

# Ciber-Sistemas



## Revista de Ingeniería



# Revista Ciber-Sistemas

Fundación Universitaria Los Libertadores  
Bogotá, febrero de 2023  
ISSN: 2745-2662

Presidente del Claustro  
Juan Manuel Linares

Rectora  
Ángela María Merchán Basabe

Vicerrector Académico  
Vladimir Alfonso Ballesteros Ballesteros

Vicerrectoría Proyección Social  
María Angélica Cortés Montejo

Vicerrectoría Administrativa y Financiera  
Juan Andrés Hernández Zapata

Coordinación Institucional Editorial  
Heidy Lisbeth Giral Huertas

## Comité Editorial

Oscar Fernando Penagos Espinel  
John Petearson Anzola  
Briyid Lorena Orozco Bohórquez

## Editor Jefe

Jorge Luis Nisperuza Toledo



## CIBER-SISTEMAS

## Licencia de Publicación



Publicación disponible en:  
<http://hdl.handle.net/11371/6078>

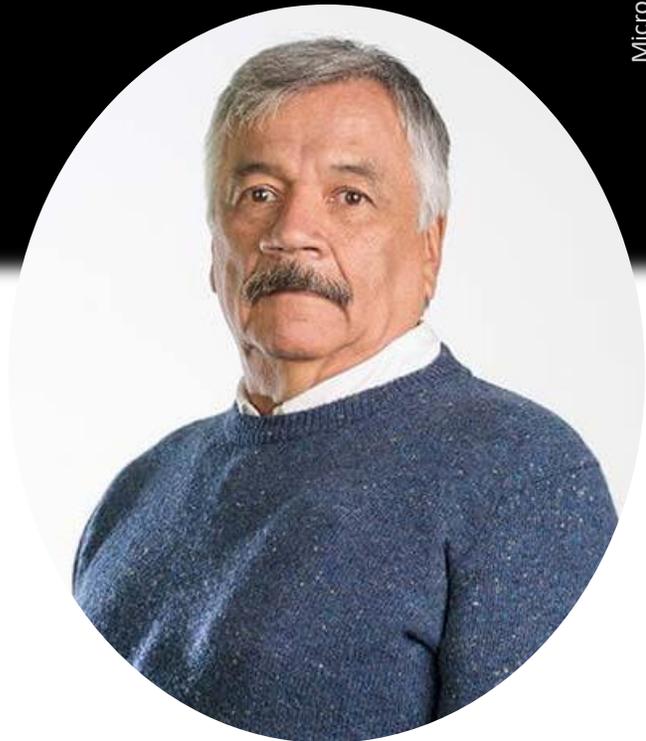


# 6G

## Transformando nuestro futuro ...

### Editor Invitado

La telefonía móvil ha evolucionado rápidamente, convirtiéndose en un aliado esencial en nuestra vida diaria. La tecnología 6G está llevando esta evolución un paso más allá, con velocidades de transmisión de datos sin precedentes, latencia reducida y mayor capacidad de red. Esto facilita una interconexión más fluida, permitiendo desde hogares inteligentes hasta ciudades y vehículos autónomos. La sociedad se beneficia de estas mejoras, ya que la 5G mejora la comunicación, la productividad y el entretenimiento, redefiniendo nuestras experiencias diarias.



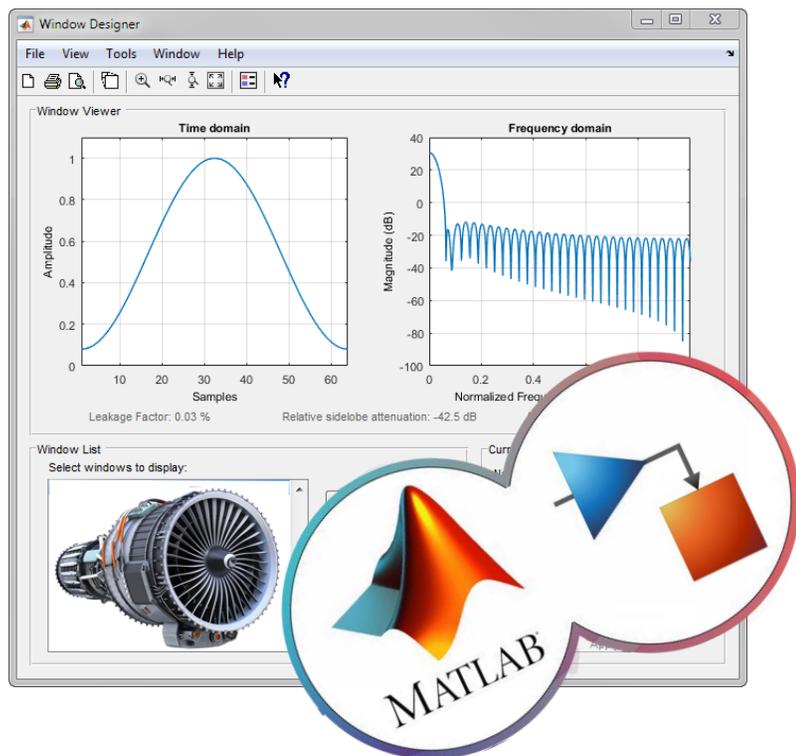
Q.E.P.D. Jaime Ramírez Artunduaga

# Artículos de Divulgación

# Artículos de Divulgación

## 05 Análisis Paramétrico para Motores Turbofán de Alto Bypass mediante el Software Matlab

Juan Fernando Uribe Cruz, Miguel Ángel Pérez Galindo, Francisco Javier Gonzales Cruz, Richard Giovanni Avella Sarmiento, Pedro Fernando Melo Daza, Iván Camilo Barón Gómez



## 17 El poder Extractivista y el Efecto Aculturizador del Turismo en las Comunidades Indígenas de los Pueblos Colombianos

Yury Vanessa Ávila Arana, Lina Lucía Vargas Duque  
Karen Michel Peláez Figueroa

## 32 Aplicación de las Fases del Análisis Forense Digital Simulando una Escena del Crimen Denominada "El Hacker Asesino"

Jhon Fredy Pardo Salazar, Jorge Luis Vitola  
Héctor Manuel Herrera Herrera

## 48 La evolución de los Computadores: Desde los Transistores hasta los Servidores de la Era Actual

Moisés de Jesús Ibarra García, Julián Andrés Paredes Almanza



Imagen generada por Dall-E 2



# Análisis Paramétrico para Motores Turbofán de Alto Bypass mediante el Software Matlab

Juan Uribe, Miguel Pérez, Francisco González,  
Richard Avella, Pedro Melo e Iván Barón  
Fundación Universitaria Los Libertadores

---

## Resumen

El objetivo de este proyecto es desarrollar un software para el análisis paramétrico de motores turbofán, esto en vista de las diferentes técnicas termodinámicas que existen para el año 2022. En consecuencia, se planea identificar factores de interés tales como: consumo específico de combustible, eficiencia propulsiva, empuje neto, velocidad de los gases de escape del motor y otros factores de desempeño. La metodología aplicada es cascada, esta permitió una revisión minuciosa al terminar cada fase lo que resultó en un producto final testeado, desde la primera fase donde definió los objetivos y las delimitaciones, seguido de una revisión bibliográfica, análisis de la información, desarrollo del código en Matlab, elaboración de código con base de datos, verificación del código y puesta a punto. Dentro de la literatura encontramos gran variedad de métodos de análisis paramétricos que se le pueden realizar a los motores turbofán, esto depende gran parte del estudio gasodinámico que se hace dentro de los componentes de la unidad de potencia, en los que varios autores pueden diferir en ciertos rasgos del estudio.

Este tipo de análisis paramétrico es de gran complejidad, ya que intervienen numerosas variables que influyen en los resultados, es por ello por lo que los actuales fabricantes tienen sus propios métodos de análisis paramétricos, según ciertos criterios de rendimiento que requieren los clientes. En primer lugar, se logró desarrollar un código que permite realizar los diferentes cálculos paramétricos y luego compararlos con los datos de las unidades de potencia almacenados en una base de datos. Posteriormente se desarrolló un código paralelo con el fin de desarrollar una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), donde los usuarios pueden familiarizarse con el estudio termodinámico de unidades de potencia puede acceder de una manera clara y sencilla sin necesidad de conocer el lenguaje de programación utilizado en Matlab. A través de este estudio se logró desarrollar y testear un código de software Matlab capaz de calcular presiones y temperaturas a lo largo de cada fase del motor, para finalmente brindar gráficas de desempeño de la unidad de potencia.

*Palabras Clave:* Unidad de Potencia, Turbofán, Matlab, Análisis Paramétrico .

---

## 1. Introducción

Las aeronaves comerciales se diseñan empleando materiales y técnicas de manufactura que les permita ser ligeras y mantener los más altos parámetros de seguridad (El-Sayed 2017; Mattingly 1996). De la misma manera las unidades de potencia se han desarrollado con es-

te principio en mente, producir empuje del modo más eficiente (Royce 2015) (Corporation, Pratt, and Whitney 1988) con el menor consumo de combustible posible. Numerosas empresas han desarrollado unidades de potencia que se acomodan a las necesidades de sus clientes, cada cual, adecuándose a los objetivos de la misión de la aeronave, creando diversos tipos de motores, con diferentes ventajas. Las principales empresas fabricantes son Rolls Royce, Pratt & Whitney General Electric, Safran, Honeywell entre otros.

El motor turbofán es una de las unidades de potencia más utilizadas en el mercado actual (Newton 1997; Mattingly, Heiser, Boyer, Haven, and Pratt 2018), por lo que realizar un estudio paramétrico representa una necesidad para el posible comprador, ya que dicho estudio arroja parámetros cuantitativos de importancia como el consumo específico de combustible, el empuje entregado y demás factores que pueden intervenir en la decisión de compra de estas unidades de potencia (El-Sayed 2017; Newton 1997). La implementación de este tipo de motores ha visto un claro crecimiento en las últimas décadas, estimulado por la competencia de los diversos fabricantes en búsqueda de plantas motrices con mejores relaciones de empuje y menores consumos (Mattingly 2005).

Uno de los campos de acción de la ingeniería aeronáutica es la implementación, mejora y diseño de componentes aeronáuticos (Anderson 2005). Es por ello que las herramientas computacionales desempeñan un rol fundamental en el proceso de diseño y estudio de componentes aeronáuticos, permitiendo hacer un análisis metódico y continuo de los diversos componentes de manera sistematizada, sin cabida a posibles errores de índole humana (Mattingly 1996).

## 2. Materiales y métodos

El software para el cálculo paramétrico del motor Turbo-Fan de alto bypass, se desarrolló en la plataforma Matlab (MATLAB 2010), siendo escrito en forma de script, haciendo necesario iniciar el programa Matlab para poder hacer uso del software. Se recomienda enfáticamente que el usuario conozca los principios termodinámicos de los motores turbofán. El código desarrollado se presenta junto a la programación de una interfaz de usuario GUI, que conjuntamente conforman el software para el análisis paramétrico.

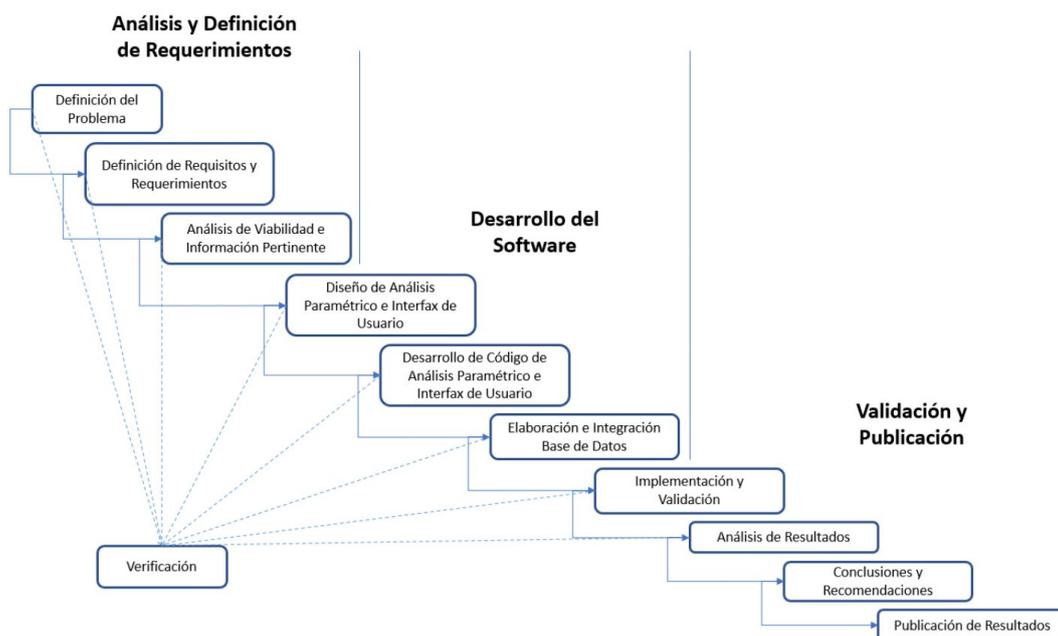


Figura 1: Metodología Aplicada - Cascada [Autores].

La estructura interna que se utilizó para la programación se basó en el ingreso de variables de entrada por parte del usuario, dichas variables se comprueban y verifican en una primera fase, esto con el fin de garantizar que las variables computadas no generen errores posteriores por fallas al momento de digitarse. Una vez completada esta primera fase, se procede a hacer el cálculo interno de la parametrización etapa por etapa y cálculo de rendimiento de las diferentes variables del motor, para mostrarlos posteriormente en la interfaz gráfica, como se muestra en la Figura 2.

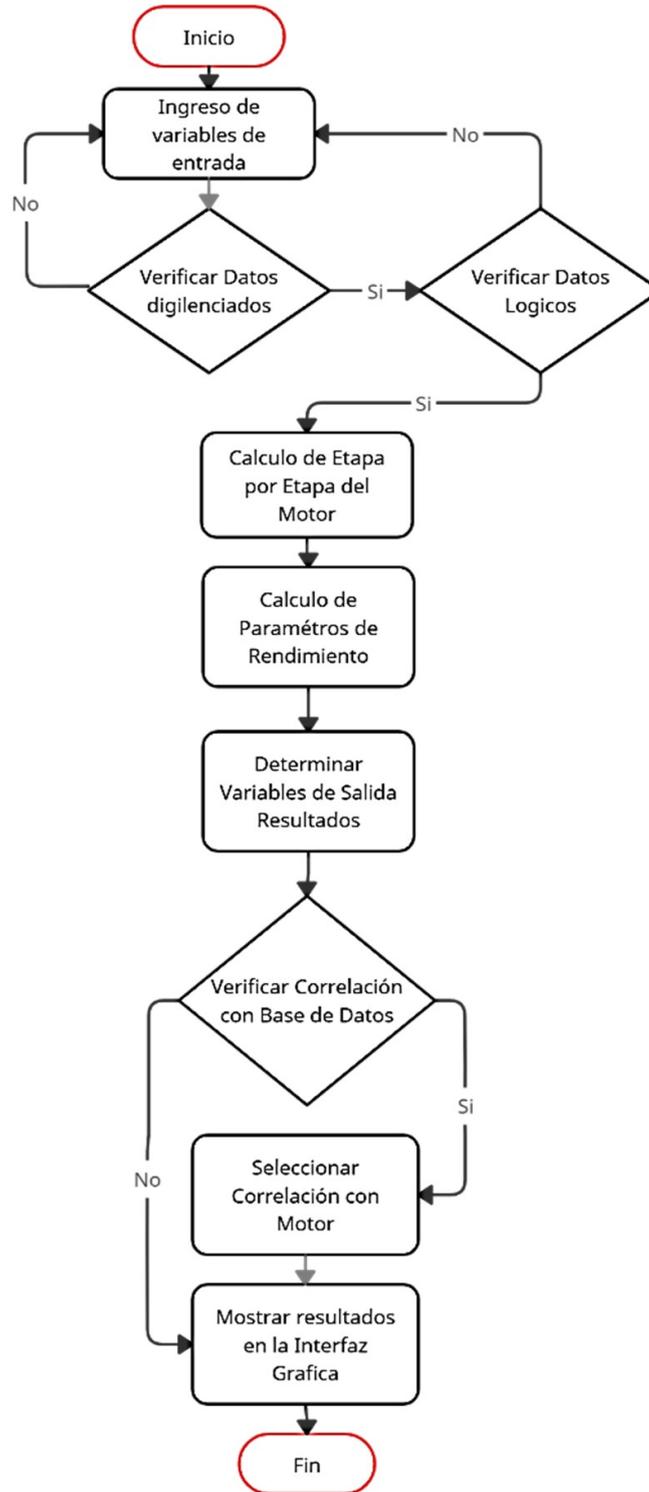


Figura 2: Diagrama de Estructura Interna del Software [Autores].

El trabajo realizado se fundamenta en el estudio paramétrico de un motor turbofán desinstalado con las características de doble flujo separado sin mezclar, de doble eje y sin posquemador, (Forward fan, double spool, unmixed, no afterburner) como se muestra en la Figura 3.

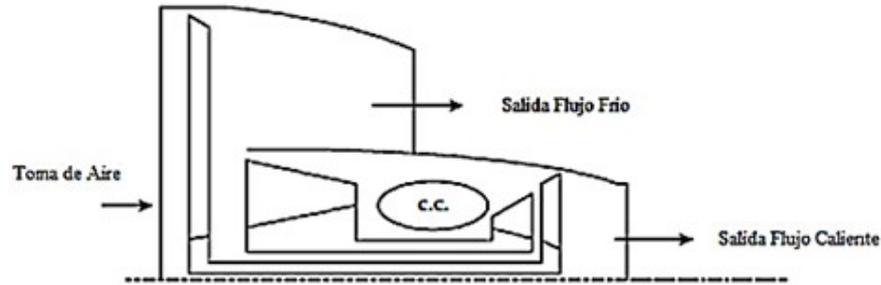


Figura 3: Motor turbofan (forward fan double spool, unmixed, no afterburner).

Existe una gran variedad de métodos de estudio gasodinámicos para motores turbofán de alto bypass (Center 1954); específicamente se estudiaron dos métodos para aplicar en el código de este trabajo. En este proceso se analizaron factores como la aplicación de un motor real en el que existieran pérdidas (es decir no ideal) (Center 1954), en el que las eficiencias de los componentes se pudieran tener en cuenta en el cálculo paramétrico (ref 2010) y además poder interactuar en el cálculo con otros valores como las condiciones de vuelo, el bypass del motor y factores de diseño en los componentes del motor, que incidieran en el cálculo final del rendimiento del mismo (Çengel and Boles 2011; GALE 1995).

Como el análisis debía representar valores verídicos de un motor comercial (Administration 2009), se desarrolló un estudio de etapa por etapa del motor teniendo en cuenta pérdidas de carga, eficiencia de los componentes y los diferentes valores de entrada que se requerían para interactuar con los factores de diseño del motor (El-Sayed 2017).

### 3. Resultados y discusión

Dentro del desarrollo del proyecto se implementó el software bajo la plataforma Matlab como sistema de cómputo número en donde se alojará el código y paralelamente se logrará desarrollar la interfaz gráfica, con el objetivo conseguir una mejor interacción y lograr comprender la información y las capacidades del software, se implementó la interfaz gráfica (GUI) que se ve en la siguiente Figura.

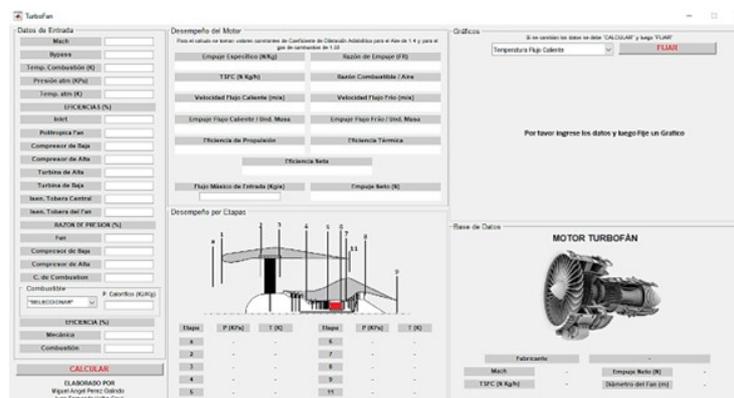


Figura 4: Guía de interfaz de usuario (GUI) [Autores].

La interfaz gráfica consta básicamente de cinco (5) recuadros, denominados “Datos de Entrada”, “Desempeño del Motor”, “Desempeño por Etapas”, “Gráficos” y “Base de Datos”, en los cuales el usuario podrá modificar, interactuar y visualizar la información introducida.

### 3.1. Recuadro - Datos de Entrada

La función principal de este recuadro es recolectar la información necesaria para hacer el cálculo y que la programación se ejecute correctamente. En el podremos encontrar los espacios de condición de vuelo como Temperatura y Presión, adicionalmente datos del requerimiento de diseño como lo es el Bypass, la Temperatura máx. de Combustión, eficiencias de los distintos componentes y finalmente podemos seleccionar el combustible que se quiere para el cálculo, entre ellos podremos encontrar.

Figura 5: Recuadro de datos de entrada [Autores].

### 3.2. Recuadro - Desempeño del Motor

En la parte superior central de la interfaz gráfica se podrá visualizar este recuadro, la función principal de este es mostrar datos fundamentales de desempeño del motor bajo las distintas configuraciones y datos de entrada que se registraron en el recuadro anterior. Se resalta que

los datos aquí mostrados son valores específicos, los cuales no dependen del flujo másico; dentro de los datos mostrados podremos encontrar Empuje Específico, Razón de Empuje, Eficiencias entre otras. Se resalta al usuario que los cálculos se fundamentaron en el fluido de estudio toma “valores de coeficiente de dilatación adiabática para el aire de 1,4 y para el gas de combustión de 1,33”, tal como se había mencionado anteriormente como selección de parámetros.

