterizado de Poisson. Adicionalmente, con ayuda de la Teoría de probabilidad y Procesos Estocásticos, el análisis de desempeño de la red en términos de seguridad podrá ser cuantificado a través de las diferentes métricas como, por ejemplo: Probabilidad de Interrupción, Probabilidad de Interrupción de Sigilo y Capacidad de Sigilo.

El proyecto estará dividido en tres etapas que se detallan a continuación:

Etapas I (Análisis de PLS en 5G): En esta etapa, como se mencionó anteriormente, se realizará una exhaustiva búsqueda de literatura existente actual sobre métricas de desempeño relativas a la seguridad de la información en tecnologías claves para la red 5G. Del total de trabajos encontrados en los buscadores académicos, se escogerá aquellas aportaciones de mayor impacto, para posteriormente realizar la reproducción de sus resultados, con el fin de compararlos posteriormente con las técnicas a ser propuestas.

Etapas II (Propuesta de técnicas para mejorar la PLS en 5G): Aquí, a través de la exploración de diversos modelos de comunicación potencialmente vulnerables que formarán parte de la red de nueva generación se diseñarán técnicas/criterios de seguridad en capa física para precautelar la fuga de información en dichos escenarios “adversarios”. Para tal propósito, se utilizará los siguientes enfoques con el fin de mejorar la seguridad de la información a través de la capa física:

- i) Diversidad en transmisión (gran número de antenas) en el nodo transmisor, que con la ayuda de la técnica conocida como *beamforming*, la señal de información a ser transmitida por el medio

inalámbrico es direccionada sólo hacia el usuario legítimo. Por lo que, el espía recibirá una señal sumamente degradada, lo cual significa que no podrá utilizar dicha señal para sustraer información; ii) Tecnología Full-duplex, el concepto intuitivo de esta tecnología se basa en el hecho de que una antena puede transmitir y recibir información al mismo tiempo. Basado en este hecho, el receptor legítimo con el fin de evitar que la información se dirija hacia usuarios no autorizados, podría crear un ruido artificial para transmitirlo en dirección de los espías y así perturbarlos, mientras recibe la información proveniente del transmisor legítimo al mismo tiempo.

Etapa III (Simulación de las técnicas propuestas en softwares profesionales): En esta etapa final, se partirá del modelo presentado en la Fig. 1, el cual consiste en un transmisor, un nodo relay (comunicación cooperativa), varios usuarios legítimos y un nodo espía.

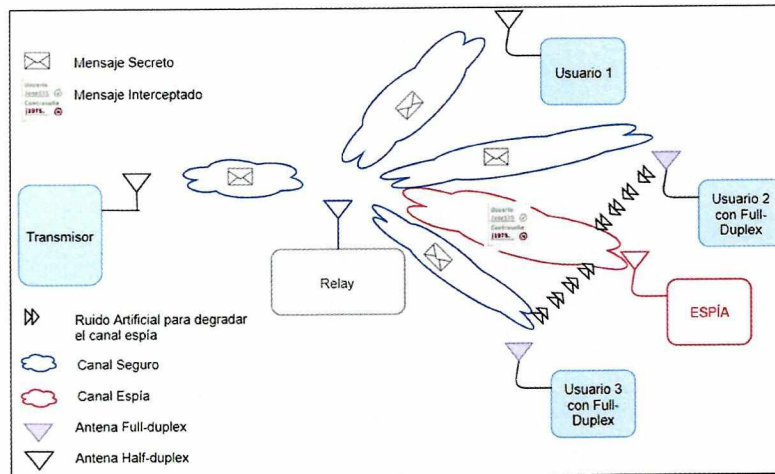


Fig. 1.- Esquema de Seguridad en Capa Física para redes de nueva generación.