**Desempeño del Motor**

Para el calculo se toman valores constantes de Coeficiente de Dilatación Adiabática para el Aire de 1.4 y para el gas de combustion de 1.33

Empuje Específico (N/Kg)	Razón de Empuje (FR)
TSFC (N Kg/h)	Razón Combustible / Aire
Velocidad Flujo Caliente (m/s)	Velocidad Flujo Frío (m/s)
Empuje Flujo Caliente / Und. Masa	Empuje Flujo Frío / Und. Masa
Eficiencia de Propulsión	Eficiencia Térmica
Eficiencia Neta	
Flujo Másico de Entrada (Kg/s)	Empuje Neto (N)

Figura 6: Recuadro del desempeño del motor [Autores].

### 3.3. Recuadro - Desempeño por Etapas

En la parte inferior central de la interfaz gráfica se podrá visualizar este recuadro, la función principal de este recuadro es mostrar al usuario los resultados Etapa por Etapa del motor Turbofán.

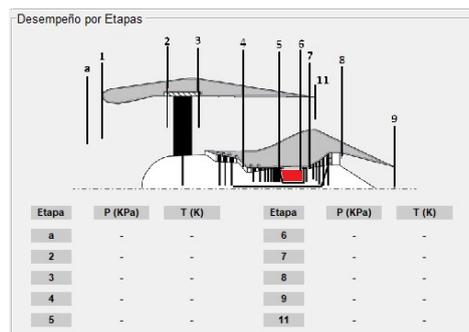


Figura 7: Recuadro del desempeño termodinámico por etapas [Autores].

Para el análisis por etapas se definieron diez Etapas de estudio las cuales se presentan a continuación:

- Estación a – Presión y Temperatura ambiente, estos parámetros son datos de entrada y son característicos de las condiciones de vuelo en los cual se está desarrollando el motor. (1) Presión y Temperatura de estancamiento a la entrada de la toma de aire (intake – Inlet).
- Estación (2) - Presión y Temperatura de estancamiento a la entrada del fan.

- Estación (3) - Presión y Temperatura de estancamiento a la salida del fan, e ingreso a los compresores de baja LPC y a la tobera fría.
- Estación (4) - Presión y Temperatura de estancamiento a la salida de los compresores de baja LPC, e ingreso a los compresores de alta HPC.
- Estación (5) - Presión y Temperatura de estancamiento a la salida de los compresores de alta HPC, e ingreso a la cámara de combustión.
- Estación (6) - Presión y Temperatura de estancamiento a la salida de la cámara de combustión, e ingreso a la turbina de alta HPT.
- Estación (7) - Presión y Temperatura de estancamiento a la salida turbina de alta HPT, e ingreso a la turbina de baja LPT.
- Estación (8) - Presión y Temperatura de estancamiento a la salida turbina de baja LPT, e ingreso a la Tobera del flujo caliente.
- Estación (9) - Salida de la tobera del flujo Caliente.
- Estación (10) – Salida de la tobera del flujo Fría.

En el momento del cálculo de las Etapas del motor se manejan temperaturas y presiones de estancamiento (stagnation temperature - stagnation pressure), esto se debe a que durante el vuelo crucero, la presión estática aumenta de (a) a (1) fuera de la admisión y de (1) a (2) en el interior de la admisión, desacelerando el aire con respecto al motor. (Para simplificar cálculos se asume que la velocidad en (2) es cero y la desaceleración es isentrópica).

### 3.4. Recuadro - Gráficos

En la parte superior derecha de la interfaz gráfica se visualiza un recuadro en donde se suministra al usuario distintos parámetros de performance del motor. Este recuadro tiene la capacidad de “fijar” y desplegar distintas gráficas de manera integrada.



Figura 8: Recuadro de Gráficos [Autores].

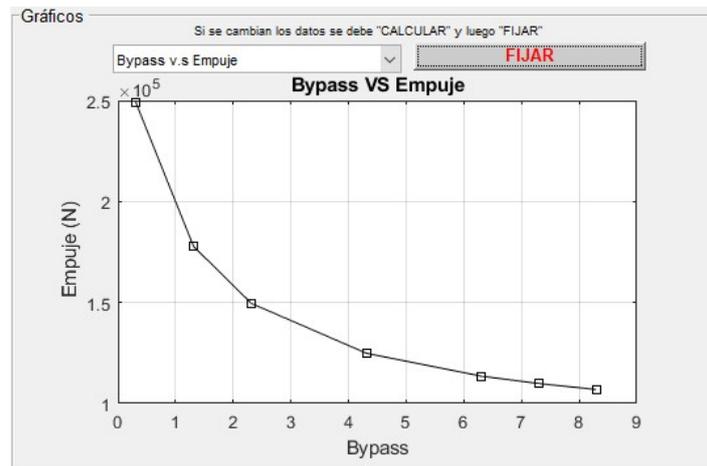


Figura 9: Simulación de gráfico Bypass en función de empuje [Autores].

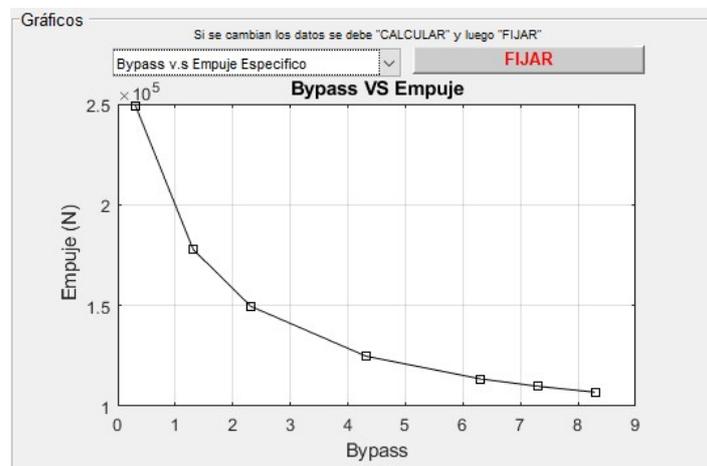


Figura 10: Simulación de gráfico Bypass en función de empuje específico [Autores].

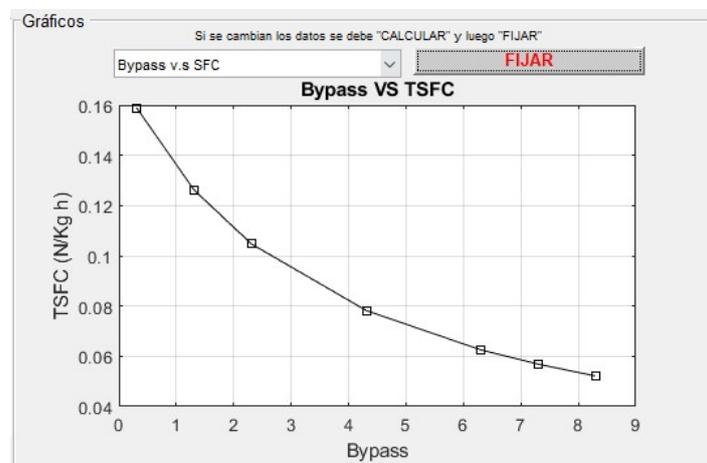


Figura 11: Simulación de gráfico Bypass en función de consumo específico de combustible [Autores].

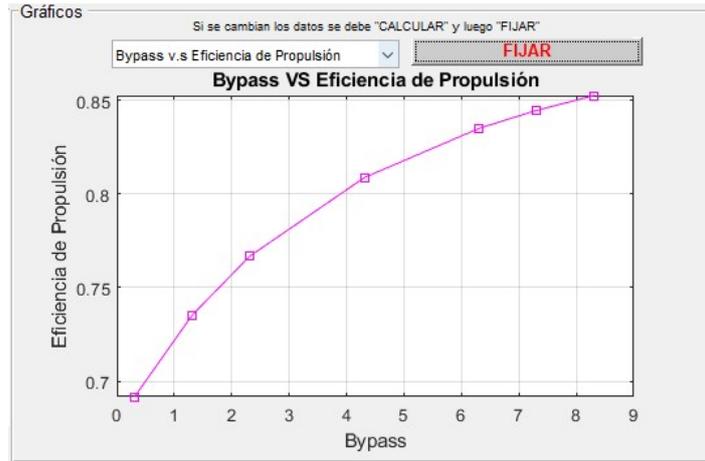


Figura 12: Simulación de gráfico Bypass en función de eficiencia propulsiva [Autores].

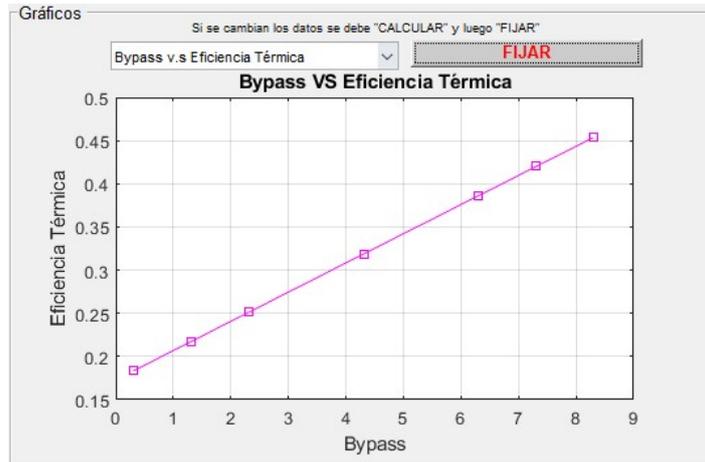


Figura 13: Simulación de gráfico Bypass en función de eficiencia térmica [Autores].

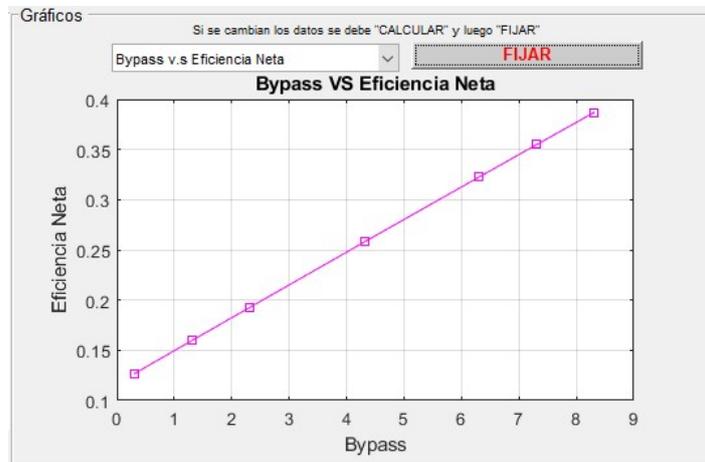


Figura 14: Simulación de gráfico Bypass en función de eficiencia neta [Autores].

### 3.5. Recuadro - Base de Datos

En la parte inferior derecha de la interfaz gráfica se visualiza este recuadro, su función principal es mostrar coincidencia con los datos ingresados por parte del usuario en relación con un motor turbofán de alto bypass comercial. Al ejecutar el cálculo paramétrico, el software está programado para buscar una correlación con una planta motriz de la base de datos; teniendo en cuenta dos aspectos de afinidad, el consumo de combustible específico de empuje TSFC y el Empuje Neto del motor, siendo estos dos ítems fundamentales al momento de seleccionar un motor. Para que el software encuentre una correlación con los datos suministrados y calculados, este hace un análisis teniendo en cuenta un rango de discrepancia en los aspectos de afinidad, estos varían según el ítem de similitud.

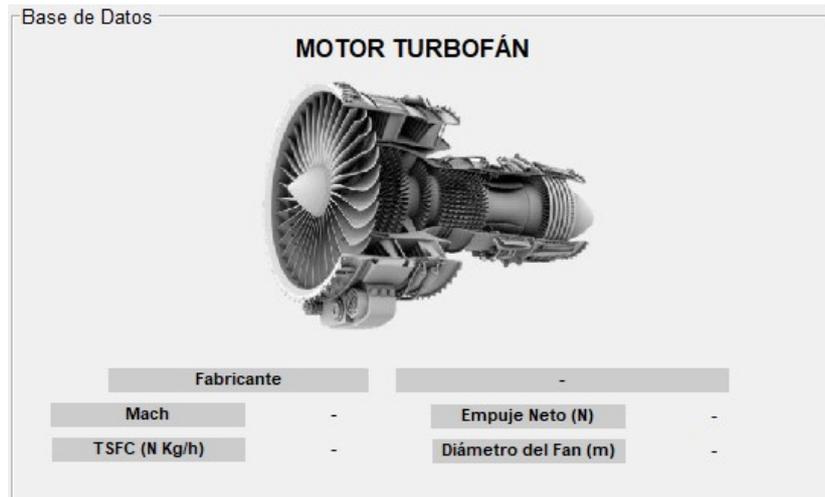


Figura 15: Recuadro de base de datos [Autores].

- El consumo de combustible específico de empuje TSFC presenta un rango de  $\pm 0,001(N \cdot kg/h)$  dentro de la correlación del software.
- Empuje Neto presenta un rango de  $\pm 3000$  (N) dentro de la correlación del software.

MOTOR	FABRICANTE	MOTOR	FABRICANTE
GE90-76B	GE - General Electric	Trento 900	Rolls Royce
GE90-85B	GE - General Electric	Trento 977B	Rolls Royce
CF6-45A	GE - General Electric	M45H-01	Rolls Royce
CF6-80C2A2	GE - General Electric	CFM56-2A2	CFM Internacional: GE+Sneema
CFE738-1-1B	GE - General Electric	CFM56-3C1	CFM Internacional: GE+Sneema
JT9D-20	Pratt & Whitney	D-18T	PROGRESO
JT9D-3A	Pratt & Whitney	D-36-1	PROGRESO
JT9D-59B	Pratt & Whitney	D-436TI	PROGRESO
PW2037	Pratt & Whitney	V2500-A1	IAE International Aero Engines, P&W + RR
PW2040	Pratt & Whitney	V2525-D5	IAE International Aero Engines, P&W + RR
PW305B	Pratt & Whitney	PS-12	Perm Aviadvigatel-Soloviev
PW4098	Pratt & Whitney	PS-90	Perm Aviadvigatel-Soloviev
RB211-22B	Rolls Royce	LF507	ASE AlliedSignal Engines
RB211-524C2	Rolls Royce	ALF502R-5	Avco Lycoming
Trento 890-17	Rolls Royce	BR715-55	BMW/Rolls Royce
Rolls Royce	Rolls Royce	GP7277	GE+P&W
NK-93	Kuznetsov		

Tabla 1: Base de datos registrada en el software Matlab de análisis paramétrico de motores turbofán de alto bypass [Autores].

## 4. Conclusiones

Se realizó el desarrollo de un código capaz de hacer el análisis paramétrico de cualquier motor turbofán desinstalado de alto bypass, con características de doble flujo separado sin mezclar, de doble eje y sin postquemador. Esto de manera automatizada, utilizando como fundamento la teoría desarrollada A. F. El-Sayed y M. Jack D, contribuyendo al estudio y análisis del performance de este tipo de unidades de potencia; teniendo en cuenta que este tipo de motores tienen una gran demanda en la industria de la aviación comercial.

Se implementó junto al código una guía de interfaz de usuario (GUI), que vuelve amigable para el usuario el uso del software, logrando difundir y corroborar de una manera sencilla y rápida los conocimientos gasodinámicos incluyendo factores de diseño que puedan afectar directamente el funcionamiento o performance del motor en cuestión. El trabajo recopila un pequeño campo en el conocimiento actual de plantas motrices, existiendo una gran variedad de autores que a través de diferentes métodos de análisis gasodinámicos contribuye al estudio paramétrico de este tipo de motores. La base de datos presente en el software es una muestra de la variedad de este tipo de motores que existe en la actualidad y los cuales son de libre acceso en sus características de desempeño, ya que la mayoría de las empresas fabricantes manejan ciertas condiciones de reserva en la información de sus plantas motrices.

Cabe resaltar que este no es un método experimental en campo, es una estimación y aproximación real el comportamiento de estas plantas motrices ya que no existe un método que calcule el valor real en las cuales se va a desempeñar el motor en las condiciones mencionadas (temperatura, presión, pérdidas de carga, condiciones externas, pérdidas calóricas, etc); por lo que se tiene que considerar estos métodos como una aproximación valor real. En el mismo orden de ideas, se obtuvieron gráficas que tienen gran similitud con las propuestas en las diferentes bibliografías, acercando el comportamiento experimental de la planta motriz, a lo mencionado en la teoría gasodinámica.

## Referencias

- (2010). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery*. Elsevier. doi:10.1016/c2009-0-20205-4. URL <https://doi.org/10.1016/c2009-0-20205-4>.
- Administration FA (2009). *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*. Skyhorse Publishing. ISBN 9781602397804. URL <https://books.google.com.co/books?id=Llr3dZZPR0gC>.
- Anderson J (2005). *Introduction to Flight*. McGraw-Hill series in aeronautical and aerospace engineering. McGraw-Hill Higher Education. ISBN 9780072990713. URL <https://books.google.com.co/books?id=pW8U-UddgDMC>.
- Çengel Y, Boles M (2011). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. Cengel series in engineering thermal-fluid sciences. McGraw-Hill. ISBN 9780071311113. URL <https://books.google.com.co/books?id=bkIscAAACAAJ>.
- Center AR (1954). *Equations, Tables, and Charts for Compressible Flow*. Report. U.S. Government Printing Office. URL <https://books.google.com.co/books?id=FjOKGQAACAAJ>.
- Corporation UT, Pratt, Whitney (1988). *The Aircraft Gas Turbine Engine and Its Operation*. P & W oper. instr. United Technologies [with] Pratt & Whitney. URL <https://books.google.com.co/books?id=ggCaLwEACAAJ>.

- El-Sayed A (2017). *Aircraft Propulsion and Gas Turbine Engines*. CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 9781466595163. URL [https://books.google.com.co/books?id=\\_K0klwEACAAJ](https://books.google.com.co/books?id=_K0klwEACAAJ).
- GALE (1995). “Birth of the jet engine.” URL <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA16489535&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=00256501&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon~7309ae5e&aty=open-web-entry/>.
- MATLAB (2010). *version 7.10.0 (R2010a)*. The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts.
- Mattingly J (1996). *Elements of Gas Turbine Propulsion*. McGraw-Hill series in aeronautical and aerospace engineering. McGraw-Hill. ISBN 9780071145213. URL <https://books.google.com.co/books?id=t00TQgAACAAJ>.
- Mattingly J (2005). *Elements of Gas Turbine Propulsion*. AIAA education series. American Institute of Aeronautics and Astronautics. ISBN 9781563477782. URL <https://books.google.com.co/books?id=vA98AAAACAAJ>.
- Mattingly JD, Heiser WH, Boyer KM, Haven BA, Pratt DT (2018). *Aircraft Engine Design, Third Edition*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. doi:10.2514/4.105173. URL <https://doi.org/10.2514/4.105173>.
- Newton A (1997). “Gas Turbine Theory — Fourth edition H. Cohen, G.F.C. Rogers and H.I.H. Saravanamuttoo Addison Wesley Longman, Edinburgh Gate, Harlow, Essex CM20 2JE. 1996. 442pp. Illustrated. £29.99.” *The Aeronautical Journal*, **101**(1007), 326–326. doi:10.1017/S0001924000066203.
- Oceanic USN, Administration A, on Extension to the Standard Atmosphere USC, Aeronautics USN, Administration S, of the Air Force USD (1976). *U.S. Standard Atmosphere, 1976*. NOAA - SIT 76-1562. National Oceanic and Amospheric [sic] Administration. URL <https://books.google.com.co/books?id=x488AAAIAAJ>.
- Roux É (2007). *Turbofan and Turbojet Engines: Database Handbook*. Ed. Élodie Roux. ISBN 9782952938013. URL [https://books.google.com.co/books?id=\\_5vA\\_5XK33sC](https://books.google.com.co/books?id=_5vA_5XK33sC).
- Royce R (2015). *The Jet Engine*. Wiley. ISBN 9781119065999. URL <https://books.google.com.co/books?id=kFEIogEACAAJ>.

### Filiación institucional:

Juan Fernando Uribe Cruz, Miguel Ángel Pérez Galindo, Francisco Javier González Cruz, Richard Giovanni Avella Sarmiento, Pedro Fernando Melo Daza  
 Iván Felipe Rodríguez Barón  
 Fundación Universitaria Los Libertadores  
 Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas.  
 Carrera 16 # 63A - 68, Bogotá, D.C., Colombia  
 E-Mail de correspondencia: [jfurbiiec@libertadores.edu.co](mailto:jfurbiiec@libertadores.edu.co)



# El Poder Extractivista y el Efecto Aculturizador del Turismo en las Comunidades Indígenas de los Pueblos Colombianos

Yury Vanessa Ávila Arana, Lina Lucía Vargas Duque,  
Karen Michel Peláez Figueroa  
Fundación Universitaria Los Libertadores

---

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo abordar el efecto del turismo en las comunidades indígenas que hacen parte del territorio colombiano, teniendo el propósito de explicar el daño causado a los pueblos indígenas al perder la cultura a la cual pertenecen por la exposición a proyectos turísticos propuestos desde una óptica extractivista y mercantil de los territorios. Para el desarrollo del artículo se utilizaron datos secundarios a partir de repositorios relacionados con el turismo indígena, el patrimonio cultural de las comunidades y los efectos aculturizadores en determinados territorios del país. El estudio permite concluir que el turismo influencia a las comunidades de diferentes formas teniendo efectos aculturizadores de diversa índole según la operación y desarrollo del turismo. Por lo tanto, es importante que todos los agentes turísticos trabajen en conjunto para que estos impactos se mitiguen, implementando el turismo en pro de la sostenibilidad y el respeto por el patrimonio cultural y ancestral de los pueblos originarios.

*Palabras Clave:* Grupos étnicos, conocimientos tradicionales, industria turística, patrimonio cultural.

---

## 1. Introducción

### 1.1. Amenaza de las lenguas y tradiciones de las comunidades indígenas en Colombia.

Según el Censo Nacional que se hizo a las comunidades indígenas en el 2018 identifica que los pueblos indígenas están concentrados por todo el territorio colombiano, en cada uno de los 32 departamentos que lo conforman (DANE 2019). En este sentido, en un artículo de la Organización de las Naciones Unidas se menciona a la Organización Nacional Indígena de Colombia, la cual menciona que en Colombia hay un total de 70 lenguas siendo solamente una de ellas el castellano, 65 de ellas son lenguas indígenas, dos criollas (el palenquero y el creole) y una lengua gitana (Naciones Unidas 2021).

De igual forma, el diario El Espectador Buitrago (2016), hace alusión a un registro de la Unes-

co sobre las lenguas indígenas existentes en el mundo e informa que Colombia tiene inscritas 68 lenguas en total, en la cual 12 de ellas como el Bará de la Amazonia, el Barasana y el Tariano del Vaupés, el Siona del Putumayo y el Totoro del Cauca están en peligro y cuatro ya han desaparecido (Carabayo del Amazonas, el Macaguaje y el Opón-Carare del Santander, y el Pijao del Tolima).

Además, ilustra un panorama sobre la situación demográfica de las lenguas indígenas colombianas, cerca de un 70 % posee menos de 5.000 hablantes y aún menos de 1.000 hablantes. Lenguas como el carijona del Caribe, el pisamira del Vaupés y el ocaina del Amazonas tienen menos de 100 hablantes y se encuentran en proceso de extinción; otras lenguas como el andoque del sur de la Amazonía, y el cocama igualmente del Amazonas tienen una población inferior a los 300 hablantes y también están en un peligro considerable, es importante resaltar que algunas de estas lenguas se hablan también en países aledaños, los números mencionados corresponden únicamente a los hablantes de Colombia.

En cuanto a las tradiciones y culturas indígenas, estas se han ido perdiendo por diferentes factores relacionados con el conflicto armado, los grupos armados ilegales, el desplazamiento forzado, el narcotráfico, la violencia política y social, disputas territoriales, explotación de los territorios con diferentes fines económicos, entre otros. Por ejemplo, en comunidades como los Awá, los Guambianos, los Kamentsá, los Kuiva, los Nukak Makú, los Totoró, los Wounaan y en general en la gran mayoría de pueblos indígenas, han llegado a vivir este tipo de situaciones que provocaron que su cultura y tradición se vea afectada en términos de extinción y modificación de sus hábitos y prácticas cotidianas, disminución de herencia de los conocimientos tradicionales, falta de autoridad, ruptura social y la propia interacción entre ellos (UNCHR ACNUR 2011).

## 1.2. Turismo indígena

Esta tipología de turismo se basa en la interacción cultural con las comunidades indígenas, esta brinda la oportunidad para el turista de conocer sus costumbres, lenguaje, estilo de vida social y económico, territorio y demás aspectos distintivos. Los orígenes del turismo indígena se evidencian aproximadamente en 1977 por el libro *La antropología del turismo*, y desde entonces hay una distinción sobre las ramas turísticas donde proviene; por ejemplo, del turismo cultural, ecoturismo, turismo rural o si es un turismo de tipo alternativo, generando la discusión si el turismo étnico es un sinónimo de turismo indígena o son dos tipologías diferentes (Espeso-Molinero and Pastor-Alfonso 1970).

Para (González 2008) estas dos distinciones se pueden interpretar como lo mismo pero tienen modalidades diferentes en su desarrollo. El etnoturismo por su parte pertenece a las variantes originarias del turismo rural y se define como el desplazamiento hacia pueblos o comunidades indígenas con el objetivo de aprender sobre sus costumbres, tradiciones y en general su cultura. Por consiguiente, en el turismo indígena existe una mayor interacción con las comunidades, pues ellos están dispuestos a compartir más abiertamente su vida cotidiana e incluir a los turistas en esta.

En este sentido, como el turismo indígena tiene una relación más directa con la comunidad, algunos de los efectos están relacionados con connotaciones de cambios sociales importantes en los sitios turísticos y en las comunidades, puesto que se da una interacción relevante entre la forma de pensar de los turistas y la de un sujeto receptor que es el indígena. Es decir que se crea una curiosidad de conocer lo no conocido, todo esto con la finalidad de materializar el turismo e industrializar la cultura. Un ejemplo de ello, es la llegada de los españoles a América, cuando los europeos obligan a reemplazar las creencias religiosas de las comunidades indígenas por el cristianismo. Los españoles pensaban que los indígenas eran espiritual y

culturalmente inferiores (Tinoco 2018).

### 1.3. Perspectiva negativa del turismo indígena

El turismo ha actuado de forma destacada a lo largo de los años en las sociedades, en los turistas y por su puesto en los grupos receptores como lo son las comunidades indígenas de Colombia. Esta influencia se ha vendido de forma positiva, manipulando la concepción de términos como turismo comunitario y responsable, pero la realidad es que existen diversas consecuencias como: la transformación de los rituales los cuales son convertidos en espectáculos teatrales para turistas extranjeros; la congelación de la cultura y del exotismo, es decir, la musealización de la cultura para consumo del visitante; la inmovilización de los procesos culturales y el deterioro de los recursos naturales por falta de control. (Getino 1987).

Lo anterior es el reflejo de la pérdida de identidad que puede tener una comunidad al ser expuesta con fines de explotación monetaria pero no sostenible en términos sociales. De igual forma, los turistas también son engañados, ya que se comercializa un estereotipo ligado a la vida de un salvaje, donde al residente local se le trata como una atracción caracterizada y no como a una persona. Sumado a esto, el residente también debe aceptar los cambios que ocurren con los atractivos e instalaciones del lugar, como resultado del mal manejo que se les dan. (Organización Internacional del Trabajo 2003).

En el mundo actual existe vergüenza por las raíces indígenas, en muchos países latinoamericanos se ha sembrado la idea de que los ciudadanos son originarios de la raza blanca de Europa o Norteamérica, creando de este modo un rechazo por las culturas indígenas que alguna vez tuvieron un lugar en estas tierras y que aún se pueden encontrar rondando por las calles como un grupo marginal que quedó en el olvido o prostituyendo sus creencias por unas cuantas monedas en los paseos turísticos.

Es lamentable observar como desde un punto de vista social el término indio se relaciona con una persona grotesca, de mal aspecto y deshonesto. Por ejemplo; en Colombia se tienen expresiones altamente despectivas, donde se le dice a una persona “Usted es mucho indio” para referirse a que es inculto, violento y salvaje o “Malicia indígena” para referirse a realizar acciones deshonestas aprovechándose del prójimo.

Imaginario social que penosamente traspasa cada generación construyendo discriminación étnica hacia personas que tienen apariencia o vestimentas diferentes. Con orgullo se puede escuchar decir que las comunidades indígenas poco a poco se están extinguiendo y que la raza “pura” es la que debe prevalecer pero ¿En realidad es algo de lo que la humanidad deba sentirse orgullosa?, en las escuelas se enseña como a territorios americanos llegaron los europeos y demás conquistadores a civilizarlos, esperando que un niño crezca con agradecimiento hacia estas personas y desprecio hacia sus verdaderos antepasados (Esterilla 2018).

De la misma manera, (Friede 1979) comenta que con la llegada de los españoles se vivió un marco de imposiciones donde integraron al indígena sus patrones culturales (costumbre, idioma y religión) los cuales eran totalmente ajenos a los del grupo étnico. Gracias a esto se crearon los mestizos, una raza que no exterminó por completo las características culturales de los indígenas pero que sí adoptó características españolas.

En Colombia fueron despoblados territorios (resguardos) de las poblaciones aborígenes todo por medio de la violencia ejercida por los españoles, los cuales tienen como intención simplemente explotarlos para la realización de actividades y robo de su oro. Al final del día los indígenas cedieron ante la imposición de ellos y se crearon mezclas, y de una u otra forma, se

perdieron costumbres indígenas (Friede 1979).

Con lo mencionado en el anterior párrafo, vale la pena traer a colación la época en la que en Canadá, existían patrocinadas por el gobierno y las iglesias, diversas escuelas en las que tenían como principal objetivo erradicar las culturas originarias del país; abusando sexual, física y mentalmente de los niños indígenas que matricularon en sus instituciones en contra de la voluntad tanto del padre como del niño, utilizando como argumento que la raza indígena debía ser colonizada desde muy joven, ya que presentaba una amenaza para el futuro glorioso de Canadá. En un artículo escrito por Emily Schwing en el 2021, se puede observar un fragmento recopilado del Departamento de Asuntos Indígenas de Canadá, donde Duncan Campbell Scott se expresa de la siguiente manera hacia dichas comunidades.

“Quiero deshacerme del problema indio. De hecho, no creo que el país deba proteger continuamente a una clase de personas que se mantienen aparte...”. Nuestro objetivo es continuar hasta que no haya un solo indio en Canadá que no haya sido absorbido en el cuerpo político y no haya ya una “cuestión india”, ni un Departamento Indio. Es este el único objetivo de este proyecto de ley (Schwing 2021).

Así como en Canadá, en Colombia también ha existido por años la discriminación hacia los diferentes grupos étnicos: negros, indígenas, mestizos, entre otros. Tal vez, no se han creado orfanatos que torturan, violan y matan niños para exterminar las razas, pero la guerra que ha tenido que soportar el país se concentra en los pueblos donde habitan estos grupos étnicos que sin alguna intención terminan siendo blanco de grupos armados, los cuales se aprovechan de que son personas olvidadas por el mundo; para reclutar a los niños educándose bajo la violencia y las armas, abusando de ellos o explotándolos de diversas formas. Razón que provoca que muchos individuos recurren al abandono de sus tierras, de sus familias, de su cultura para migrar a otros países en busca de un estilo de vida con oportunidades y sin rechazo (Mejía 2017).

Por ello es importante realizar el preliminar análisis, puesto que como se evidencia en la Figura 1, para el 2005 según el censo del DANE la población étnica en Colombia era de 4.311.757 y para el 2018, esto se redujo a 2.982.224, un reflejo de las pocas garantías que tienen estas comunidades para sobrevivir y llevar una vida digna en el país (DANE 2019).

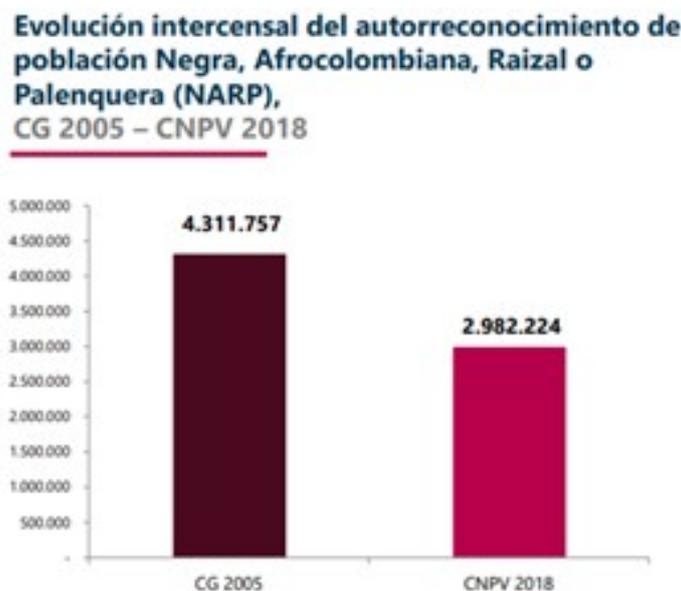


Figura 1: Censo DANE población étnica en Colombia (DANE 2019).

#### 1.4. Recomendaciones de la OMT para el adecuado desarrollo del turismo indígena

En el 2020 la OMT publicó las recomendaciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo sostenible del turismo indígena. En primer lugar, menciona los efectos positivos que este trae en su adecuada gestión, cómo mejorar la calidad de vida de las comunidades, les da la oportunidad de empoderarse, darse a conocer y disminuir la pobreza. Por el contrario, también existen ciertos efectos negativos que se pueden presentar, entre ellos se identifican aspectos éticos relacionados a la discriminación, aculturación, desplazamiento y explotación de los recursos naturales.

Para poder desarrollar el turismo indígena, primero es necesario construir alianzas con los representantes de las comunidades, entidades gubernamentales, empresas del sector turístico y hotelero y con instituciones académicas e investigativas. De esta manera, se asegura de generar los anteriores beneficios mencionados, conservar la identidad étnica de las comunidades e incluirlos en los procesos sociales, económicos y políticos que surgen ((2020) UNWTO).

Es importante que las empresas del sector creen espacios adecuados para el desarrollo del turismo y tengan como base el respeto hacia la cultura, sus modelos de gestión y el cómo ellos quieren implementar el turismo; la consulta que hace referencia a que todos los agentes deben conocer y estar de acuerdo con los planes de desarrollo y proyectos turísticos; el empoderamiento que busca apoyar la auto gobernanza y la toma eficiente de decisiones; las alianzas equitativas y la protección de los valores, la esencia de las comunidades indígenas y el patrimonio cultural presente en ellas (World Tourism Organization UNWTO).

Además, una de las obligaciones de los agentes turísticos es concientizar y explicar al turista las recomendaciones que este debería tener en cuenta antes, durante y después de su viaje hacia una comunidad. De esta forma, antes de desplazarse las personas deben investigar e informarse sobre las características, costumbres y códigos de conducta perteneciente al grupo indígena; asegurarse que los operadores turísticos seleccionados trabajen directamente con los indígenas.

Durante la visita el turista debe cerciorarse de respetar el espacio natural y todos los aspectos culturales implícitos, no generar exceso de residuos y/o desechos, realizar compras responsables promoviendo las artesanías y el arte local, evitar llevarse objetos arqueológicos, la toma fotografías y vídeos deben tener un permiso previo al igual que integrarse a los rituales y ceremonias, no dar dinero o regalos especialmente a los niños. Finalmente, después del viaje el turista debe tener cuidado con las fotografías tomadas, ya que no pueden ser utilizadas comercialmente sin un permiso previo, también apoyar a la educación, salud, el medio ambiente y en general a su bienestar por medio de proyectos privados o públicos (World Tourism Organization UNWTO).

A pesar de los intentos de la OMT para implementar el turismo de tal manera que no provoque efectos aculturizadores sobre las comunidades indígenas, las recomendaciones mencionadas anteriormente se explican en un nivel global sin tener en cuenta que países como Colombia no tienen la misma infraestructura y superestructura turística que determinados países desarrollados si cuentan y pueden con más facilidad y apoyo poder aplicarlas de manera adecuada.

Esta debilidad se ve reflejada en los siguientes puntos: cuando se menciona la construcción de alianzas con entidades gubernamentales, instituciones académicas, entre otros, con los representantes de las comunidades indígenas, en Colombia por la falta de presencia y acompañamiento gubernamental es un problema que no solo se evidencia en el ámbito del turismo sino que provoca que se produzca más desplazamiento de los grupos indígenas de sus propios

territorios a causa de los conflictos armados presentes en determinadas zonas del país. Este hecho se evidencia por los asentamientos de la comunidad Embera en la ciudad de Bogotá desde el 2021 (Pulgarin 2022).

De la misma manera, debido a la poca presencia del sector hotelero y sus gremios representantes, estas alianzas se realizan principalmente con las comunidades y un operador turístico interesado que puede ser formal o informal y que al mismo tiempo desconoce los efectos del turismo sobre el medio ambiente, así, como en el patrimonio cultural donde su objetivo es obtener un beneficio económico.

A partir de la anterior construcción teórica sobre los antecedentes que marcan la sintomatología del deterioro cultural de las comunidades indígenas, en general, por causa de los modelos de desarrollo que se han acrecentado con el proceso de la globalización, este trabajo de investigación, surge de la pregunta ¿cuál es el efecto aculturizador del turismo en la población indígena cuando ésta se inserta en el territorio de reservas étnicas en Colombia? Con el ánimo de abordar este cuestionamiento, el presente estudio tuvo como propósito identificar los efectos que tiene el turismo cuando éste interfiere en los saberes, cultura y patrimonio de los pueblos indígenas colombianos. Para cumplir con este propósito, la investigación persiguió tres intereses.

1. Analizar los antecedentes del turismo en las diferentes comunidades nativas de Colombia.
2. Distinguir el efecto aculturizador y el poder extractivista presente en las comunidades indígenas, a partir, de la teoría sociológica del turismo.
3. Analizar las iniciativas y recomendaciones para el desarrollo sostenible sin atentar contra el patrimonio cultural y saberes indígenas en los territorios ancestrales.

## 2. Materiales y métodos

El desarrollo de este trabajo se formuló desde el enfoque cualitativo en el que se analizó información conducente a responder la pregunta de investigación a partir de la utilización de la técnica de revisión documental. De acuerdo con (Schwing 2021; Enriquez 2015) esta técnica se orienta a la exploración y consulta de todo tipo de materiales que se originan de informaciones recogidas moderadamente de cualquier realidad, a través de procesos selectivos, de tal forma que lleguen a ser útiles para los fines de la investigación.

## 3. Resultados

### 3.1. Efecto aculturizador y el poder extractivista presente en las comunidades indígenas, a partir, de la teoría sociológica del turismo

(González Damian 2009) plantea una teoría sociológica de turismo integrando en primera instancia la teoría sociológica constructivista de Berger y Luckmann, los cuales mencionan que las personas se establecen en las sociedades por medio de los elementos objetivos (relaciones interpersonales, hábitos y la forma en que está estructurada la sociedad) y los elementos subjetivos (formación de la identidad personal, el rol que representan y las interpretaciones simbólicas de las sociedades).

De esta manera, el turismo al desarrollarse dentro de la sociedad es considerada como una realidad construida que se divide en dos: la realidad hace referencia a sus elementos objetivos

que permiten el surgimiento de los subjetivos, mientras que la parte construida nace por medio de la interacción de las personas, pues como es conocido los seres humanos necesitan de los demás para subsistir y una sociedad no se forma con un solo individuo, lo mismo aplica con el turismo, ya que necesita de la participación de la comunidad y de distintos actores que tienen conocimientos y establecen la tipología turística, que se repite hasta convertirse en una realidad en el lugar que se esté llevando a cabo.

El destino turístico no se distingue por las limitaciones geográficas de los países, ciudades, regiones, entre otros, sino que es cualquier lugar que se delimita por la lógica espacial turística y en él se desarrolla la interacción turística entre la comunidad y los turistas. La comunidad por su parte ya tiene tipificado el territorio donde existen zonas que las consideran como su propio espacio y que no están dispuestas para la visita del turista ya que es allí donde mantienen su vida cotidiana. Por otro lado, aquellas zonas tipificadas como turísticas, le permiten al turista transitar libremente y realizar sus actividades como hospedarse, alimentarse y divertirse. Por lo tanto, la interacción entre estos dos actores se define como el tiempo de descanso y trabajo, teniendo en cuenta que el trabajo es una de las estructuras de vida de las sociedades (González Damian 2009).

Por lo tanto, al tomar el turismo como una construcción social salen diferentes momentos: la prefiguración, se pasa de la realidad mencionada anteriormente hacia los elementos subjetivos, es cuando los turistas no tienen interacción con la comunidad y viceversa. Asimismo, la prefiguración de la comunidad se desarrolla por la identidad y el acervo social que, relacionándolo directamente con el trabajo en el turismo, se constituye lo que es correcto e incorrecto a la hora de atender a los turistas. Por parte de los turistas esta prefiguración está presente desde antes de desplazarse al destino ya que existe un conocimiento previo de lo que es el destino que inconscientemente provoca unos estereotipos e imaginarios sobre lo que va a suceder (González Damian 2009).

El segundo momento, es cuando ya hay una interacción cara a cara y da inicio al turismo porque se pasa de una subjetividad de roles a la realidad, por lo que cada actor crea sus propias vivencias y experiencias influenciadas por el lenguaje, acciones y actitudes presentadas. Como consecuencia se constituye un momento preestructurado que es donde surge desde un sentido fenomenológico, la tangibilidad del turismo por todas las interacciones de los dos actores en sus propios roles. Como último momento, está la estructuración que se caracteriza por ser permanente y constante, a causa de dejar de lado la manera de distinguir de como algo individual e independiente a la comunidad y a los turistas, ya que se empieza a construir de forma conjunta entidades sociales que dejan huella en los destinos turísticos (González Damian 2009).

Desde otra perspectiva, (Mastny 2004) expone que desde el inicio del siglo XXI se han presentado cambios que no solo han afectado al medio ambiente sino también a las sociedades por la globalización, postmodernidad y las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) que provocó cambios ideológicos, como pasar de un modelo económico de explotación de los recursos naturales sin ningún tipo de monitoreo, a un modelo más sostenible que proteja al medio ambiente. Este tipo de cambios también están presentes dentro de la desaparición de la cultura material e inmaterial que desde el turismo se aprovecha y puede revitalizarse nuevamente sin perder su autenticidad.

Sin embargo, existen riesgos dentro de la misma globalización que surgen por el deseo de ciertas sociedades de tener el control de todo a su alrededor lo que destruye su propia esencia y llega a afectar directamente al turismo. De esta manera, el primer riesgo toma como referencia al medio ambiente y como se ve afectado por la necesidad de satisfacer las exigencias de los

turistas en términos de diversión, y el segundo es la influencia que tienen los turistas sobre el estilo de vida de las comunidades, ya que estas quieren imitarlos perjudicando su propia cultura (aculturización).

Tomando en cuenta lo anterior, es importante mencionar que los efectos aculturizadores no sólo surgen desde la actividad turística sino también desde las propias entidades públicas de las sociedades. Como ejemplo de ello, la autora Rita Laura Segato, relata la forma en que el estado brasileño en 2007, pensaba hacer una ley que criminalizara la práctica de infanticidio indígena puesto que era culturalmente aceptada en las comunidades y se realizaba regularmente. Segato nos muestra un choque de realidades, por un lado está la constitución de Brasil y el convenio 169 de la OIT, que habla sobre el derecho que tienen los indígenas a la diferencia, es decir de tener sus culturas, formas de vida e instituciones propias, además del derecho de participar en las decisiones que los afecta, mientras que por otro lado, se presenta el derecho a la vida siendo algo que no se puede minimizar (Enriquez 2015).

De acuerdo a esto, Segato sostiene que a pesar que el Estado reconoce y garantiza la permanencia de la pluralidad cultural dentro del país y el derecho a la pluralidad en cuanto a la organización social, existe una limitación frente a este hecho. Gracias a las normas del sistema jurídico y a los derechos humanos internacionalmente reconocidos, Brasil se encuentra muy lejos de un efectivo pluralismo institucional y más en la unión entre el derecho estatal y los de las comunidades (Enriquez 2015).