En la Fig.1, el transmisor envía información a los usuarios autorizados (nodos azules) de la red a través del canal legítimo (nubes en azul), mientras tanto el espía (nodo rojo) intenta interceptar la señal para sacar provecho (robar información valiosa) de ella a través del canal escuchante (nube en rojo). En este escenario, que el espía no pueda interceptar la señal enviada por el relay, dos nodos de la red (usuario 2, usuario 3) son incorporados con antenas full-duplex (tecnología candidata a 5G), la cual les permite recibir la información (nubes azules) y transmitir ruido artificial (rectángulos negros) en dirección del usuario espía con el fin de degradar la señal recibida por el intruso y así este no pueda decodificar de manera correcta la señal recibida. Además, con el fin de obtener resultados muy realistas, en todos los escenarios a ser investigados se considerará el modelo de canal (nubes azules y rojas) “*N-Ray*”. Este modelo, recientemente propuesto en la literatura científica se ajusta muy bien a las medidas de campo de comunicaciones inalámbricas en ambientes urbanos donde interactúa *millimeter wave -- mm-Wave---* (tecnología candidata a 5G). Esta tecnología en esencia es la que permitirá alcanzar a la red 5G ultra-altas tasas de transmisión, dado que las señales a altas frecuencias (banda milimétrica, en el orden de 30GHz a 300 GHz) transportan muchas más información que aquellas de bajas frecuencias (300MHz a 3GHz), como el caso de la actual red 4G. Además mm-Wave permite la implementación de *massive MIMO beamforming* – enorme cantidad de antenas en transmisión – (tecnología candidata a 5G) en las estaciones base (nodo transmisor en Fig. 1.). Finalmente, una vez propuestos los modelos seguros de comunicación (Ver Fig. 1), se cuantificará la mejora de la seguridad en capa física a través de métricas de desempeño relativas a seguridad a través de softwares especializados tales como Mathematica Wolfram, MATLAB y Octave. Con los resultados obtenidos en esta sección, se generarán publicaciones científicas en congresos y revistas.



BIBLIOGRAFIA

- Agiwal, M., Roy, A., & Saxena, N. (2016). Next Generation 5G Wireless Networks : A Comprehensive Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3), 1617–1655.
- Akbari, S. (2014). Energy Harvesting for Wireless Sensor Networks Review. In *Computer Science and Information Systems (FedCSIS)* (Vol. 2, pp. 987–992). Warsaw. doi:10.15439/2014F85
- Bhargav, N., Cotton, S. L., & Simmons, D. E. (2016). Secrecy Capacity Analysis over $\kappa - \mu$ Fading Channels : Theory and Applications. *IEEE Transactions on Communications*, 64(7), 3011–3024. doi:10.1109/TCOMM.2016.2565580
- Bhushan, B., & Sahoo, G. (2017). Recent Advances in Attacks , Technical Challenges , Vulnerabilities and Their Countermeasures in Wireless. *Wireless Personal Communications*, 98(2), 2037–2077. doi:10.1007/s11277-017-4962-0
- Buzzi, S., Member, S., Member, S., Klein, T. E., Poor, V., Yang, C., ... Zappone, A. (2016). A Survey of Energy-Efficient Techniques for 5G Networks and Challenges Ahead. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 34(4), 697–709. doi:10.1109/JSAC.2016.2550338
- Cavazzuti, M. (2013). *Optimization Methods*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Chiu, S. N., Stoyan, D., Kendall, W. S., & Mecke, J. (2013). *Stochastic Geometry and Its Applications*, 3rd Edition (Third Edit.). West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Cover, T. M., Thomas, J. A., Bellamy, J., Freeman, R. L., Freeman, R. L., & Liebowitz, J. (1991). *Elements of Information Theory* (Second Edi.). New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Csiszár, I., & Korner, J. (1978). Broadcast channels with confidential messages. *IEEE transactions on Information Theory*, 24(3), 339–348.
- Diario, E. C. (n.d.). *Gobierno, frente a filtración de datos: Empresa ha sustraído Información de instituciones del regimen anterior*. Quito. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/actualidad/michelena-datos-filtracion-empresa-privacidad.html>
- Ding, Z., Perlaza, S. M., & Poor, H. V. (2014). Power Allocation Strategies in Energy Harvesting Wireless Cooperative Networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 13(2), 846–860.
- Fan, L., Zhao, R., Gong, F., Yang, N., & Karagiannidis, G. K. (2017). Secure Multiple Amplify-and-Forward Relaying over Correlated Fading Channels. *Transactions on Communications*, 65(7), 2811–2820. doi:10.1109/TCOMM.2017.2691712
- Gai, K., Member, S., Qiu, M., Ming, Z., & Student, H. Z. (2017). Spoofing-Jamming Attack Strategy Using Optimal Power Distributions in Wireless Smart Grid Networks. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 8(5), 2431–2439. doi:10.1109/TSG.2017.2664043
- Lei, H., Ansari, I. S., Pan, G., Alomair, B., & Alouini, M. (2017). Secrecy Capacity Analysis over $\alpha - \mu$ Fading. *IEEE Communications Letters*, 21(6), 1445–1448. doi:10.1109/LCOMM.2017.2669976
- Leung-Yan-Cheong, S., H. (1978). The Gaussian Wire-Tap Channel. *IEEE transactions on information theory*, 24(451-456).