En otras palabras, en Brasil el estado no permite en cualquier forma el ejercicio pleno de las culturas indígenas, puesto que para ellos prima el derecho y protección de la vida, sobre las costumbres culturales de los pueblos indígenas, justificándose una intervención estatal que los aculturiza de alguna manera.

Igualmente, (Calvo 2017) alude que en comparación con Colombia, se puede evidenciar que en el país también aplica el convenio 169, el cual trata sobre el derecho de los pueblos indígenas a la autodeterminación y que el estado o el gobierno están en la obligación de garantizar esta libertad. Además, expone que según la ONIC, el gobierno colombiano ha sacado normas que han tratado de restar la autonomía de los pueblos indígena por la generación de entidades de diferentes sectores (por ejemplo las del turismo), que manejan unos intereses que en repetidas ocasiones no son compatibles con la visión de los pueblos indígenas y que tienen el poder de decidir sobre los asuntos de los mismos. El estado ha condicionado políticamente el alcance de los derechos logrados y garantizados a los pueblos indígenas (Calvo 2017).

Por su parte (Orduz-Salinas 2020), plantea un claro ejemplo de la vulneración de la autonomía y del derecho de la consulta previa y según una investigación del año 2020 realizada por INDEPAZ tanto las empresas como el estado han realizado procesos de consulta previa con los indígenas basándose en una normatividad que procede de la constitución política además del convenio 169 de la OIT y otras herramientas. Cabe resaltar que no hay una ley como tal para ellos, por lo que el estado y las empresas lo toman como un simple requisito que hay que cumplir y no como una vía eficaz para que los pueblos participen de manera eficiente en las decisiones que afectan directa o indirectamente sus derechos territoriales, sociales, económicos y culturales, entre otros derechos.

### **3.2. La violencia y turismo sexual hacia la mujer y hombre indígena**

Dentro de las comunidades indígenas siempre ha existido la discriminación a la mujer en ciertos grados y que, al pasar de los años, ha venido aumentado y se ve representada en la privación, violencia y maltrato físico o psicológico hacia las mujeres y niñas de las comunidades (Enriquez

2015). Este incremento en la agresión y la transformación en las formas discriminatorias, se explica por la aculturación proveniente de los siguientes ámbitos o situaciones que son expuestas por los autores:

- Interacción de los hombres indígenas con los grupos militares. Cuando surge este encuentro los indígenas observan y analizan detenidamente los comportamientos de la otra persona. Seguido a esto construyen en su mente una figura representativa de lo que es la masculinidad, y en consecuencia empiezan actuar de tal manera en que puedan integrarse a esa idea construida sobre cómo son los hombres.
- La influencia de la religión occidental genera que el concepto de lo que es pecado y la postura que se tiene frente a la mujer, tergiversen las ideologías propias de las comunidades hasta el punto de ocasionar la misoginia, la homofobia y la sexualización del cuerpo femenino.
- Como consecuencia de los grupos armados y el desplazamiento territorial, los pueblos indígenas se ven obligados a abandonar sus territorios o a su comunidad, donde para la mujer significa un gran peligro para su bienestar pues está más propensa a sufrir violaciones y maltrato.

Lo anterior simboliza una pequeña parte de los escenarios donde se presenta la aculturación en Colombia viéndose en 3 ámbitos diferentes; el militar, la religión y los conflictos sociales. Sin embargo, el turismo como cuarto factor de análisis tiene gran influencia. En primera parte, se identifica la inadecuada introducción de infraestructura turística y hotelera en los territorios pertenecientes a las comunidades indígenas o aledaños, ya que se contrata laboralmente a los hombres jóvenes para la construcción de estos establecimientos o para que trabajen internamente en ellos.

La problemática que surge aquí, es que empieza el abandono de la cultura y de las comunidades en busca de permanecer en ese estilo nuevo de vida. También cuando se inicia la explotación del producto turístico indígena se está comercializando el patrimonio cultural, la forma de ver a los indígenas cambia a una mirada de “Objetificación de los cuerpos” y se introduce obligatoriamente el sistema económico colombiano en términos de su moneda y modelo de compra y venta (Enriquez 2015).

Otra de las consecuencias que se identifica es la prostitución de mujeres y hombres indígenas para el mal llamado turismo sexual. En Leticia, capital del departamento del Amazonas, se caracteriza por la llegada constante de hombres en su mayoría, que buscan obtener un empleo sin importar el sector o sus funciones. Muchos de ellos caen en redes de prostitución que son fomentadas por los mismos residentes del lugar, como por ejemplo las personas encargadas de transportar a los extranjeros (taxistas o moto taxistas).

Ellos mismos recomiendan lugares que presten este tipo de servicios o tienen los contactos de hombres colombianos y brasileños, y utilizan el mismo proceso que en Cartagena y en Medellín; este se basa en tomar los datos del turista para después enviarle las fotos de los hombres disponibles para esta actividad y darles el precio del servicio el cual está entre 80.000 a 150.0000 pesos colombianos aproximadamente. Son altos los trabajadores sexuales que se celebra un reinado gay indígena la cual sirve como promoción directa a la actividad (Revista Semana 2018).

La mayoría de los hombres indígenas que trabajan en la prestación de servicios sexuales, son transexuales y pertenecen a la comunidad LGTBI, las razones por las cuales terminan ejerciendo tal actividad es porque se han visto obligados a abandonar sus comunidades indígenas

por la discriminación y el maltrato físico provocado con la justificación de “sacarles el demonio” donde en ocasiones no soportan los castigos y fallecen. Cabe mencionar que dentro de las concepciones y creencias indígenas no existe el concepto de homosexualidad por lo que para ellos especialmente a los mayores significa un problema causado por la aculturación proveniente de los occidentales, del internet y la televisión ([Revista Semana 2018](#)).

A causa de las problemáticas anteriormente mencionadas, el estado interviene por medio del desarrollo de estrategias dirigidas en la creación de normativas que promuevan y aseguren el respeto a los derechos de las mujeres indígenas como los de los pueblos indígenas. De esta manera, en el 2020 en Colombia surge el Decreto 1097 donde se aprueba la “Comisión Nacional de mujeres indígenas” conformado por mujeres comisionadas y delegadas de entidades como la ONIC (Organización Nacional Indígena de Colombia), OPIAC (Pueblos Indígenas de la Amazonía Colombiana), CIT (Confederación Indígena Tairona) y AICO (Autoridades Indígenas de Colombia). Su objetivo es el de formular y evaluar políticas y proyectos para que se elimine cada forma de discriminación hacia la mujer ([Presidencia de la republica 2020](#)).

### **3.3. Iniciativas y recomendaciones para el desarrollo sostenible sin atentar contra el patrimonio cultural y saberes indígenas.**

Cada vez más personas entienden la necesidad de proteger los conocimientos y raíces de los territorios, específicamente la importancia de cuidar a los grupos étnicos que han nacido, crecido y conformado sus vidas en los mismos. Lo anterior, está ligado con los problemas ambientales y socioeconómicos que debe enfrentar la humanidad con el paso del tiempo, por ejemplo: los sectores ambiental y turístico han tenido iniciativas de realizar investigaciones, donde pueden concluir que los saberes tradicionales biológicos sobre las plantas medicinales y huertas tradicionales deben ser registradas y salvaguardadas para entender el funcionamiento correcto de la tierra, recibiendo sus beneficios pero así mismo, actuando en pro de su cuidado para evitar continuar con la idea antropocentrista de que el hombre es superior a la naturaleza.

Del mismo modo, por medio del turismo sostenible se pueden encontrar recopilaciones de artes tradicionales, mitos, cantos y hasta escuelas dirigidas por ancianos sabedores que buscan transmitir sus ideas de que todos nacen con facultades artísticas, pero algunos las desarrollan mejor que otros y lo que se debe hacer es trabajar para encontrar cada talento. Este tipo de enseñanzas no serían posibles de conocer sin un turismo adecuado ([Jamioy Muchavisoy 1997](#)).

Adicionalmente, un turismo sostenible en pro de la comunidades se ve reflejado de igual forma, cuando esté promueve que los grupos indígenas puedan ser los principales beneficiarios de sus conocimientos tradicionales y expresiones culturales o por lo menos, que sean los únicas que puedan decidir a quién le dan el derecho de sacar provecho de los mismos. Por ende, La Organización Internacional de la Propiedad Intelectual lanzó una iniciativa llamada Proyecto Creativo en donde le explica a los museos, bibliotecas y demás organizaciones culturales como pueden utilizar el material de saberes tradicionales de diversas comunidades de forma en que no atente contra la propiedad intelectual de dichos conocimientos ([OMPI 2014](#)).

La iniciativa de la OMPI, se puede entender como una forma de invitar a la industria turística a gestionar, controlar y vigilar la forma en la que los turistas se relacionan con los destinos turísticos de los cuales hacen parte estas comunidades, ya que como primera medida debe ser primordial la compra de productos locales que favorezcan económicamente a las miles de familias que poseen un valioso conocimiento sobre diversas áreas, tales como; el campo textil, el campo farmacéutico, el campo estético, entre otros conocimientos que pueden ayudar o ser llamativos para los turistas pero que lamentablemente los saberes son utilizados y producidos por terceros sin darle algún tipo de reconocimiento a la comunidad que inspiró la creación,

robando sus ideas y desincentivando el desarrollo del pueblo indígena ([Organización Internacional para las Migraciones 2019](#)).

Como ejemplo, de la importancia que tiene el dar crédito a los conocimientos y saberes de las comunidades indígenas, se puede encontrar una iniciativa del Museo de Memoria de Colombia, donde busca recopilar los diferentes saberes ancestrales y de sanación de algunos grupos colombianos. En esta recopilación se exponen algunos saberes y rituales de comunidades indígenas y afrodescendientes, que hablan sobre los procesos de reconstrucción de la memoria histórica durante el conflicto armado. Valorar el duelo y las prácticas que tienen las personas con respecto a la violencia es fundamental para que el resto del país se pueda reivindicar de alguna forma con estos grupos por haberlos olvidado y dejado a su suerte en situaciones tan cruciales.

Entre los documentos se puede evidenciar: El pago en los pueblos de indígenas de la Sierra Nevada de Santa Marta, en donde se pueden encontrar opiniones importantes de sus miembros, como el caso de Ruama Shama miembro del pueblo Wiwa que indica lo siguiente:

*“Como hermanos mayores los indígenas somos los encargados por Sherankua de cuidar el corazón del mundo, de pagar por lo que nosotros y los hermanos menores tomamos de la tierra, por todos los daños que el hombre le ha causado a la naturaleza. Si se debilita nuestra cultura, si se nos impide realizar los pagos, se pierde el equilibrio del universo, de los ciclos de la madre tierra. Nuestro territorio y nuestra cultura han sido afectadas por distintos factores desde la época de la colonia, que han tejido una cadena de violencias atravesadas por la discriminación, en la que el conflicto armado contemporáneo no es sino un capítulo más”* (Ruama Shama: desde el corazón y el pensamiento del pueblo Wiwa. Organización Wiwa Golkushe Tayrona) ([Museo Memoria de Colombia 2019](#)).

También, se pueden encontrar algunas recomendaciones sobre la implementación del turismo para lograr un desarrollo sostenible óptimo. Según, La Asociación de Estados del Caribe (AEC), refiriéndose al documental “Tourism and Community Involvement XXI Century” presentado en la Universidad Autónoma de México, Ofrece al propio tiempo a las comunidades la oportunidad de jugar un papel en la generación del movimiento de los elementos de producción e intercambio de bienes y servicios en la zona en cuestión.

Por lo anterior, se cree que el turismo no tiene porque siempre tener un panorama desolador para los habitantes de un destino turístico, puesto que al existir un turismo bien gestionado que se encamine a contribuir al desarrollo de las comunidades que han sido excluidas por la sociedad y olvidadas por el gobierno, puedan generar ingresos sin tener que abandonar sus culturas y creencias, sino que al contrario, lo ideal es que estos mismos grupos sean los encargados de gestionar de manera óptima los recursos sin tener que trabajar con terceros que no prioricen sus necesidades y bienestar. A continuación se presenta un claro ejemplo del impacto que se crea en una comunidad al tener un turismo sostenible y en pro de todos los agentes turísticos.

En Baranoa, un municipio de la costa caribeña de Colombia con poco más de cincuenta mil habitantes, fue fundada La Banda de Música Departamental de Baranoa, con el objetivo de brindarle a los niños, niñas y jóvenes de la comunidad, un camino libre de violencia y rechazo, donde la cultura y la alegría fueran el atajo a la superación. En este grupo podemos encontrar miembros de la comunidad indígena Mokaná y vale resaltar que es una iniciativa que ha recibido todo tipo de premios y menciones por su labor, la cual también es referencia turística para los innumerables visitantes que llegan al lugar, atraídos por la música, un nuevo parador turístico, un paraje muy caribeño, donde hay conciertos, actos culturales, exposiciones

y venta de artesanías regionales, información turística, etc. Además de poder disfrutar de las delicias de la gastronomía del Atlántico colombiano en un restaurante ubicado cerca al lugar de ensayo del grupo, que genera a su vez beneficios para la banda (Nadal 2019).

## 4. Discusión

Desde los centros e institutos educativos siempre se ha tratado de exhibir y enseñar la parte buena del turismo, y en muchas ocasiones cuando se habla de los aspectos negativos, solo se deslumbra los impactos sobre el ecosistema o al medio ambiente, dejando de lado los serios efectos sociales que no solo se presentan en las comunidades indígenas sino en todas las personas que hacen parte de manera directa o indirecta en el desarrollo del turismo, como: las personas que residen en lugares turísticos y son pertenecientes a cualquier tipo de sociedad y cultura. Por lo tanto, esta aculturación se ve reflejada desde los residentes de grandes ciudades, a los pueblos, veredas, corregimientos, hasta los grupos y comunidades indígenas.

Como se observa en el desarrollo del presente trabajo las comunidades indígenas son las más vulnerables a sufrir la aculturación y presenciar la explotación de sus recursos. Si bien el turismo provoca ciertos aspectos buenos para ellos en términos de darse a conocer y tener un mejor sustento económico, también surgen preguntas, tales como: ¿los impactos negativos no son mucho mayores que los impactos positivos? ¿O hasta qué punto son justificables los impactos negativos del turismo para mejorar la calidad de vida de las personas y tratar de integrarlas en la sociedad?.

Estas preguntas representan la indecisión de si realmente es buena idea promover el turismo indígena o el etnoturismo, ya que la pérdida de la identidad que se genera representa en sí la pérdida de su esencia, de su historia y de su tradición, no solo de una comunidad indígena sino de un país en general.

De lo anterior, se cree importante traer a colación un ejemplo de experiencia personal, donde se tuvo la oportunidad de viajar al Amazonas desde una perspectiva de estudiante de Administración turística y hotelera y desde el punto de vista de turista, lo cual fue una vivencia interesante pero que deja mucho que desear, puesto que para nadie es un secreto que las comunidades indígenas verdaderamente arraigadas a sus creencias y culturas viven en el corazón del Amazonas sin tener algún contacto con los turistas y al contrario otros grupos que le apostaron a ganarse la vida con el turismo, deben aparentar vivir aun bajo las tradiciones nativas para atraer viajeros que creen estar conociendo de forma transparente el modo de vida de dichas comunidades pero que realmente lo que observan es un espectáculo montado que solo con las expresiones faciales se puede notar que no están cómodos realizando estas actuaciones, porque su estilo de vida es muy distinto en la actualidad, debido a la influencia de la industria turística, que les ha dado a conocer la tecnología, vestimentas y en general la vida “moderna”.

Lo mencionado en el párrafo anterior, también deja la reflexión si realmente se debe culpar a las comunidades por sus actuaciones en frente de los viajeros o si realmente la culpa es de los prestadores turísticos y de los mismos turistas que no se educan con respecto a estos grupos, ya que muchos llegan con un punto de vista errado hacia los indígenas. Algunas veces y de forma lamentable, quieren encontrar la imagen del indígena ignorante que no conoce el mundo exterior, donde los puedan percibir como una raza inferior. Razón por la cual si llegan a los territorios de estos grupos y los ven modernizados o con cierta evolución, se sienten decepcionados y es ahí donde presuntamente se puede arrinconar a los indígenas a tener que actuar y mostrar una vida falsa, como se mencionó el anterior párrafo.

Para finalizar, la opinión del grupo de trabajo sobre este fundamental proyecto académico, es que los operadores turísticos no solo están engañando a los locales sino también a los turistas, a los cuales en otras palabras les venden experiencias falsas y por ende, una imagen errónea del país. Lo cual, se piensa, está atentando contra el código ético del turismo, que claramente indica lo siguiente:

El turismo es una actividad presente en todo el mundo, millones de personas viajan a otros países por lo que se puede considerar como uno de los fenómenos sociales más importantes de la segunda mitad del siglo XX. Es importante tener claro que en esta actividad debe primar un comportamiento de respeto al ser humano, respeto a la dignidad y a la integridad de las personas, a la naturaleza, respetando el medio ambiente y los recursos naturales, al patrimonio artístico, arqueológico y cultural (Feandalucia 2009).

Así que, al revisar esta definición y la totalidad del documento no quedan dudas de que los representantes del turismo, no están abordando de manera acertada la relación de la industria turística con las comunidades étnicas, siendo necesaria una reforma que proteja los derechos e intereses de dichos grupos, donde se pueda entender que el turismo no es malo en sí, sino que a veces la forma en la que se aborda es incorrecta porque puede llegar a ser desfavorable para muchos agentes y en este caso se aprovecha de estos grupos étnicos y de sus culturas para llamar turistas, causando así su aculturización.

## 5. Conclusiones

El desarrollo del turismo indígena y del etnoturismo trae consecuencias e impactos negativos frente a los aspectos económicos y sociales que afectan el desenvolvimiento natural de las comunidades indígenas. La aculturación en la mayoría de los casos se va construyendo poco a poco cuando los nativos tienen contacto con el turista, ya que empiezan a percibir e interiorizar los comportamientos de las otras personas. Esto ocurre principalmente con los más jóvenes ya que son los más susceptibles y vulnerables de querer cambiar su cultura y forma de vida, pues no son en el momento tan conservadores o tradicionales como los adultos o ancianos pertenecientes a las comunidades.

La aculturación y la explotación no solo proviene del turismo sino de aspectos sociales como el desplazamiento, debido a los conflictos entre grupos armados, a los intentos de integración de las comunidades a la sociedad moderna que busca mejorar la economía y complacer intereses políticos e incluso religiosos. Lo que deja como resultado que, pese a los intentos de las organizaciones internacionales como la OMT de querer implementar un turismo sostenible y responsable que no provoque la explotación de los recursos naturales, ni mucho menos cambios en las culturas y tradiciones de las comunidades étnicas residentes del territorio colombiano. Se ha evidenciado que no han sido suficiente estos esfuerzos para llevar a cabo un turismo óptimo, ya que una de las principales debilidades que tiene Colombia, es el apoyo gubernamental mínimo porque no hay un representante claro que responda, controle y supervise el desarrollo del turismo en las zonas fronterizas y rurales del país, que es donde habitan gran parte de los grupos indígenas.

Las iniciativas y recomendaciones propuestas por diversas personas y organizaciones que creen en la importancia de respetar y salvaguardar los saberes ancestrales, no son más que el reflejo, de que, realmente se está tomando conciencia sobre las consecuencias que dejó el turismo, como lo es el efecto de aculturación en las comunidades autóctonas del territorio colombiano. Llevando así al país a la pérdida paulatina de su identidad, construyendo problemáticas como la prostitución de las mujeres y hombres indígenas (turismo sexual), el maltrato hacia la mujer, la discriminación, y la pobreza, entre otros.

## Referencias

- Buitrago A (2016). “En Colombia, 68 lenguas se encuentran en peligro de desaparecer.” URL: <https://www.elespectador.com/educacion/>.
- Calvo CAO (2017). “Autonomía Indígena y democracia en Colombia.” *Agora U.S.B.*, **17**(1), 127. doi:10.21500/16578031.2814.
- DANE (2019). “Población indígena de Colombia.” URL: <https://www.dane.gov.co/>.
- Enriquez ME (2015). *Desalojos en la Selva Lacandona. Escalas y conceptos para quitar la tierra. en: Des/posesion. Genero, territorio y luchas por la autodeterminacion. Marisa Belausteguigoitia Rius y Josefina Saldaña-Portillo. PUEG UNAM e Instituto Simone de Beauvoir. Mexico, 2015.*, pp. 277–308. ISBN 978-607-02-6497-9.
- Espeso-Moliner MP, Pastor-Alfonso MJ (1970). “Turismo indígena: Concepto y Características de Una Actividad en Auge.” URL <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6445826>.
- Esterilla JP (2018). “Ser indio no es ser inculto: conozca la campaña para eliminar esa definición de la RAE.” URL <https://pacifista.tv/notas/indio-inculto-campana-rae-change/>.
- Feandalucia (2009). “Codigo etico del turismo.” URL <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5402.pdf/>.
- Friede J (1979). “Proceso de aculturación del indígena en Colombia.” *Revista Controversia*, (80), 15–21. doi:10.54118/controver.v0i80.940.
- Getino O (1987). *Turismo y desarrollo en América Latina*. Noriega Editores. ISBN 9789681825492. URL <https://books.google.com.co/books?id=Wi07AAAAIAAJ>.
- González MM (2008). “¿Etnoturismo o turismo indígena?” URL <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2929496/>.
- González Damian A (2009). “El turismo desde un enfoque de sociología constructivista.” *Teoría y Praxis*. URL <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456145109007>.
- Jamiy Muchavisoy JN (1997). “Los saberes indígenas son patrimonio de la humanidad.” URL <https://www.redalyc.org/pdf/1051/105118909006.pdf/>.
- Mastny L (2004). *Ecoturismo: Nuevos Caminos para el turismo internacional*. Bakeaz.
- Mejia NC (2017). “Nuestro racismo es una xenofobia con bumeran.” URL: <https://www.eltiempo.com/>.
- Museo Memoria de Colombia (2019). “Saberes ancestrales y sanacion.” URL <https://museodememoria.gov.co/pueblos-indigenas-afro/saberes-ancestrales/>.
- Naciones Unidas (2021). “Las lenguas indígenas: cultura, identidad e historia.” [Online; Junio-2021], URL <https://colombia.un.org/es/148986-las-lenguas-indigenas-cultura-identidad-e-historia/>.
- Nadal P (2019). “El turismo no tiene por que arruinar las culturas indígenas: aquí, cuatro ejemplos.” URL [https://elpais.com/elpais/2019/02/13/paco\\_nadal/1550091599\\_149832.html/](https://elpais.com/elpais/2019/02/13/paco_nadal/1550091599_149832.html/).
- OMPI (2014). “Apoyar a las comunidades indígenas desde la base.” URL [https://www.wipo.int/wipo\\_magazine/es/2014/01/article\\_0003.html/](https://www.wipo.int/wipo_magazine/es/2014/01/article_0003.html/).