Liu, D., Hong, W., Rappaport, T. S., Luxey, C., Hong, W. (2017). What will 5G Antennas and Propagation Be ? *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 65(12), 6205–6212.

Lu, G., Shi, L., & Ye, Y. (2018). Maximum Throughput of TS / PS Scheme in an AF Relaying Network With Non-Linear Energy Harvester. *IEEE Access*, 6, 26617–26625. doi:10.1109/ACCESS.2018.2834225

Nasir, A. A., Member, S., Zhou, X., Durrani, S., Member, S., & Kennedy, R. A. (2013). Relaying Protocols for Wireless Energy Harvesting and Information Processing. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 12(7), 3622–3636.

Papoulis, A., Pillai, S. U. (2002). *Probability, random variables, and stochastic processes* (Fourth Edi.). New York, USA: McGraw-Hill Education.

Shannon, C. E. (1948). Communication theory of secrecy systems. *Bell system technical journal*, 28(4), 656–715.

Wang, H. M., & Xia, X. G. (2015). Enhancing Wireless Secrecy via Cooperation : Signal Design and Optimization. *IEEE Communications Magazine*, 53(12), 47–53.

Wyner, A. D. (1975). The Wire-Tap Channel. *Bell system technical journal*, 54(8), 1355–1387.

Yang, N., Wang, L., Geraci, G., & Yuan, J. (2015). Safeguarding 5G Wireless Communication Networks Using Physical Layer Security. *IEEE Communications Magazine*, 53(4), 20–27. doi:10.1109/MCOM.2015.7081071

Zhang, Z., Chai, X., Long, K., Vasilakos, A. V., & Hanzo, L. (2015). Full Duplex Techniques for 5G Networks : Self-Interference Cancellation , Protocol Design , and Relay Selection. *IEEE Communications Magazine*, 53(5), 128–137.

14. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- El proyecto no requiere ningún equipo existente en los laboratorios.

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio ZZ	NO APLICA	NO APLICA
NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

15. MONTO REQUERIDO

16.1 Monto y justificación del equipo requerido

Como parte del modelamiento de comunicaciones seguras en redes de 5G sobre canales realistas se realizarán simulaciones en las herramientas Wolfram Matemática y Matlab por lo cual es necesario disponer de dos Laptops para instalar estos programas en las mismas. Estos son software de simulación avanzada para investigación que dan mucha versatilidad y permiten realizar simulaciones avanzadas que usualmente consumen bastante tiempo y recursos de procesamiento. Por estas razones se requiere instalar en un computador portátil Matlab y en el otro Matemática; esto permitirá optimizar el tiempo y la realización de más simulaciones para el modelamiento de canales seguros mediante las métricas correspondientes.

El proceso de almacenamiento, procesamiento y análisis de la información es indispensable para llegar a cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto de investigación. Además, los resultados de las simulaciones arrojan resultados que ocupan bastante espacio en disco duro (llegando a ser en el orden de varios GB por simulación). Por estas razones, es necesario disponer de un sistema de almacenamiento de alta capacidad y con facilidad de acceso desde varias

JLL



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN



estaciones. Un NAS (network-attached storage) es un dispositivo de almacenamiento de acceso remoto que tiene la capacidad para almacenar grandes volúmenes de información y permite acceso remoto a través de una red LAN. El NAS permitirá guardar los datos obtenidos de las simulaciones para su posterior análisis e inclusive uso en proyectos futuros.

16.2 Monto y justificación del personal requerido

El proyecto de investigación tiene un fuerte componente de simulación para el cual se requiere de personal calificado con excelentes conocimientos de programación en Matemática y MATLAB por lo que la principal tarea del técnico de investigación será programar y validar los bloques de comunicaciones en los diferentes escenarios que se estudiarán dentro de las comunicaciones de 5G.

16.4 Monto y justificación de los investigadores invitados

No aplica

16.5 Monto y justificación de los viajes y salidas del campo requeridos

Como parte de los resultados que se generarán en este proyecto están la publicación de dos artículos indexados JCR y dos congresos indexados en Scopus. Uno de los artículos será publicado en una revista de acceso abierto para lograr una difusión más amplia de nuestros hallazgos. Por otro lado, la publicación de resultados intermedios será expuestos en ponencias de alto nivel tanto nacional como internacional para lograr colaboración e interés de la comunidad científica local e internacional.