- Orduz-Salinas N (2020). “Colombia: violaciones al derecho de los pueblos indígenas a la consulta previa.” URL: <https://co.boell.org/>.
- Organización Internacional del Trabajo (2003). “Convenio numero 169 sobre pueblos indígenas y tribales: Un manual.” URL <https://rosanjose.iom.int/es/blogs/5-acciones-para-facilitar-la-inclusion-social-de-desplazados-de-pueblos-indigenas/>.
- Organización Internacional para las Migraciones (2019). “5 acciones para facilitar la inclusión social de desplazados de pueblos indígenas.” URL: <https://rosanjose.iom.int/es/blogs/>.
- Presidencia de la republica (2020). “Decreta 1097 de 2020.” URL: <https://www.funcionpublica.gov.co/>.
- Pulgarin J (2022). “Indígenas embera ya completan siete meses asentados en el Parque Nacional de Bogotá.” URL: <https://www.rcnradio.com/>.
- Revista Semana (2018). “Prostitución de indígenas gais en Leticia: una red sexual exótica para turistas.” URL: <https://www.semana.com/>.
- Schwing E (2021). “Canadá: Los Internados Para Niños Indígenas y el Sueño del País Sin Indios.” URL <https://www.sinpermiso.info/textos/canada-los-internados-para-ninos-indigenas-y-el-sueno-del-pais-sin-indios>.
- Tinoco ECA (2018). “Turismo, patrimonio y comunidades indígenas.” *Turismo y Sociedad*, **22**, 213–233. doi:10.18601/01207555.n22.11.
- UNCHR ACNUR (2011). “Comunidades Indígenas.” URL [https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/Pueblos\\_indigenas/2011/Comunidades\\_indigenas\\_en\\_Colombia\\_-\\_ACNUR\\_2011.pdf](https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/Pueblos_indigenas/2011/Comunidades_indigenas_en_Colombia_-_ACNUR_2011.pdf).
- World Tourism Organization (UNWTO) (2020). *Recomendaciones sobre el desarrollo sostenible del turismo indígena*. doi:10.18111/9789284421879.

### Filiación institucional:

Yury Vanessa Ávila Arana, Lina Lucía Vargas Duque, Karen Michel Peláez Figueroa  
Fundación Universitaria Los Libertadores  
Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables  
Carrera 16 # 63A - 68, Bogotá, D.C., Colombia  
E-mail de correspondencia: [yvavilaa@libertadores.edu.co](mailto:yvavilaa@libertadores.edu.co)



# Aplicación de las Fases del Análisis Forense Digital Simulando una Escena del Crimen Denominada “*El Hacker Asesino*”

Jhon Fredy Pardo Salazar, Jorge Luis Vitola, Héctor Manuel Herrera Herrera  
Fundación Universitaria Los Libertadores

---

## Resumen

En este artículo se hará una descripción de un caso hipotético, donde se aplican las fases del análisis forense digital, mostrando al lector, el uso y aplicación de técnicas en informática forense y criminalística, con el fin de hallar el que, quien, cómo, cuándo y dónde sucedieron los hechos del caso.

Esto permite tener un contexto amplio y claro en el tratamiento de la evidencia digital, logrando su identificación, adquisición y aseguramiento para presentación de resultados idóneos, en una investigación de tipo penal.

Finalmente se describirá a través del caso simulado, las fases de procesamiento de las evidencias, teniendo como principio garantizar la misimidad, autenticidad y seguridad de la información contenida en los dispositivos electrónicos encontrados en la escena del crimen, propiciando un análisis forense exhaustivo para generar hipótesis y relacionar la conducta con el autor del delito.

*Palabras Clave:* cibercrimen, penal, evidencia digital, informática forense, criminalística.

---

## 1. Introducción

El aumento exponencial de las actividades delictivas en Colombia derivadas del inminente avance tecnológico permiten visualizar un alto grado de hallar evidencia digital en los lugares donde ocurren actividades delictivas y se utilizan medios tecnológicos para almacenar digitalmente la información, estos datos con un debido y apropiado manejo de técnicas y procedimientos de informática forense, pueden aportar a la función probatoria u orientativa para la individualización y juzgamiento del autor del delito.

Todos estos avances tecnológicos producidos año tras año, ponen a prueba la limitación y escasez de recursos tanto físicos como técnicos para hacer frente y socavar el aumento de delitos en Colombia, en especial atención, a la hora de enfrentar la posibilidad de encontrar, analizar y entregar una evidencia digital valedera dentro de un contexto penal, disciplinario y/o administrativo, en esta situación la informática forense es péndulo de gran importancia, nombrada como la ciencia adecuada para la obtención, preservación y análisis de evidencia en escenarios donde se encuentren dispositivos electrónicos.

No obstante, el desafío de la investigación digital parece quedar atrás ante al aumento de las nuevas tecnologías, entiéndase este en ejemplo con la aparición de toda clase de dispositivos, el aumento de capacidad de almacenamiento de los mismos, las nuevas formas de generar cibercrimen y la falta de legislación en Colombia son obstáculos para el informático forense en su labor diaria.

En este escrito se realiza la simulación de un caso (hipotético) que permitirá hacer uso de las fases del análisis forense digital, permitiendo llevar de la ficción al mundo real, las técnicas utilizadas para el esclarecimiento de un hecho delictivo.

## 2. Pregunta de Investigación

¿Son suficientes las fases del análisis forense digital para el esclarecimiento de una actividad delictiva en Colombia?

## 3. Objetivos

### 3.1. Objetivo General

Aplicar las fases del análisis forense digital de acuerdo con el proceso metodológico de identificar, recolectar, analizar y presentar evidencia digital con el fin de aportar un informe que apoye al esclarecimiento de una conducta de tipo penal.

### 3.2. Objetivos Específicos

- Identificar el caso mediante la metodología de la informática forense utilizada para la recolección de evidencia digital.
- Analizar a través de técnicas en informática forense y criminalística, las evidencias encontradas y responder las siguientes preguntas investigativas: ¿Qué?, ¿Quién?, ¿cómo?, ¿cuándo? y ¿Dónde?.
- Proponer una metodología de buenas prácticas y acciones ante la actuación del primer responsable en casos relacionados con evidencia digital en Colombia.

### 3.3. Alcance

A partir del presente artículo se busca aplicar las fases del análisis forense digital en un caso hipotético, utilizando metodologías de buenas prácticas para llevar a cabo la investigación, con técnicas criminalísticas e informática forense; permitiendo generar resultados de valor probatorio en un estrado judicial en Colombia.

## 4. Refrentes teóricos

### 4.1. Antecedentes

La investigación criminalística es una función de la policía, que cada día cobra mayor vigencia en el ámbito mundial para ocupar el verdadero sitio que le corresponde como ciencia, en la determinación de la existencia del delito y la averiguación del delincuente (Calvo and Silva 2003).

Por ejemplo, en investigaciones que día a día se dificultan, por el crecimiento de toda clase de dispositivos electrónicos, el aumento en los volúmenes de información que deben recopilarse, almacenarse y analizarse, el surgimiento de nuevos paradigmas de crímenes (cibercrimen), la falta de legislación que cobije todo tipo de investigación cuando sobrepasa los límites de las jurisdicciones legales, la débil capacidad del poder judicial para entender, interpretar y valorar la evidencia digital (de Haro Olmo 2021).

De ahí que los medios electrónicos como las memorias flash USB y otros dispositivos de almacenamiento, son fuentes donde se archiva todo contenido compartido y creado en los medios tecnológicos (celular, computador, tablets, entre otros), en las que se recogen y se registran las actividades, gustos, tendencias, imágenes y escritos de las personas, quedando al descubierto la sensibilidad y fragilidad de la información que pueden llegar a contener los medios digitales, puesto que en el almacenamiento se conserva el registro de archivos personales y públicos (Cortés Monsalve, Di Iorio, and Lagos Enríquez 1970).

Hoy, muchas de las huellas y evidencias, cuya recolección es necesaria para demostrar la comisión de un determinado delito, están en soporte digital, por lo que la informática ha permeado casi todos los entornos: la mayoría de los documentos, fotos, videos y controles de recursos de todo tipo se han adaptado al ámbito tecnológico contemporáneo (Gómez, Pérez, de la Caridad Alonso Betancourt, and Calzada 2020).

De igual manera, la evolución tecnológica propició que la informática forense avanzara a gran escala, a causa de la mutación del accionar delincencial y criminal, por lo cual el investigador y perito, debe estar en capacidad de afrontar cualquier escenario criminal y una de las maneras en que pueda lograrlo es mediante buenas prácticas en los procedimientos que realice, más en el tema de preservación y recolección de evidencia, por tal razón y en conclusión es necesario aprender a utilizar los recursos necesarios con los que se cuentan y que estos sean de fácil acceso utilizando buenas prácticas para no incurrir en errores y sean válidos en cualquier estrado judicial (Montoya, Oviedo, and Alvarez 2022).

Por esta razón, todas las técnicas utilizadas para la recogida y análisis de evidencias digitales deben estar respaldadas por una buena metodología científica y documentadas en un protocolo de actuación, que recoja tanto los aspectos técnicos de la informática como los aspectos legales que se derivan de su peculiaridad forense (Rodríguez and Doménech 1970).

Sin dejar atrás la importancia de la identificación de datos volátiles y no volátiles que son un aspecto vital de la informática forense. La validación y examen de la evidencia de volatilidad ayuda a “contar la historia” soportada en el estado de la evidencia en el momento de la recopilación. En los casos donde el código malicioso reside en la memoria, se puede contar una historia completa; de lo contrario, la volatilidad hace que se pierda parte de dicha historia por falta de datos o pruebas (Bidgoli 2006).

En este sentido para una correcta investigación, es necesario comprender e interpretar el análisis forense digital, por lo cual Miguel López indica que es “un conjunto de principios y técnicas que comprende el proceso de adquisición, conservación, documentación, análisis y presentación de evidencias digitales y que llegado el caso puedan ser aceptadas legalmente en un proceso judicial” (p.10), dentro de los cuales se pueden encontrar delitos como: homicidios, fraude financiero, terrorismo, pornografía infantil (grooming), piratería de software, hacking, spam, entre otros (Lopez 2003).

## 4.2. Términos y Definiciones

Axiom: Es una herramienta forense digital confiable y probada en el campo que le permite

recuperar datos eliminados e investigar evidencia digital desde cualquier tipo de dispositivo digital. y analizar evidencia de fuentes informáticas, en la nube y móviles ([Magnet-Forensics 2023](#)).

Autopsy: Es una herramienta de código abierto que, permite identificar y analizar sobre imágenes forense de pruebas que se hallan recolectado en una escena del crimen ([Vaghela 2022](#)).

Criminología: Es una ciencia que se centra en el cómo y por qué de los fenómenos delictivos y la reacción social frente a estos ([Moliné and Fernández-Molina 2014](#)).

Datos Volátiles: Datos de un determinado sistema que se pierden una vez dicho sistema es reiniciado o apagado ([EsGeeks 2020](#)).

Elementos Materiales Probatorios: Huellas, rastros, manchas, residuos, vestigios, dinero, Armas, instrumentos, el mensaje de datos, como el intercambio electrónico de datos, internet, correo electrónico, telegrama, télex, telefax y similares, dejados por la ejecución de la actividad delictiva ([Congreso de la república 2009](#)).

Evidencia Digital: La evidencia digital es el conjunto de datos en formato digital (código binario), como archivos con contenido, metadatos, conexiones de tráfico en la red, discos duros, tarjetas o memorias USB que puedan ser utilizados por los tribunales para esclarecer unos hechos ([Martín 2021](#)).

Forensic USB 3.0 Bridge: Bloqueador de escritura portátil que permite la adquisición forense de dispositivos USB 3.0. ([Open Text Corporation 2020](#)).

FTK Forensic Toolkit de AccessData: Es una herramienta para la recolección de imagen forense de los equipos de cómputo ([Exterro 2023](#)).

MOBILedit Forensic Express: Es el extractor de evidencia de teléfonos móviles del celular y cloud para procedimientos investigativos ([Compelson 2023](#)).

OSForensics: herramienta que permite usar Hash Sets para identificar rápidamente archivos seguros conocidos ([PassMark Software 2021](#)).

### 4.3. Marco Legal

- Ley 1581 de 2012 - Tratamiento de datos personales ([Congreso de la república 1992](#)).
- Ley 1273 de 2009 - Delitos Informáticos ([Congreso de la república 2009](#)).
- ISO/IEC 27037 DE 2012 - Tecnología de la información. Técnicas de seguridad Directrices para la identificación, recopilación, adquisición y conservación de pruebas digitales ([Online Browsing Platform 2012](#)).
- ISO/IEC 27042 DE 2015 - Tecnología de la información – técnicas de seguridad –lineamientos para el análisis e interpretación de evidencia digital ([Online Browsing Platform 2015](#)).
- NIST SP800-86 - Instituto nacional de estándares y tecnología – (guía para la integración de técnicas forenses a la respuesta a incidentes ([Kent, Chevalier, Grance, and Dang 2006](#)).

- Guía seguridad y privacidad de la información (MinTIC 2016).
- Manual de Cadena de Custodia (Fiscalía General de la Nación 2018).
- Investigación forense digital en entidades del Estado colombiano: Acercamiento a la Ley 1952 de 2019 – Delitos Informáticos (Montoya *et al.* 2022).

## 5. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se tiene en cuenta la creación de un caso (hipotético) que llevado de la ficción a la realidad, dará un contexto claro y entendible de la manera cómo actuar a la hora de una investigación criminal que sea conexas a la evidencia digital, se asume una perspectiva interpretativa partiendo del hecho para planificar el comportamiento más adecuado desde una parte metódica y práctica, según la experiencia adquirida en las áreas de investigación criminal, criminalística e informática forense, Se inscribe en el enfoque cualitativo porque pretende profundizar en el análisis, más que generalizar (Gómez 2018).

Se estructura mediante un proceso de cuatro fases ilustradas en el siguiente esquema:

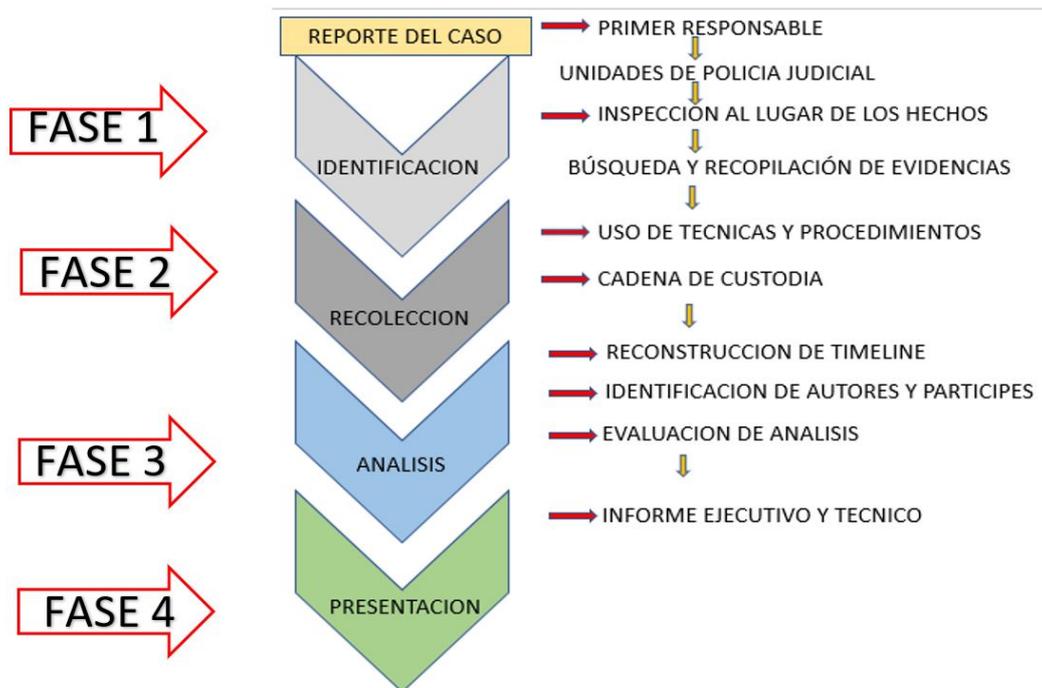


Figura 1: Metodología del análisis forense digital.

Nota. Las fases permiten un adecuado y metódico proceso con el tratamiento de la evidencia digital.

## 6. Análisis y resultados

### 6.1. Información preliminar

El día 15 de diciembre del año 2022, se recibe información vía telefónica por parte de una ciudadanía, indicando un fuerte ruido al parecer un disparo de arma, en el apartamento 401, edificio santo VIC, localidad de chapinero en Bogotá, de igual manera observo salir del

lugar a una persona de género masculino, que huyo en un vehículo particular color gris. A continuación, se describe las unidades designadas para la verificación del lugar.

## 6.2. Primer responsable

Patrulla de vigilancia (cuadrante): acuden de manera inmediata, llegan al lugar y observan una persona de género femenino, arrojada en el suelo sin signos vitales con una herida de arma de fuego en la cabeza y observan unos dispositivos electrónicos alrededor.



Figura 2: Escena del crimen.

### *Buenas prácticas y acciones*

- Aislar y proteger la escena, utilizar cinta de acordonamiento, vehículos, motocicletas institucionales o personal uniformado.
- Verificar la seguridad del lugar, realizar observancia sobre objetos extraños, transeúntes u otro aspecto de importancia que genere sospechas.
- Solicitar apoyo de otras unidades si es necesario.
- No alterar los elementos materiales probatorios y evidencia física

Al observar dispositivos electrónicos aplicar la siguiente metodología.

- Cuando se trate de equipos de cómputo se debe seguir la regla de oro, si está encendido se deja encendido y procurar que no se bloquee, si esta apagado dejarlo en ese estado.
- Cuando se trate de equipos de telefonía celular, se debe colocar el dispositivo en modo avión, de igual manera evitar el bloqueo de solicitud de patrón o pin de seguridad.

**Nota:** es posible que se pueda hacer uso de las exploraciones dactiloscópicas con el fin de hallar huellas latentes que pueden ser del posible autor del delito.

### 6.3. Fase 1: Identificación

Es el proceso mediante el cual se analiza la posibilidad de hallar, buscar o dar el reconocimiento de una prueba digital, mediante unos procedimientos establecidos; ligando esta etapa a la ciencia de la criminalística sería el espacio propicio para proceder a inspeccionar un lugar de los hechos, este se define como una acción táctica que se realiza siempre que sea posible a los efectos de obtener huellas o evidencias por las cuales se explique qué aconteció, así como identificar tanto a las víctimas como a los victimarios, con el fin de desplegar un proceso investigativo, se logra observar que es una fase de gran relevancia siendo el inicio a una investigación positiva.

“El principio de intercambio de Locard, referente a cualquier escena del crimen indica que, en cualquier contacto en esta, supone un intercambio de evidencias ya que el criminal deja rastros o huellas del ilícito o se las lleva consigo, este principio permite a los criminalísticos o investigadores establecer un cierto porcentaje de éxito en el inicio de la investigación”.

### 6.4. Unidades de Policía Judicial

La central de radio reporta el caso y son designadas las patrullas (Pluton 1) del grupo de investigación de homicidios y (Coral 2) del grupo de investigación criminalística.

**Pluton 1:** Funcionarios de policía judicial encargados de liderar la investigación.

**Coral 2:** Funcionarios expertos en estudios o áreas de la criminalística, encargados de identificar, proteger y procesar una escena del crimen, aplicando técnicas y procedimientos con el fin de hallar, recolectar y custodiar los elementos materiales probatorios que sirven para el esclarecimiento de los hechos.

#### *Inspección al lugar de los hechos:*

Las unidades de Criminalística reciben el lugar por parte de las unidades de Policía (cuadrante), mediante el informe de actuación del primer responsable, que indica lo referente con la protección, observación e información obtenida de los hechos.

Ingresan al lugar, definiendo que en todo el procesamiento se hace uso de las técnicas de la fotografía forense, documentando el paso a paso de lo actuado y se sigue la siguiente metodología.

- Identificar un punto focal inicial para efectuar una correcta observación y análisis el lugar de los hechos.
- Establecer las medidas de protección del personal, verificando zonas de evacuación.
- Se establece el método de búsqueda (espiral).

#### *Búsqueda y recopilación de evidencias*

- Identificar elementos materiales probatorios: pelos, fibras, cabellos, uñas, saliva, semen, sangre, medios de almacenamiento digital y los dispositivos de procesamiento con datos o información potenciales para la investigación.

- Iniciar el proceso de numeración consecutiva de cada hallazgo.

## 6.5. Fase 2: Recolección

Después de haber identificado las evidencias, el personal inicia el aseguramiento físico de los elementos materiales probatorios, se deben seguir los protocolos y estándares internacionales.

### *Uso de técnicas y procedimientos*

Se hallan los siguientes elementos materiales probatorios.



Figura 3: E.M.P 1: (01) Cuerpo sin vida, género femenino.

El equipo de criminalística realiza el procedimiento de inspección técnica a cadáver, aplicando las técnicas y procedimientos establecidos en la guía inspección al lugar de los hechos y/o al cadáver de la fiscalía general de la nación.



Figura 4: E.M.P 2: (01) computador portátil marca HP modelo HP 15-da1073, serial CND918D.

Se trata de un equipo de cómputo que se encuentra encendido, por esta razón aplica el siguiente procedimiento:

Inserta una memoria USB al computador previamente bloqueada contra escritura por hardware utilizando el dispositivo Tableau Forensic USB 3.0, se ejecuta el programa FTK Imager versión 4.7.1.2 y aplica obtención de datos volátiles, mediante la opción capture memory, esta evidencia será enmarcada para el caso como el EMP 4.

Se trata de un teléfono celular, marca Samsung Galaxy modelo A04, color gris, sin número de IMEI no visible, el personal de criminalística realiza una observación externa al dispositivo, observa un patrón de huella latente y deciden realizar una exploración dactiloscópica sobre el mismo, se obtiene un fragmento de huella, que para el caso será denominada como el E.M.P



Figura 5: E.M.P 3: (01) Equipo terminal móvil, marca Iphone, modelo AJXR9, color gris.

5, para finalizar el procedimiento se realiza embalaje de los elementos materiales probatorios de acuerdo a los parámetros del manual cadena de custodia.

#### *Cadena de custodia*

Es el procedimiento que permite el aseguramiento y confidencialidad de los elementos materiales probatorios (E.M.P), mediante el control de la cronología de movimiento de los mismos. Para este caso las unidades de criminalísticas custodian los E.M.P y realizan los siguientes pasos:

- El E.M.P 1 - (Cuerpo sin vida): es entregado a Medicina Legal (Colombia), con el fin de que se determine las causas y manera de la muerte.
- Los E.M.P 2 - (computador), EMP 3 - (celular) y EMP 4 - (datos volátiles) son entregados al investigador líder para que haga las solicitudes ante el laboratorio de Informática forense para aplicación de procedimientos y análisis de la Información.
- El E.M.P 5 - (fragmento dactilar), es remitido ante el laboratorio de dactiloscopia con el fin de realizar técnicas de revelado y trasplante de fragmentos de origen lofoscopico.

### **6.6. Fase 3: Análisis**

Es un proceso metodológico que permite la reconstrucción de los hechos, verificando cada dato disponible, incluye la creación de una línea de tiempo, que enlaza una cadena de eventos o acontecimientos relevantes en un hecho determinado.

Nos permite visualizar las circunstancias de tiempo, modo y lugar producto del ilícito, respondiendo las preguntas más importantes en una investigación (quien, como, cuando, donde Y ¿Por qué?).

Para este caso, los líderes de la investigación presentan los elementos materiales probatorios ante el laboratorio de informática forense con su debida cadena de custodia, solicitando lo

siguiente:

E.M.P 2: Realizar imagen forense, análisis de evidencia digital, presentación de reporte detallado con reconstrucción de línea de tiempo.

E.M.P 3: Extracción de información del dispositivo móvil, obtener registro de contactos, mensajes, imágenes, videos, conversaciones, historial de chat, redes sociales, en especial realizar una línea de tiempo en relación con los hechos ocurridos el día 15 de diciembre del año 2022.

EMP 4: Realizar análisis de memoria volátil, entregar informe ejecutivo y técnico.

#### *Entorno de trabajo:*

Laboratorio de informática forense dotado con dispositivos y herramientas apropiadas para la generación de imágenes forenses, verificación de memoria volátil y extracción de información de dispositivos celulares que permiten un análisis forense detallado y eficaz.

#### *Equipos e instrumentos empleados*

- Equipo forense, marca Sony Vaio.
- Una cámara fotográfica marca Canon, referencia ELPH 180, 20 mega pixeles.
- Software FTK Imager, versión 4.7.1.2
- Software Mobileedit, versión 10.1.0.25985
- Software axiom versión 61.
- Software autopsy, versión 4.20.0
- Software Fred, versión 9.1
- Software thunderbird, versión 102.11.2
- Software Volatility versión 2.6

#### *Principios técnicos utilizados.*

- Principio de Disponibilidad: Cuando la información es accesible a los usuarios autorizados en el momento de requerirla.
- Principio de no Repudiación: Cuando la información involucrada en un evento corresponde a quien participa en el mismo, quien no podrá desconocer su intervención en dicho evento.
- Principio de Integridad: Cuando se garantiza que la información es exacta y completa, no se modifica desde el momento de su creación y se almacena en un formato que asegura la exactitud de la información original.
- Observancia: Cuando se lleva el registro de los eventos importantes.

#### *Actividades realizadas en el laboratorio de informática forense:*

Para la evidencia número 2, (01) computador portátil marca HP modelo HP 15-da1073, serial CND918D, el perito procede a realizar lo siguiente:

- Realiza la fijación fotográfica del elemento material de prueba.
- Retira el disco duro del equipo, obteniendo un disco de estado solido SSD, marca KingStone, serial SDFGWR4A, capacidad de almacenamiento 500 GB. Procede a la creación de la imagen forense.
- Conecta el disco de estado sólido al adaptador Hard Disk Box y al bloqueador contra escritura marca Tableau Forensic.
- Conecta el bloqueador forense al equipo de cómputo, el sistema operativo reconoce el dispositivo conectado en la unidad D: Ejecuta el software FTK Imager, utiliza las opciones Create Disk Image y physical drive, posteriormente escoge la unidad D:, estableciendo el formato E01 y la información de la evidencia (ver Figura 2), se establece el destino final de la imagen forense con el nombre Imagen\_Forense\_Evidencia, es fragmentada para 1 archivo y tipo de compresión 6, clic en start e inicia el procedimiento.

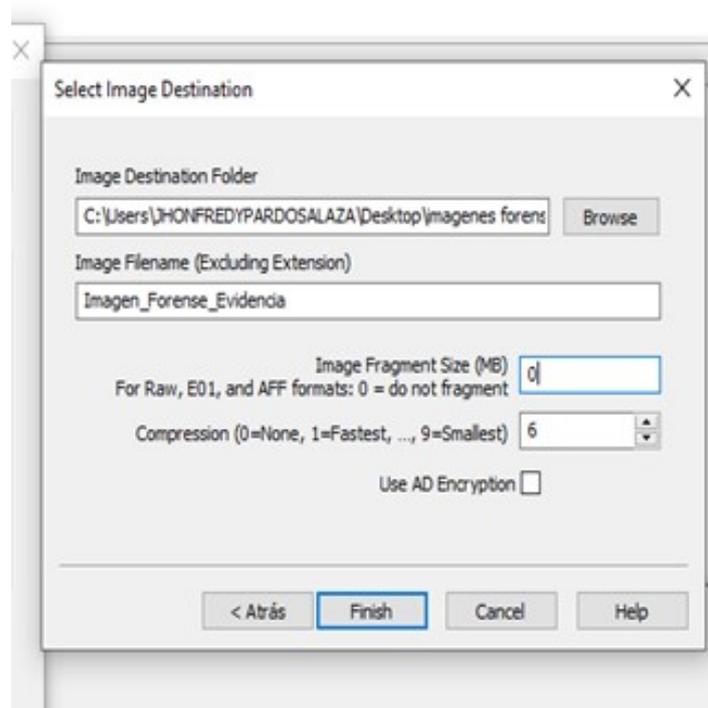


Figura 6: Fragmentación imagen forense.

Como resultado del procedimiento, se puede verificar la creación de la imagen forense física en la unidad de destino seleccionada junto con el archivo de verificación hash e información del caso (ver Figura 7), posteriormente se procede a agregar la imagen forense en el programa FTK Imager verificando el contenido (ver Figura 8).

Para la evidencia número 3, (01) Equipo terminal móvil, marca Iphone, modelo AJXR9, color gris, el perito procede a realizar la fijación fotográfica del elemento material de prueba y sigue los siguientes pasos para realizar la extracción de la información del dispositivo.

#### *Equipos e instrumentos empleados*

- El celular es puesto en modo avión.
- Se realiza verificación del dispositivo, se habilita la opción de modo desarrollador, depuración por USB y permanecer activo.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
Imagen_Forense_Evidencia	22/03/2023 11:53 a...	EnCase Evidence File
Imagen_Forense_Evidencia.E01	22/03/2023 11:53 a...	Archivo de valores separados por comas de Microsoft Exic
Imagen_Forense_Evidencia.E01	22/03/2023 11:53 a...	Documento de texto

Figura 7: Verificación imagen forense.

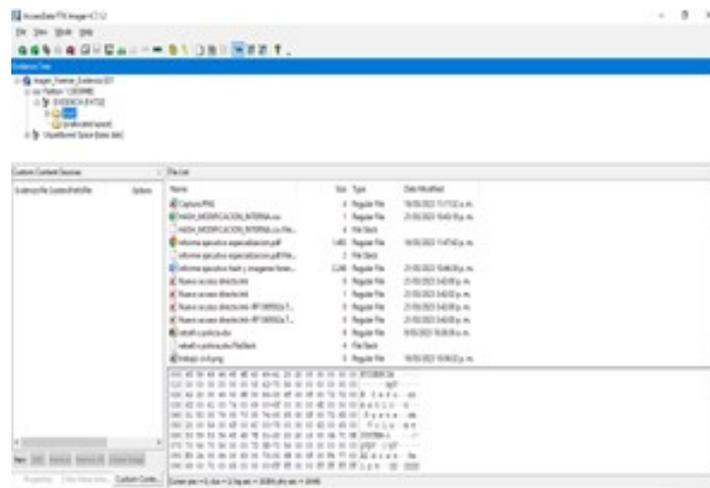


Figura 8: Imagen forense.

- Se ejecuta el programa mobiledit y se conecta el dispositivo a la estación forense, se procede a realizar una extracción lógica de la información, la cual es almacenada en un disco duro externo, previamente esterilizado.
- Se utiliza un duplicador forense con el fin de realizar una copia exacta bit a bit de la información, copia que será destinada para el análisis de la información, permitiendo conservar la integridad de la información principal.
- Se realiza verificación y creación de valores de identificación única HASH.
- El disco duro original es marcado, embalado técnicamente, rotulado y sometido a cadena de custodia.

## 6.7. Fase 4: Informe

Se utilizan las herramientas de software (Axiom Process y Autopsy), para la indexación de los datos o información contenidos en la imagen forense del equipo de cómputo y el dispositivo celular.

Como resultado de la indexación de la información en el Software Axiom process, se obtiene un archivo con extensión (.axn), que posteriormente es ejecutado con el Software Axiom

Examiner.

Se incorporan las siguientes búsquedas de palabras claves en las dos herramientas, con el fin de minimizar la búsqueda y encontrar pistas que permitan el esclarecimiento de los hechos.

Malware	Virus	Matar
hacker	Dinero	Troyano
Ojo con la policía	Dirección IP	Policía

Tabla 1: Palabras claves.

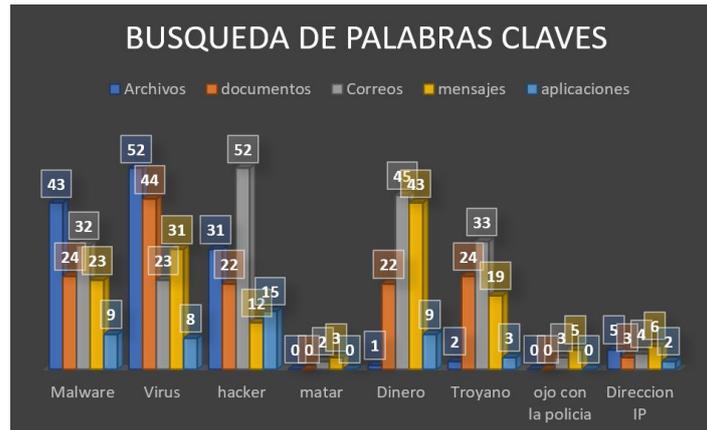


Figura 9: Búsqueda palabras claves.

Para la evidencia número 4, (01) disco externo marca adata color negro serial 1m4321841339 de capacidad 1 TB, que contiene el volcado de memoria RAM del equipo de cómputo relacionado en la evidencia número 2, se procede a utilizar el software Volatility, cargando el archivo con extensión (.mem) y se utilizan los siguientes comandos.

## 6.8. Identificación de procesos en el sistema

- `volatility -f memory.img --profile=WinXPSP2x86 pslist SvcsScan`: El resultado muestra el ID del proceso de cada servicio (si está activo y si pertenece a un proceso del usuario).
- `volatility -f /root/test/win7_trial_64bit.raw --profile=Win7SP0x64 svcsScan`

Posteriormente se realiza un análisis forense, verificando la información de cada dato relacionado en las palabras claves y la memoria volátil; se pueden establecer varios parámetros importantes en la investigación.

*Reconstrucción de línea de tiempo:*

- Se realizó el hallazgo del software malicioso denominado svchost.exe, usado para robar contraseñas en otros equipos; de igual forma se observó que envió por medio de correo electrónico a aproximadamente 32 personas.
- Se encontraron documentos guías para la creación de software malicioso y phishing.
- Se analizó la conversación con su pareja sentimental, visualizando una amenaza de muerte, toda vez que esta persona pretendía denunciarlo por las actividades ilícitas a las que se dedicaba.

- Tenía procesos activos utilizando una máquina virtual, ejecutando la herramienta Zphisher; utilizada para capturar los datos de usuario y contraseña de redes sociales.
- Tenía accesos remotos a otros dispositivos, utilizando la herramienta Droidjack; que es un troyano RAT (administración remota de herramientas), la cual había sido embebida en documentos con extensión (.pdf) y enviada por correos a aproximadamente a 134 personas.
- Se logro identificar plenamente a la persona, mediante la búsqueda de la huella en la base de datos de la Registraduría Nacional del estado civil de Colombia.

#### *Identificación de autores y participes:*

Los anteriores hallazgos e hipótesis permitieron determinar que se trataba de una persona que cometía actividades delictivas usando sistemas informáticos, aprovechando conocimientos en el uso y manejo de diferentes sistemas operativos y software especializado.

#### *Presentación de informe*

La presentación se debe realizar mediante un informe técnico y ejecutivo, que debe seguir la siguiente estructura:

- Línea de tiempo.
- Evidencia digital.
- Solicitudes específicas.
- Objetivos
- Descripción y explicación de los principios y procedimientos técnicos utilizados.
- Marco legal.
- Instrumentos empleados y estado de mantenimiento.
- Procedimientos empleados y resultados.
- Interpretación de resultados / conclusiones.
- Anexos.

Mediante la anterior estructura, permite al perito informática, presentar un resultado completo y de fácil entendimiento, para ser verificado por las partes actoras en estrados judiciales.

## **7. Conclusiones**

En este artículo, se aplicaron las fases del análisis forense digital, permitiendo correlacionar una escena del crimen (simulada), a cada una de estas etapas; se identificaron y recolectaron las evidencias mediante un proceso metodológico y practico que al ser analizadas permitió a los investigadores generar hipótesis y relacionar actividades del autor del delito.

Las metodologías utilizadas son entregadas de acuerdo con la experiencia adquirida en esta área, una propuesta de valor que al ser verificada puede ser aplicada por los funcionarios que investiguen este tipo de delitos o en su defecto encuentren algún tipo de evidencia en un lugar

de los hechos.

Por estas razones en la recolección de evidencias no se pasó por alto ningún medio electrónico hallado en el sitio, para los investigadores forense los hallazgos permitieron el esclarecimiento del crimen, el acceso y los recursos utilizados fueron soportados dentro del marco legal colombiano. Por otra parte, los protocolos de ética y las recomendaciones de buenas prácticas en la recolección de datos y evidencias como elementos materiales probatorios fueron aceptadas en los estrados judiciales.

Como resultado de este ejercicio se tomaron las fases del análisis forense realizado en cada una de ellas, basados en los tres (3) principios de confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información.

## Referencias

- Bidgoli H (2006). “Handbook of Information Security.” URL <https://www.amazon.com/Handbook-Information-Infrastructure-Standards-Protocols/dp/0471648302>.
- Calvo P, Silva P (2003). *Investigación criminal y criminalística*. Temis. ISBN 9789583504457. URL <https://books.google.com.co/books?id=F6hXPwAACAAJ>.
- Compelson (2023). “mobiledit.” URL <https://www.mobiledit.com/forensic-express/esp>.
- Congreso de la república (1992). “Ley estatutaria 1581 de 2012.” URL [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1581\\_2012.html/](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html/).
- Congreso de la república (2009). “Ley 1273 de 2009.” URL <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34492/>.
- Cortés Monsalve L, Di lorio AH, Lagos Enríquez M (1970). “Nuevas Tecnologías en la investigación criminal: Aportes de la Informática a la criminalística y las Ciencias Forenses.” URL <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19597>.
- de Haro Olmo FJ (2021). “Crimen, cibercrimen y análisis forense informático.” *Scientia Omnibus Portus*, 1(1). URL <https://iescelia.org/ojs/index.php/scientia/article/view/2>.
- EsGeeks (2020). “Investigación forense: Extracción de Datos Volátiles.” URL <https://esgeeks.com/forense-extraccion-datos-volatiles/>.
- Exterro (2023). “FTK.” URL <https://www.exterro.com/ftk-imager>.
- Fiscalía General de la Nación (2018). “Manual del sistema de cadena de custodia.” URL <https://www.fiscalia.gov.co/colombia/wp-content/uploads/MANUAL-DEL-SISTEMA-DE-CADENA-DE-CUSTODIA.pdf/>.
- Gómez VN, Pérez JCM, de la Caridad Alonso Betancourt E, Calzada JSH (2020). “Informática criminalística: una especialidad en desarrollo.” *Opinión Jurídica*, 19(38), 245–257. doi:10.22395/ojum.v19n38a12. URL <https://doi.org/10.22395/ojum.v19n38a12>.
- Gómez L (2018). *Evidencia digital en la investigación penal*.
- Kent K, Chevalier S, Grance T, Dang H (2006). “Guide to integrating forensic techniques into incident response.” *Technical report*. doi:10.6028/nist.sp.800-86. URL <https://doi.org/10.6028/nist.sp.800-86>.

- Lopez M (2003). URL [https://www.oas.org/juridico/spanish/cyb\\_analisis\\_foren.pdf](https://www.oas.org/juridico/spanish/cyb_analisis_foren.pdf).
- Magnet-Forensics (2023). “Axiom Cyber Software.” URL [https://support.magnetforensics.com/s/cyber-software-and-downloads?language=en\\_US](https://support.magnetforensics.com/s/cyber-software-and-downloads?language=en_US).
- Martín F (2021). “Evidencias digitales: significado, objetivo y tratamiento.” URL <https://blog.lemontech.com/evidencias-digitales//>.
- MinTIC (2016). “Seguridad y privacidad de la información.” URL [https://gobiernodigital.MinTIC.gov.co/692/articles-150505\\_G13\\_Evidencia\\_Digital.pdf/](https://gobiernodigital.MinTIC.gov.co/692/articles-150505_G13_Evidencia_Digital.pdf/).
- Moliné J, Fernández-Molina E (2014). “Principios de Criminología (4a ed.), de S. Redondo y V. Garrido. Valencia: Tirant lo Blanch, 2013.” *Revista Española de Investigación Criminológica*, **12**, 1–7. doi:10.46381/reic.v12i0.130.
- Montoya HFV, Oviedo DSS, Alvarez MAR (2022). “Investigación forense digital en entidades del Estado colombiano: acercamiento a la Ley 1952 de 2019.” *Revista Logos Ciencia y Tecnología*, **15**(1), 122–140. doi:10.22335/rlct.v15i1.1698. URL <https://doi.org/10.22335/rlct.v15i1.1698>.
- Online Browsing Platform (2012). “ISO/IEC 27037:2012.” URL <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27037:ed-1:v1:en/>.
- Online Browsing Platform (2015). “IISO/IEC 27042:2015.” URL <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27042:ed-1:v1:en/>.
- Open Text Corporation (2020). “Tableau Forensic USB 3.0 Bridge.” URL <https://security.opentext.com/tableau/hardware/details/t8u/>.
- PassMark Software (2021). “PassMark.” URL <https://www.osforensics.com/products/index.php/>.
- Rodríguez F, Doménech A (1970). “La Informática forense: El Rastro Digital Del Crimen.” URL <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5497990>.
- Vaghela V (2022). “Seguridad · 9 minutos de lectura autopsy: Guía completa para análisis forense (windows).” URL <https://esgeeks.com/autopsy-guia-analisis-forense-windows//>.

### Filiación institucional:

Jhon Fredy Pardo Salazar<sup>1</sup>, Jorge Luis Vitola<sup>1</sup>, Héctor Manuel Herrera Herrera<sup>2</sup>

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

<sup>1</sup>Especialización en seguridad de la información

<sup>2</sup>Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación

Carrera 16 # 63A - 68, Bogotá, D.C., Colombia

E-mail: [jfpardos01@libertadores.edu.co](mailto:jfpardos01@libertadores.edu.co), [jlvitola01@libertadores.edu.co](mailto:jlvitola01@libertadores.edu.co),

[hmherrerah@libertadores.edu.co](mailto:hmherrerah@libertadores.edu.co)

---

Revista Ciber-Sistemas

© Fundación Universitaria Los Libertadores

Volume 3

<http://hdl.handle.net/11371/6078>

<https://hdl.handle.net/11371/4065>

<https://www.ulibertadores.edu.co/>

Recibido por el editor: 2023-07-10

Aceptado por el comité editorial: 2023-07-24



# La Evolución de los Computadores: Desde los Transistores hasta los Servidores de la Era Actual

Moisés De Jesús Ibarra García y Julián Andrés Paredes Almanza  
Fundación Universitaria Los Libertadores

---

## Resumen

La trayectoria evolutiva de los computadores es un tema de interés persistente en la historia de la electrónica. Este artículo examina la trayectoria desde la invención del transistor en 1947, que estableció un precedente significativo en la implementación de la lógica binaria y facilitó la transición de las máquinas de válvulas a los dispositivos semiconductores, hasta la transformación del ordenador personal (PC) en un servidor robusto en la era actual. Se indaga sobre la evolución a lo largo de diferentes etapas de desarrollo, desde la miniaturización de componentes y la eficiencia energética mejorada hasta el desarrollo de circuitos integrados y microprocesadores. Se destaca el papel crucial del PC en la era de la información, desde su origen como una herramienta de computación personal hasta su evolución como un servidor potente, capaz de gestionar redes, almacenar grandes cantidades de información y ejecutar aplicaciones complejas. Además, se establece una conexión entre los avances contemporáneos en el aprendizaje automático y las redes neuronales, destacando cómo la evolución de la computación ha permitido a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo. Los hallazgos son corroborados con referencias a desarrollos clave en la evolución de la computación desde su creación hasta la actualidad.