16. FONDOS ADICIONALES

- *No se han solicitado fondos de otros organismos*



B. DATOS INFORMATIVOS

1. INFORMACIÓN DEL DIRECTOR, CODIRECTOR, COLABORADORES Y COLABORADORES TÉCNICOS

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Rol	Título de mayor nivel y mención.
Urquiza Aguiar Luis Felipe	1717545287	12	Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información	Director	PhD en Ingeniería Telemática
Diego Javier Reinoso Chisaguano	0502968381	8	Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información	Codirector	PhD en Ingeniería
Paredes Paredes Martha Cecilia	1803691052	8	Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información	Colaborador interno	PhD en Multimedia y Comunicación
Vega Sánchez José David	1718454620	10	Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información	Colaborador interno	M.Sc. en Telecomunicaciones y Telemática.
Zambrano Vizueté Ana María	1714040258	5	Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información	Colaborador interno	PhD. en Telecomunicaciones

JLH
* HSS =Horas Semana Semestre: Es el número de horas que se dedica por semana a la investigación. Este número de horas se mantiene para todo el semestre



DECLARACIÓN FINAL DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos.

Firma del Director del Proyecto
Nombre: Luis Felipe Urquiza Aguiar
C.I.: 1717545287

Proyecto de Investigación Grupal
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Título del Proyecto:

SEGURIDAD EN COMUNICACIONES MÓVILES COOPERATIVAS DE 5G USANDO TECNOLOGÍAS DE CAPA FÍSICA

AÑO 1

Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Recopilar información en la literatura científica acerca de los potenciales problemas de seguridad en la información a los que se enfrentarán las redes inalámbricas de nueva generación	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																																
1,1	Revisión bibliográfica con el fin de identificar las ventajas que ofrece la seguridad en capa física para escenarios relativos a tecnologías claves que interactuarán en la plataforma 5G tales como: full dúplex, radio cognitivo, redes URLLC y comunicaciones cooperativas.	█	█	█																																													
1,2	Del total de trabajos encontrados en la literatura científica se escogerán aquellos de mayor impacto, para posteriormente realizar la reproducción de sus resultados, con el fin de usarlos para comparación con las técnicas a ser propuestas en etapas posteriores.			█	█	█	█	█																																									
1,3	Seleccionar las aportaciones científicas, que servirán de base teórica para las nuevas propuestas en el proyecto de investigación planteado.									█	█	█	█	█	█	█																																	
2	Proponer escenarios de comunicación de 5G para evaluar la seguridad en la transmisión de los datos en base a las técnicas y tecnologías a ser investigadas.													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																



3,2	Con la ayuda de herramientas matemáticas tales como: Teoría de la información y procesos estocásticos se derivarán a partir de las métricas de seguridad (SC y SOP), criterios de diseño relativos a seguridad en capa física de fácil uso.													
3,3	Como resultado del ítem 3,2 se obtendrán expresiones para: i) orden de diversidad; ii) ganancias de diversidad, y iii) ganancias de codificación. Estos criterios son muy importantes en el diseño de una red, para su posterior implementación.													
4	Evaluar el desempeño de los modelos de seguridad propuestos de comunicación con respecto a: (1) los resultados obtenidos a través de simulaciones de los sistemas de comunicación de 5G usando el método de Monte Carlo y, (2) otros enfoques reportados en la literatura.													
4,1	Con el fin de verificar la contribución de las técnicas investigados para mejorar la seguridad en capa física en redes 5G, se compararán nuestro modelos de comunicación seguros con aquellos modelos propuestos en la literatura científica. Esta comparación se la realizará a través de las métricas de desempeño, a saber CS y SOP.													
4,2	En el caso de que no existan enfoques afines a los propuestos en esta investigación, se procederá a validar los resultados obtenidos a través de Simulación por método Monte Carlo, enfoque ampliamente utilizado en la literatura científica. Para este propósito, se hará uso de herramientas de cálculo numérico y simbólico ofrecidas por MATLAB y Mathematica Wolfram.													

M.

5	<p>Difundir los resultados de este proyecto de investigación a través de la preparación de artículos científicos, divulgación de resultados en congresos y difusión a la comunidad politécnica y científica nacional e internacional.</p>																																								
5,1	<p>Escritura de artículos científicos en los diferentes formatos provistos para Revistas y Conferencias nacionales e internacionales.</p>																																								
5,2	<p>Transferencia de conocimientos adquiridos de los temas investigados relativos a seguridad en capa física para redes 5G a través de charlas técnicas y seminarios.</p>																																								
5,3	<p>Finalmente, como productos, se obtendrán artículos científicos, en los cuales se detallará las investigaciones realizadas en este proyecto. En esta etapa se enviarán los artículos a las conferencias y revistas de interés.</p>																																								

Handwritten signature or initials in blue ink.



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

AÑO 1

Título del proyecto

Técnicas de seguridad en Capa Física para redes móviles 5G sobre canales de desvanecimiento correlacionados.

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	6	mes	\$ 133,67	\$ 802,02	\$ 157,20	\$ 943,18
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	10	mes	\$ 986,00	\$ 9.860,00	\$ 1.104,32	\$ 11.043,20
Subtotal 1			\$ 1.119,67	\$ 10.662,02	\$ 1.261,52	\$ 11.986,38
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo informático						
3.1 Almacenamiento NAS	1		\$ 2.700,00	\$ 2.700,00	\$ 3.024,00	\$ 3.024,00
3.2 Computadores portátiles	2		\$ 1.600,00	\$ 3.200,00	\$ 1.792,00	\$ 3.584,00
3.3 Impresora multifunción	1		\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 672,00	\$ 672,00
Subtotal 3			\$ 4.900,00	\$ 6.500,00	\$ 5.488,00	\$ 7.280,00
4 Insumos y reactivos						
4.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes congresos nacionales	1		\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 336,00	\$ 336,00
7.2 Viaticos y subsistencias nacionales	1		\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 560,00	\$ 560,00
Subtotal 7			\$ 800,00	\$ 800,00	\$ 896,00	\$ 896,00
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior congresos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2 Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 8			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones congresos nacionales	1		600,00	\$ 600,00	\$ 672,00	\$ 672,00
9.2 Pago de inscripciones congresos internacionales			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 9			\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 672,00	\$ 672,00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones nacionales			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior	1		\$ 2.200,00	\$ 2.200,00	\$ 3.014,00	\$ 3.014,00
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ 2.200,00	\$ 2.200,00	\$ 3.014,00	\$ 3.014,00
TOTAL				\$ 20.762,02		\$ 23.848,38



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 2

Título del proyecto

Técnicas de seguridad en Capa Física para redes móviles 5G sobre canales de desvanecimiento correlacionados.

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	6	mes	\$ 133,67	\$ 802,02	\$ 157,20	\$ 943,18
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 986,00	\$ 11.832,00	\$ 1.104,32	\$ 13.251,84
Subtotal 1			\$ 1.119,67	\$ 12.634,02	\$ 1.261,52	\$ 14.195,02
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo informático						
3.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Literatura especializada						
5.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes congresos nacionales				\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias nacionales				\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior congresos	1		\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 2.016,00	\$ 2.016,00
8.2 Viaticos al exterior	1		\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 900,00	\$ 900,00
Subtotal 8			\$ 2.700,00	\$ 2.700,00	\$ 2.916,00	\$ 2.916,00
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones congresos nacionales	0			\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones congresos internacionales	1		1.100,00	\$ 1.100,00	\$ 1.507,00	\$ 1.507,00
Subtotal 9			\$ 1.100,00	\$ 1.100,00	\$ 1.507,00	\$ 1.507,00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 16.434,02		\$ 18.618,02

20.

Título del proyecto

Técnicas de seguridad en Capa Física para redes móviles 5G sobre canales de desvanecimiento correlacionados.

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 10.662,02	\$ -	\$ 6.500,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 800,00	\$ -	\$ 600,00	\$ 2.200,00	\$ 20.762,02
2	\$ 12.634,02	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.700,00	\$ 1.100,00	\$ -	\$ 16.434,02
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 23.296,04	\$ -	\$ 6.500,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 800,00	\$ 2.700,00	\$ 1.700,00	\$ 2.200,00	\$ 37.196,04

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 11.986,38	\$ -	\$ 7.280,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 896,00	\$ -	\$ 672,00	\$ 3.014,00	\$ 23.848,38
2	\$ 14.195,02	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.916,00	\$ 1.507,00	\$ -	\$ 18.618,02
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 26.181,39	\$ -	\$ 7.280,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 896,00	\$ 2.916,00	\$ 2.179,00	\$ 3.014,00	\$ 42.466,39

LL

42.466.40