*Palabras Clave:* Circuitos integrados, lógica binaria, Microprocesadores, Redes neuronales, Transistor.

---

## 1. Introducción

EL desarrollo de la computación, desde la invención del transistor en 1947 hasta la transformación del ordenador personal (PC) en un servidor robusto, abarca un amplio espectro de avances y descubrimientos tecnológicos (Aspray 1997). A lo largo de este desarrollo, factores críticos como la implementación de la lógica binaria, la transición de las máquinas de válvulas a los dispositivos semiconductores y la miniaturización de los componentes electrónicos han desempeñado un papel crucial (Riordan, Hoddeson, and Herring 1999; Moore 1998).

Las innovaciones en los circuitos integrados y microprocesadores han permitido el auge del computador, que inicialmente se diseñó para uso individual y ahora sirve como un servidor potente capaz de manejar tareas complejas, como la gestión de redes y el almacenamiento de grandes volúmenes de datos (Metcalfe and Boggs 1976; Clark 1988). Este avance se ha

convertido en un campo de investigación relevante, con constantes desarrollos impulsados por organizaciones y empresas líderes en tecnología como IBM, Intel y Microsoft.

Además, el avance de la computación ha estado estrechamente conectado a los avances contemporáneos en el aprendizaje automático y las redes neuronales. Estas tecnologías han permitido a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo, lo que ha abierto nuevas posibilidades en campos tan diversos como la inteligencia artificial y el análisis de datos (LeCun, Bengio, and Hinton 2015; Goodfellow 2016).

Desde una perspectiva académica e investigativa, este trabajo ofrece una visión breve de la evolución de la computación, resaltando la importancia de los transistores, los microprocesadores y el papel del computador como servidor. Este artículo se estructura de la siguiente manera: la Sección 1 contiene la Introducción; la Sección 2 proporciona un panorama histórico del origen y los primeros desarrollos en la computación; la Sección 2.1 aborda la invención del transistor y su impacto en la lógica binaria; la Sección 2.3 detalla el desarrollo de los circuitos integrados y los microprocesadores; la Sección 2.5 explora la transformación del computador en un servidor; la Sección 3 relaciona la evolución de la computación con el aprendizaje automático y las redes neuronales, y la Sección 5 presenta las conclusiones de esta investigación. Finalmente se muestran las referencias bibliográficas.

## 2. Revisión de literatura

### 2.1. Origen y primeros desarrollos del computador

El recorrido por la historia del computador se transporta desde instrumentos de cálculo rudimentarios como el ábaco hasta la era digital contemporánea. Sin embargo, el punto crucial en esta progresión se alcanzó con la invención de la máquina analítica de Charles Babbage en el siglo XIX, considerada por muchos como la primera “computadora” en el sentido moderno de la palabra (Swade 2005). Este dispositivo mecánico, aunque nunca se construyó por completo debido a las limitaciones tecnológicas de la época, fue diseñado para realizar una variedad de cálculos automáticamente mediante el uso de una serie de tarjetas perforadas para la entrada de datos. No obstante, la creación de un dispositivo electrónico completamente funcional fue lograda por John Vincent Atanasoff y Clifford Berry con la construcción de la Atanasoff-Berry Computer (ABC) en la década de 1930. Esta máquina, que utilizaba la lógica binaria y la aritmética de regeneración, sentó las bases para los futuros sistemas digitales y supuso un punto de inflexión importante en la historia de la computación (Loevinger 1989).

En la década de 1940, se desarrolló la primera generación de computadoras electrónicas. Estos dispositivos, como la ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), utilizaban válvulas de vacío para realizar operaciones de cálculo. A pesar de que eran enormes y consumían una cantidad significativa de energía, su capacidad para realizar cálculos a alta velocidad demostró el potencial de la computación electrónica. Sin embargo, la verdadera revolución en la computación llegó con el desarrollo del transistor en la década de 1950, un invento que transformó no sólo la informática, sino toda la electrónica. El transistor, que era más pequeño, más rápido y consumía menos energía que las válvulas de vacío, permitió el desarrollo de la segunda generación de computadoras. Estos dispositivos eran significativamente más pequeños y eficientes que sus predecesores, y su invención marcó el comienzo de la era de la miniaturización en la informática, una tendencia que continúa hasta el día de hoy (Riordan *et al.* 1999).

## 2.2. El transistor

El descubrimiento y desarrollo del transistor en 1947 por parte de John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley en los Laboratorios Bell representó un acontecimiento trascendental en la evolución de la tecnología computacional (Ross 1998). En su esencia, un transistor es un dispositivo de tres terminales que puede amplificar la señal eléctrica y actuar como un interruptor, lo que lo hace ideal para la implementación de la lógica binaria. A diferencia de las válvulas de vacío utilizadas en las primeras computadoras, que eran voluminosas y consumían mucha energía, los transistores eran pequeños, eficientes y confiables, lo que permitió la miniaturización de los dispositivos electrónicos. Esta miniaturización y el menor consumo de energía hicieron posible la creación de computadoras mucho más compactas y económicas, expandiendo así el alcance de la tecnología de la computación más allá de las grandes organizaciones y los laboratorios de investigación (Ross 1998).

El transistor permitió la implementación de la lógica binaria en los sistemas de computación de una manera más eficiente y efectiva. En la lógica binaria, las operaciones se realizan utilizando dos estados (0 y 1), que pueden ser fácilmente representados por los dos estados de un transistor (encendido y apagado). Esto resultó en una mayor velocidad de cálculo y una mayor eficiencia, ya que la lógica binaria es fundamental para el funcionamiento de los ordenadores. Además, la invención del transistor marcó el comienzo de la era del silicio en la computación, ya que los transistores estaban hechos de este material (Sze and Ng 2006).

La elección del silicio se debió a sus propiedades semiconductoras, lo que permitió un mayor control sobre el flujo de corriente y mejoró la eficiencia de los dispositivos electrónicos (Sze 1982). La invención del transistor también allanó el camino para el desarrollo de los circuitos integrados (IC), que se convirtieron en la base de la tercera generación de computadoras. Los ICs, que contienen muchos transistores en un solo chip, permitieron la creación de computadoras aún más pequeñas y eficientes. Además, la capacidad de producir muchos transistores en un solo chip de silicio permitió la fabricación en masa de dispositivos electrónicos, lo que redujo aún más los costos y aceleró la proliferación de la tecnología de la computación. El impacto del transistor y su papel en la evolución de la computación es innegable y sigue siendo relevante en la actualidad, ya que los transistores siguen siendo la base de los microprocesadores modernos (Sze and Ng 2006; Sze 1982).

## 2.3. Circuitos integrados y microprocesadores

Con la invención del transistor, los avances tecnológicos continuaron a un ritmo acelerado, llevando al desarrollo de los circuitos integrados (IC) en la década de 1950. Los IC, también conocidos como chips, contienen una red de transistores en un solo semiconductor, lo que permite una mayor densidad de componentes y una mayor eficiencia en comparación con las tarjetas de circuitos con transistores discretos (Lyon and Mead 1988). La creación de los ICs fue esencial para el desarrollo de los microprocesadores, que son ICs que contienen todas las funciones de una unidad de procesamiento central (CPU) de una computadora en un solo chip (Dean, Patterson, and Young 2018).

Los microprocesadores, desarrollados por primera vez en la década de 1970, fueron un avance revolucionario en la computación. Al combinar todas las funciones de la CPU en un solo chip, los microprocesadores hicieron posible la creación de computadoras personales (PC) más pequeñas, eficientes y asequibles. Con el tiempo, los microprocesadores se volvieron cada vez más potentes y capaces, siguiendo la Ley de Moore, que predice que la cantidad de transistores en un chip se duplicará aproximadamente cada dos años. Este aumento en la capacidad de procesamiento ha permitido una amplia gama de aplicaciones, desde la edición de gráficos y el procesamiento de texto hasta el modelado 3D y la realidad virtual (Koomey, Berard,

Sanchez, and Wong 2011; Barroso, Hölzle, and Ranganathan 2019).

El desarrollo de los ICs y los microprocesadores también ha tenido un impacto significativo en la evolución del PC en un servidor. Los servidores, que son computadoras dedicadas a administrar recursos de red y datos, requieren una alta capacidad de procesamiento y una gran cantidad de almacenamiento. Los microprocesadores potentes y los ICs de alta densidad han permitido la creación de servidores compactos y eficientes que pueden manejar estas tareas exigentes. En la actualidad, los servidores son fundamentales para la infraestructura de la red y la economía digital, facilitando una amplia gama de servicios, desde el alojamiento de sitios web y el correo electrónico hasta las bases de datos y las aplicaciones en la nube (Armbrust, Fox, Griffith, Joseph, Katz, Konwinski, Lee, Patterson, Rabkin, Stoica, and Zaharia 2010; Schmidhuber 2015).

#### 2.4. Transformación del computador en un servidor

El avance vertiginoso en la computación no se detuvo con la creación de los microprocesadores y la proliferación de los ordenadores personales (PC). A medida que los computadores se volvieron más avanzados y la demanda de capacidad de procesamiento y almacenamiento aumentó, el computador comenzó a transformarse en un servidor. Los servidores, a diferencia de los computadores, están diseñados para manejar múltiples solicitudes simultáneamente, lo que los hace ideales para administrar redes y almacenar grandes cantidades de datos (Riordan *et al.* 1999).

El cambio del PC a un servidor fue un paso lógico en la evolución de la computación. Con el auge de la era digital y la creciente necesidad de compartir y almacenar información, los servidores proporcionaron la solución perfecta. Al ser más potentes y tener mayor capacidad de almacenamiento que los PC, los servidores se convirtieron en la columna vertebral de la infraestructura de la red, permitiendo el intercambio de información a gran escala y el desarrollo de la economía digital (Barroso *et al.* 2019; Armbrust *et al.* 2010).

Los servidores modernos han evolucionado más allá de su función original de alojamiento de archivos y gestión de redes. En la actualidad, los servidores son indispensables para una variedad de aplicaciones, desde la prestación de servicios web y el correo electrónico hasta la gestión de bases de datos y la ejecución de aplicaciones en la nube. La creciente demanda de estos servicios ha llevado a la creación de centros de datos a gran escala, que contienen miles de servidores trabajando juntos para manejar enormes volúmenes de datos y solicitudes de los usuarios.

Este cambio en la función del PC, de una máquina individual a un servidor, también ha tenido un impacto significativo en la forma en que interactuamos con la tecnología. Los servidores han permitido el desarrollo de una amplia gama de aplicaciones y servicios que dependen de la capacidad de procesar y almacenar grandes volúmenes de datos, desde los motores de búsqueda y las redes sociales hasta las aplicaciones de streaming y los servicios de almacenamiento en la nube. Estos desarrollos han cambiado fundamentalmente la forma en que trabajamos, aprendemos y nos comunicamos, y seguirán teniendo un impacto significativo en la sociedad en los años venideros (Armbrust *et al.* 2010).

## 2.5. La evolución de la computación con el aprendizaje automático y las redes neuronales

La evolución de la computación ha llevado a innovaciones notables en el campo del aprendizaje automático y las redes neuronales. Estas tecnologías, que se basan en la capacidad de las máquinas para aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo, representan un salto cuántico en la forma en que los ordenadores procesan la información. Anteriormente, los ordenadores se programaban para realizar tareas específicas, pero con el aprendizaje automático, los ordenadores pueden “aprender” a realizar tareas por sí mismos, mejorando su eficiencia y precisión a medida que procesan más datos (LeCun *et al.* 2015).

Las redes neuronales son un tipo de modelo de aprendizaje automático que se inspira en el funcionamiento del cerebro humano. Estas redes están compuestas por capas de nodos, o “neuronas”, que pueden procesar información de forma colectiva. A medida que una red neuronal procesa datos, ajusta los pesos de las conexiones entre sus neuronas para mejorar su rendimiento. Este proceso de ajuste de pesos, conocido como “entrenamiento”, permite a las redes neuronales aprender de los datos y realizar tareas complejas, como el reconocimiento de imágenes y el procesamiento del lenguaje natural, con una precisión asombrosa (Goodfellow 2016).

El avance en la computación, particularmente en términos de capacidad de procesamiento y almacenamiento, ha facilitado el desarrollo y la implementación de algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales. Las mejoras en la capacidad de procesamiento han permitido el entrenamiento de redes neuronales más grandes y complejas, mientras que los avances en el almacenamiento han facilitado el manejo de los vastos conjuntos de datos necesarios para entrenar estos modelos. Además, el auge de la computación en la nube y los servidores ha permitido el despliegue de modelos de aprendizaje automático a gran escala, abriendo nuevas posibilidades en áreas como la inteligencia artificial y el análisis de datos (Schmidhuber 2015).

La integración del aprendizaje automático y las redes neuronales en la computación ha cambiado radicalmente la forma en que interactuamos con la tecnología. Desde los asistentes virtuales y las recomendaciones personalizadas hasta los vehículos autónomos y los sistemas de diagnóstico médico, estas tecnologías están transformando una variedad de industrias y tienen el potencial de cambiar fundamentalmente la forma en que trabajamos, aprendemos y vivimos (Barroso *et al.* 2019; Schmidhuber 2015).

## 3. Metodología

Para llevar a cabo la presente investigación, se adopta un enfoque descriptivo y analítico. La metodología se basa en el examen meticuloso de fuentes secundarias y el análisis de eventos históricos clave en la evolución de la computación. Se propone un desarrollo en cuatro fases principales:

- **Revisión Bibliográfica:** Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura existente. Fuentes secundarias, que comprenden libros, artículos académicos, publicaciones de conferencias, informes de investigación y fuentes en línea de confianza, son revisadas para recopilar información sobre los desarrollos iniciales en la computación, desde la invención del transistor hasta el advenimiento de los circuitos integrados y microprocesadores, y finalmente, la evolución del aprendizaje automático y las redes neuronales.
- **Análisis Cronológico de Eventos:** Se procede a un análisis cronológico de los hitos más significativos que han marcado la evolución de la computación. Esta fase implica el examen detallado de cada período de importancia, considerando los desafíos, los

avances tecnológicos y el impacto que estos tuvieron en la evolución subsiguiente de la computación.

- **Estudio de Casos:** Para brindar una visión más tangible, se seleccionan estudios de caso que reflejen los cambios más importantes en cada etapa de la evolución de la computación. Esto puede incluir el desarrollo de ENIAC como un punto de inflexión en los primeros días de la computación, y la invención del transistor en los Laboratorios Bell, entre otros.
- **Síntesis de la Información:** Finalmente, todos los datos recopilados y los hallazgos del análisis se sintetizan en una narrativa coherente que describe la evolución de la computación desde sus primeros días hasta su estado actual.

A lo largo de la investigación, se mantiene un alto estándar ético, asegurando que todas las fuentes se citen adecuadamente y se evite cualquier forma de plagio. La validez y precisión de la información recopilada se corrobora mediante la consulta de diversas fuentes.

## 4. Resultados

En el curso de la investigación efectuada, se ha verificado que la evolución de la computación se caracteriza por ser un constante devenir de perfeccionamiento técnico, implementación de innovaciones y adaptación a nuevos escenarios.

Desde los rudimentarios sistemas binarios y la introducción de transistores hasta los desarrollos contemporáneos en circuitos integrados y microprocesadores, cada etapa ha instigado modificaciones sustanciales en la interacción humano-tecnología. Esta evolución incesante ha configurado el actual paisaje de un mundo cada vez más digitalizado y en constante interconexión.

Se hizo hincapié, en particular, en la transformación del papel del ordenador personal (PC) a lo largo de esta progresión tecnológica. Originalmente concebido como un instrumento para la computación individual, el PC ha mutado hacia un servidor robusto y versátil, apto para desempeñar tareas de gran magnitud como la gestión de redes y la retención de grandes volúmenes de datos. Esta metamorfosis ha impulsado el auge de la computación en la nube y ha modificado fundamentalmente nuestra interacción con la tecnología.

Concomitantemente, se constató que la evolución de la computación ha cimentado las bases para el florecimiento de tecnologías como el aprendizaje automático y las redes neuronales. Estos desarrollos punteros, que dotan a las máquinas de la capacidad de aprender a partir de los datos y mejorar su rendimiento de forma autónoma, están reconfigurando nuestra interacción con la tecnología. Han evidenciado su potencial para revolucionar diversas industrias, desde la mejora en sistemas de reconocimiento de imágenes hasta avances en el procesamiento de lenguaje natural.

En última instancia, los resultados de la investigación subrayan el carácter dinámico y siempre en transformación de la computación. Cada avance, desde la invención de los transistores hasta el desarrollo de sofisticadas redes neuronales, ha tenido un impacto fundamental en la forma en que nos relacionamos con la tecnología y en la posibilidad de abrir nuevos caminos hacia el futuro. Al vislumbrar el horizonte, es palpable que la computación seguirá evolucionando y reformulando nuestra existencia de formas que aún estamos comenzando a descifrar.

## 5. Conclusiones

La evolución de la computación ha sido una de las historias más notables de progreso técnico y adaptación. Desde los primeros días de los sistemas binarios y los transistores, hasta los avances en circuitos integrados y microprocesadores, la historia de la computación es una de innovación constante y continua. Cada uno de estos avances ha sido fundamental en la forma en que interactuamos con las máquinas y la tecnología, estableciendo cambios significativos en nuestra relación con ellas, y ha sentado las bases para el mundo conectado y digitalizado en el que vivimos hoy.

El papel del PC, en particular, ha experimentado una transformación dramática a lo largo de esta evolución. Originalmente diseñado como una herramienta para la computación individual, el PC se ha convertido en un servidor robusto, capaz de manejar tareas de gran envergadura, desde la gestión de redes hasta el almacenamiento de grandes volúmenes de datos. Esta transformación ha permitido el auge de la computación en la nube y ha cambiado fundamentalmente nuestra relación con la tecnología.

Al mismo tiempo, la evolución de la computación ha allanado el camino para el desarrollo de tecnologías de aprendizaje automático y redes neuronales. Estas tecnologías, que permiten a las máquinas aprender de los datos y mejorar su rendimiento con el tiempo, son un testimonio del poder de la computación y de su potencial para impulsar la próxima ola de innovación tecnológica. Desde el reconocimiento de imágenes hasta el procesamiento del lenguaje natural, el aprendizaje automático y las redes neuronales están transformando nuestra interacción con la tecnología y tienen el potencial de revolucionar una variedad de industrias.

Finalmente, la evolución de la computación es un estudio fascinante de progreso, adaptación e innovación. Cada avance, desde los transistores hasta las redes neuronales, ha jugado un papel crucial en la configuración de nuestra relación con la tecnología y en la habilitación de las posibilidades del futuro. A medida que miramos hacia el futuro, es evidente que la computación seguirá evolucionando y transformando nuestra vida de manera que todavía estamos empezando a entender.

## Referencias

- Armbrust M, Fox A, Griffith R, Joseph AD, Katz R, Konwinski A, Lee G, Patterson D, Rabkin A, Stoica I, Zaharia M (2010). “A view of cloud computing.” *Communications of the ACM*, **53**(4), 50–58. doi:10.1145/1721654.1721672.
- Aspray W (1997). “The Intel 4004 microprocessor: what constituted invention?” *IEEE Annals of the History of Computing*, **19**(3), 4–15. doi:10.1109/85.601727.
- Barroso LA, Hölzle U, Ranganathan P (2019). *The Datacenter as a Computer*. Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-031-01761-2.
- Clark D (1988). “The design philosophy of the DARPA internet protocols.” *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, **18**(4), 106–114. doi:10.1145/52325.52336.
- Dean J, Patterson D, Young C (2018). “A New Golden Age in Computer Architecture: Empowering the Machine-Learning Revolution.” *IEEE Micro*, **38**(2), 21–29. doi:10.1109/mm.2018.112130030.
- Goodfellow B (2016). “Courville A-Deep Learning-MIT (2016).” *Nature*.
- Koomey J, Berard S, Sanchez M, Wong H (2011). “Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing.” *IEEE Annals of the History of Computing*, **33**(3), 46–54. doi:10.1109/mahc.2010.28.

- LeCun Y, Bengio Y, Hinton G (2015). “Deep learning.” *Nature*, **521**(7553), 436–444. doi: [10.1038/nature14539](https://doi.org/10.1038/nature14539).
- Loevinger L (1989). *Jurimetrics*, **29**(3), 359–364. ISSN 08971277, 21544344. URL <http://www.jstor.org/stable/29762132>.
- Lyon R, Mead C (1988). “An analog electronic cochlea.” *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, **36**(7), 1119–1134. doi: [10.1109/29.1639](https://doi.org/10.1109/29.1639).
- Metcalf RM, Boggs DR (1976). “Ethernet.” *Communications of the ACM*, **19**(7), 395–404. doi: [10.1145/360248.360253](https://doi.org/10.1145/360248.360253).
- Moore G (1998). “Cramming More Components Onto Integrated Circuits.” *Proceedings of the IEEE*, **86**(1), 82–85. doi: [10.1109/jproc.1998.658762](https://doi.org/10.1109/jproc.1998.658762).
- Riordan M, Hoddeson L, Herring C (1999). “The invention of the transistor.” *Reviews of Modern Physics*, **71**(2), S336–S345. doi: [10.1103/revmodphys.71.s336](https://doi.org/10.1103/revmodphys.71.s336).
- Ross I (1998). “The invention of the transistor.” *Proceedings of the IEEE*, **86**(1), 7–28. doi: [10.1109/5.658752](https://doi.org/10.1109/5.658752).
- Schmidhuber J (2015). “Deep learning in neural networks: An overview.” *Neural Networks*, **61**, 85–117. doi: [10.1016/j.neunet.2014.09.003](https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003).
- Swade D (2005). “The Construction of Charles Babbage's Difference Engine No. 2.” *IEEE Annals of the History of Computing*, **27**(3), 70–78. doi: [10.1109/mahc.2005.45](https://doi.org/10.1109/mahc.2005.45).
- Sze S, Ng KK (2006). *Physics of Semiconductor Devices*. Wiley. doi: [10.1002/0470068329](https://doi.org/10.1002/0470068329).
- Sze SM (1982). “VLSI Technology Overviews and Trends.” In *Extended Abstracts of the 1982 International Conference on Solid State Devices*. The Japan Society of Applied Physics. doi: [10.7567/ssdm.1982.a-1-1](https://doi.org/10.7567/ssdm.1982.a-1-1).

### Filiación institucional:

Moisés De Jesús Ibarra García, Julián Andrés Paredes Almanza  
Fundación Universitaria Los Libertadores Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas  
Maestría en Ingeniería  
Carrera 16 # 63A - 68, Bogotá, D.C., Colombia  
E-mail de correspondencia: [mdibarrag@libertadores.edu.co](mailto:mdibarrag@libertadores.edu.co)

# Casos de Uso

# Casos de Uso

**58** Diseño e Implementación de Capacitación en Adultos Mayores para Prevenir Técnicas de Engaño Digitales. JAC: Villa Alsacia - San Luis, Bogotá

Laura Valentina Sandoval Guarín, Francy Milena Castillo Gamba, Andrés Eduardo Guevara Amaya, Héctor Manuel Herrera Herrera

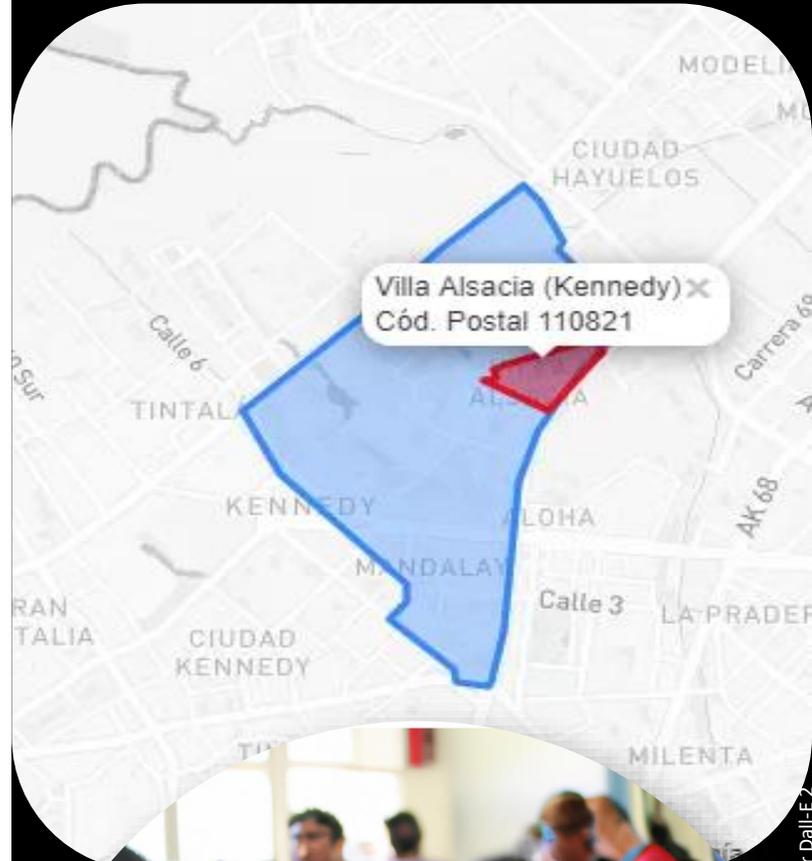


Imagen generada por Dall-E



## Diseño e Implementación de Capacitación en Adultos Mayores para Prevenir Técnicas de Engaños Digitales - JAC - Villa Alsacia / San Luis Bogotá D.C.

Laura Valentina Sandoval Guarín, Francy Milena Castillo Gamba  
Andrés Eduardo Guevara Amaya, Héctor Manuel Herrera Herrera  
Fundación Universitaria Los Libertadores

---

### Resumen

Para analizar el impacto de los ataques de fraude y robo a través de medios digitales en los adultos mayores, especialmente en los barrios San Luis y Villa Alsacia, es necesario elaborar una breve explicación de términos relacionados con ingeniería social, regulación, derecho y conceptos con el fin de determinar cuáles son las técnicas de ingeniería social más utilizadas para afectar a este grupo etario de la población colombiana. Otro aspecto importante es determinar si existen políticas o campañas por parte de los entes gubernamentales para mitigar y prevenir la ocurrencia de incidentes relacionados o provocados. Gracias a los ejemplos del mundo real de cómo los ciudadanos, entes gubernamentales y las empresas se han visto perjudicados y conlleva a identificar los problemas y clasificarlos como problemas socioeconómicos que pueden afectar a las familias de las personas, los entornos laborales o las empresas en general. Por lo tanto, es posible implementar conceptos básicos de ingeniería social y ciberseguridad a nivel educativo para poder reducir la brecha entre la ignorancia y el miedo.

El propósito fundamental es generar un estudio basado en el conocimiento que demuestren la relevancia de la protección digital para los adultos mayores, compartir recomendaciones para mantener a estas personas a salvo de los ataques de ingeniería social y posteriormente las organizaciones privadas y públicas protejan a las personas mayores más adelante. Se utiliza para aumentar la conciencia del personal, y como estrategia preventiva. La importancia de este artículo es que se ha compilado un conjunto de buenas prácticas y recomendaciones que pueden ayudar a crear conciencia sobre la seguridad digital. Esta es una gran iniciativa para desarrollar una guía que sea segura para las personas que la usen, esto para que se tomen medidas de protección contra tales ataques.

*Palabras Clave:* Engaño, Concientización, Ataque Digital, Phishing, Estafa, Smishing, Vishing, Ingeniería Social.

---

## 1. Introducción

La ingeniería social se entiende comúnmente como la manipulación del comportamiento de una persona en el ámbito psicológico para comportarse de una manera particular y conducir a la divulgación de información confidencial. “La ingeniería social” se basa en un conjunto de técnicas destinadas a lograr que una persona específica proporcione información confidencial (Bodnar 2023).

Como en este caso se trata de un procedimiento que va más allá de los prejuicios intelectuales y de los instintos básicos y, lo que es más importante es el engaño con el fin de recabar información. Arraigada en el mundo de la tecnología y el cibercrimen, la ingeniería social se conoce como la piratería humana. Es una de las herramientas más populares utilizadas por los ciberdelincuentes en todo el mundo. Esto se puede hacer en persona, por teléfono o por escrito, pero la ingeniería social se puede hacer a escala en las plataformas con más auge de hoy en día gracias al Internet.

El desconocimiento de los vecinos de las zonas de San Luis y Villa Alsacia, localidades de Chapinero y Kennedy tiene serias implicaciones para la ciberseguridad entre los adultos mayores. La forma en que se eduque a los ciudadanos sobre las técnicas de fraude digital tendrá un impacto significativo en la reducción de los ataques de ingeniería social, lo que hará que las personas mayores sean objetivos menos atractivos para los ciberdelincuentes. El diseño de la educación en diversas formas relacionadas con los grupos objetivo incluye estas amenazas. Estas amenazas forman parte del concepto de cultura de seguridad de la información, definida como un conjunto de patrones de comportamiento que contribuyen a la protección de la información del público.

## 2. Pregunta de investigación

¿Cómo generar hábitos de buenas prácticas de seguridad digital en los adultos mayores de los barrios Villa Alsacia y San Luis?.

## 3. Objetivos

### 3.1. Objetivo general

Aumentar las buenas prácticas digitales enfocado a los adultos mayores con énfasis en instruir temas de Ingeniería social para disminuir riesgos de engaños y fraudes en los habitantes de los barrios Villa Alsacia y San Luis.

### 3.2. Objetivos específicos

- Analizar las encuestas realizadas reuniendo los principales tipos de fraude que requieren mejoras en conocimiento, acordando las medidas que se deben tener en cuenta para minimizar los fraudes encontrados hacia los adultos mayores.
- Diseñar una guía y una página web con las estrategias y controles de capacitación y educación para disminuir los fraudes y robos encontrados y a su vez promover los cuidados de los adultos mayores al momento de utilizar aparatos inteligentes.
- Realizar una capacitación a adultos mayores para las JAC mitigando la ignorancia en temas de ciberseguridad.

## 4. Alcance

El público objetivo de esta guía no son sólo los vecinos de la zona designada, sino también determinadas personas, especialmente las personas mayores, de las JAC (Junta de Acción Comunal) de dicha zona. Según entrevistas personales sobre testimonios propios, suelen ser personas que viven en dichas áreas. Estas zonas son las más afectadas por el engaño de los medios digitales.

Por esta razón, las personas mayores necesitan utilizar activamente los medios digitales y saber qué peligros y amenazas representan para proteger su integridad, honor y dinero.

## 5. Marco teórico

Para el desarrollo del artículo, se define como adulto mayor personas pertenecientes al grupo etario de 60 años en adelante según (DANE 2021). También se tuvo en cuenta la normatividad legal vigente en Colombia como: Ley 1581 de 2012, la Ley 1273 del 2009 y el decreto 1377 del 2013.

Gracias a las encuestas realizadas a los adultos mayores, se conoce la desinformación que existe en los barrios San Luis y Villa Alsacia sobre técnicas de engaños digitales. Los ciberdelincuentes se aprovechan de este desconocimiento para atacar y cumplir su objetivo engañando a esta población. Por medio de esta iniciativa, se capacitará en conocer e identificar llamadas de fraude, correos y mensajes de texto teniendo en cuenta una serie de TIPS que serán otorgados para que esta desinformación disminuya y el atacante no alcance su objetivo criminal.

## 6. Antecedentes

Se necesita una definición clara de delito informático o delito cibernético. Esto suele ser ilegal y se considera una conducta delictiva mediante el acceso a computadoras con la intención de destruir, dañar y/o robar componentes digitales o económicos, medios electrónicos y redes de Internet. Sin embargo, las categorías que integran y componen los delitos informáticos son muy complejas y pueden dar lugar a la ejecución de delitos tradicionales como la estafa, el hurto, la extorsión y la falsificación. Con los avances en la tecnología digital y la creciente cantidad de información procesada de esta manera, los delitos informáticos se han vuelto más comunes y ocupan más titulares casi todos los días.

Las principales modalidades de delitos informáticos según expertos en informática forense, referencian que esta clase de crímenes se encuentran agrupados en el Código Penal colombiano, mencionando los siguientes; acceso abusivo a un sistema informático, obstaculización ilegítima de sistema informático o red de telecomunicación, interceptación de datos informáticos, daño Informático, uso de software malicioso, violación de datos personales, suplantación de sitios web para capturar datos personales, hurto por medios informáticos y semejantes y transferencia no consentida de activos, delitos amparados por la Ley 1273 de 2009 (Serrano 2015).

A su vez, el Código Penal colombiano contempla delitos que pueden cometerse por medios informáticos. En este sentido, cobran relevancia delitos como los delitos contra la intimidad, la malversación y revelación de datos personales sensibles, los delitos contra el honor, la injuria, la estafa, la estafa, el fraude energético, y se incluye de forma explícita el fraude en las telecomunicaciones.

Modificados maliciosamente para ello, exhibición o uso de medios secretos, delitos contra la propiedad intelectual, delitos contra la propiedad industrial, delitos contra el mercado y contra

el consumidor, publicidad engañosa donde se realicen afirmaciones falsas, o presenten características inseguras sobre sí mismos y causen un daño grave y tangible al consumidor (Serrano 2015).

Con respecto a lo anterior, los tipos de organizaciones e individuos que cometen delitos cibernéticos varían según su experiencia, capacitación y objetivos. En última instancia, lo mismo ocurre con los que tienen poca experiencia (principiantes) y los que delinquen de forma privada y autónoma hasta llegar al crimen organizado a través de redes virtuales y reuniones secretas y estandarizar métodos rentables de ciberataque, como suele verse. para proporcionarles bienes. Los llamados sujetos activos se ofrecen en el mercado negro.

El advenimiento de los delitos informáticos en Colombia no tiene un origen preciso ni una fecha concreta. Para los expertos en la materia, se cree que la práctica se introducirá formalmente cuando la legislación colombiana incorpore a la regulación los delitos informáticos y establezca sanciones para su ocurrencia. Colombia fue el primer país en tipificar como delito los delitos informáticos con la ayuda de la Ley 1273 de 2009.

Denominada Protección de Información y Datos, también está sujeta al más alto grado de sanciones económicas en el Código Penal colombiano, a diferencia de otros países. La sanción económica más baja es el salario mínimo legal vigente de 100 millones de pesos mensuales, o casi 60 millones de pesos. Por delitos informáticos, las multas pueden llegar hasta los 600 millones, dependiendo del delito cometido. Sin embargo, el poder judicial de Colombia no está de acuerdo con esta ley y pueden surgir diferencias desde la perspectiva de cada juez al analizar el caso (Serrano 2015).

Este tipo de delitos se perpetran en Colombia desde hace más de una década bajo la apariencia de delitos cibernéticos, y a pesar de la promulgación de la Ley Colombiana de Lucha contra las Amenazas Informáticas, esta regulación se ha impuesto a algunas personas jurídicas. Sería interesante hablar aquí sobre el desarrollo de los delitos informáticos en Colombia. Un punto de partida es la Ley de Delitos Informáticos, que es equivalente a la Ley 1273 de 2009. Reforma el Código Penal colombiano para respetar las disposiciones sobre la sanción de este tipo de infracciones y establecer penas y multas para los infractores.

## 7. Estado del arte

El primer antecedente jurídico en Colombia sobre delitos informáticos es el Decreto 1360 de 1989. En este se reglamenta la inscripción de software en el Registro Nacional del Derecho de Autor para regular las reclamaciones por la violación de tales derechos (Presidencia de la república de Colombia 1989).

Siendo así, entendiendo el software como un elemento informático, las conductas delictivas consagradas en los Artículos 51 y 52, capítulo De las Sanciones, de la Ley 44 de 1993 sobre Derechos de Autor, que indican: “Incurrirá en prisión de dos (2) a cinco (5) años y multa de cinco (5) a veinte (20) salarios legales mínimos mensuales” e “Incurrirá en prisión de uno (1) a cuatro (4) años y multa de tres (3) a diez (10) salarios legales mínimos mensuales”, respectivamente, se tienen como las primeras normas penalmente sancionatorias de dichos derechos de autor junto con las consagradas en la Ley 1360 de 1989.

Con la Ley 599 del 2000 se expide la reforma al Código Penal colombiano en cuyo Libro Segundo Capítulo séptimo Título III consagra los delitos contra la libertad individual y otras garantías, que trata sobre la reserva e interceptación de comunicaciones (art. 192, 193, 194,

194, 196, 197 del Código Penal). Posteriormente, llega la Ley 671 de 2001 que constituye un Estatuto para prevenir y contrarrestar la explotación y el turismo sexual con menores de edad ([Presidencia de la república 2000](#)).

También incluye la prohibición de servidores y proveedores de redes de información global. Estas son simples prohibiciones y socavan la eficacia de la ley, ya que la ley no prevé sanciones penales, solo sanciones administrativas.

Con miras a remediar lo anterior, el 21 de julio de 2009 se sanciona la ley 1336 “por medio de la cual se adiciona y robustece le Ley 671 de 2001”. La Ley 1336 en su capítulo VI sanciona los tipos penales de turismo sexual y almacenamiento e intercambio de pornografía infantil.

Finalmente, la Ley 1273 de 2009 complementó el Código Penal y creó una nueva ley a través del concepto de “protección de información y datos”. Bajo esta ley, los delitos informáticos en Colombia están tipificados y tanto los organismos públicos como privados pueden atender estas violaciones antes de que se inicie un proceso penal en sus respectivos casos. Esto pone a Colombia a la par de los estados miembros de la Comunidad Económica Europea que han ratificado la Convención sobre Delitos Cibernéticos (la primera convención internacional sobre delitos cibernéticos firmada en Budapest, Hungría en 2001 y vigente desde julio de 2004) ([MinTIC 2021](#)).

## 8. Metodología

Se extraerá una muestra de 50 habitantes en los barrios Villa Alsacia y San Luis en las cuales serán evaluados mediante una encuesta cualitativa los conocimientos que tienen en ciberseguridad y las diferentes situaciones a las que se han visto expuestos en las redes sociales o dispositivos móviles, para esto se plantearán diferentes situaciones comunes a los que habitantes se enfrentan en una plataforma digital con los resultados de dicho estudio se construirá una guía de buenas prácticas.

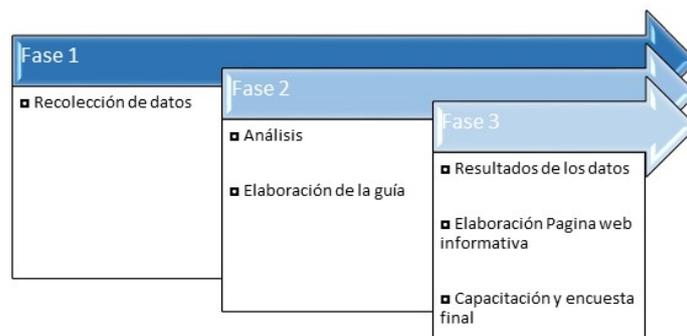


Figura 1: Fases de la Metodología. Fuente: Propia, adaptada de Word)

Esta guía será llamativa ya que contendrá temáticas sencillas y de autoaprendizaje que sea de fácil entendimiento y facilitará a los habitantes de estos barrios y a su vez se pretende obtener atención instantánea para que ellos tengan un uso seguro de las redes sociales de las cuales hagan uso frecuentemente mediante sus dispositivos.

## 9. Recolección de datos

Se realiza encuesta creada para recolectar información relacionada con el nivel de conocimiento de los habitantes pertenecientes a la tercera edad, ubicado en las localidades de Kennedy y

Teusaquillo, puntualmente en los barrios Villa Alsacia y San Luis, también tiene como fin recolectar diferentes testimonios de personas que han sido víctimas de este tipo de fraudes e identificar así, en estos barrios cuál es el método más usado por los ciberdelincuentes para instruir más a fondo en este tipo de engaños y como identificarlos.

## 10. Análisis y resultados

Se evidencia que, en las localidades de Kennedy y Teusaquillo, puntualmente en los barrios Villa Alsacia y San Luis, respectivamente se encuentran varios antecedentes de delitos informáticos, en los cuales muchos de sus habitantes han sido víctimas, lucrando así a los Ciberdelincuentes.

**Encuesta de Ciberseguridad**

Fecha: \_\_\_\_\_ Grupo Etario (Edad): \_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_ Nombre(Opcional): \_\_\_\_\_

¿Ha sido víctima de ataques por medio de correos electrónicos falsos, llamadas fraudulentas o páginas web engañosas?  Si  No

**Si la respuesta anterior fue "Si", por favor brevemente describa el acontecimiento, de lo contrario coloque N/A:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Conoce el término "Phishing"?  Si  No

¿Conoce el término "Smishing"?  Si  No

¿Conoce el término "Vishing"?  Si  No

¿Conoce el término "Ciberdelincuente"?  Si  No

¿Conoce personas que han sido víctimas de fraudes por medio de llamadas, correos electrónicos, mensajes de texto o páginas web falsas? ¿Cuál? \_\_\_\_\_  Si  No

¿Conoce el alcance que puede tener caer en un ataque de fraude malintencionado digital?  Si  No

¿Tiene en cuenta que **NINGUNA** entidad legal me solicitará datos con excusa de "Alta urgencia" sin dejar antes validar su proveniencia?  Si  No

¿Cuida sus datos personales y conoce el alcance de compartirlos a un Ciberdelincuente?  Si  No

¿Conoce métodos o TIPS de cuidados para no caer en estos ataques?  Si  No

¿Le interesaría conocer más del tema para prevenir y compartir la información con familiares, amigos y compañeros?  Si  No

¿Ha visto, conoce o ha sido parte de campañas y/o cursos en donde pueda capacitarse en Ciberseguridad?  Si  No

Figura 2: Encuesta realizada. Fuente: Propia, adaptada desde Word)

En el entorno digital existen grandes riesgos y vulnerabilidades más cuando centramos nuestra vista en adultos mayores debemos tener muy en cuenta, que un gran porcentaje de adultos mayores no tienen conocimientos acerca de los peligros que se corren en la era digital, ya que el cambio de tecnologías y el abrupto avance de las telecomunicaciones ha logrado impactar en relación al manejo, entendimiento y uso de las mismas a una generación que venía acostumbrada a comunicarse de otras maneras menos invasivas, por dicha razón podemos ver como los Ciberdelincuente aprovechándose del desconocimiento engañan y manipulan para

tener acceso a datos personales sensibles, dinero y hasta bienes.

Por estos motivos se realizan las encuestas para así tener más claro que temas se manejan y cuales se desconocen por esta población, para con esto crear una guía informativa y compartirla por medio de una capacitación con los temas de mayor desconocimiento, los riesgos y Tips para evitarlos o denunciarlos.

Después de realizar la encuesta en los dos barrios se evidencian los siguientes resultados

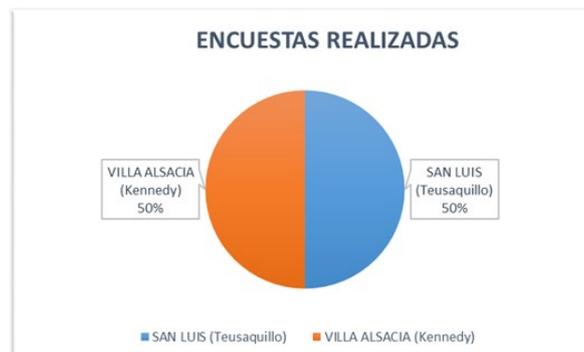


Figura 3: Personas encuestadas. Fuente: Propia, adaptada desde Excel

Se realizó un total de 25 encuestas por barrio, las cuales se evidencian las siguientes respuestas:



Figura 4: Respuestas de Encuestas. Fuente: Propia, adaptada desde Excel

Concluimos que el desconocimiento es amplio en los términos utilizados para nombrar estos tipos de fraudes, en donde curiosamente el 0 % de los encuestados conocen el término "Vishing", más sin embargo es el tipo de fraude más común en los adultos mayores. Se deja en evidencia que del 100 % de los encuestados, el 90 % manifiesta interés en conocer más acerca del tema de ciberseguridad y métodos para prevenir estos tipos de fraude, gracias a esto, se crea la necesidad de realizar una capacitación con los encuestados que aceptaron para ampliar sus conocimientos.



Figura 5: Encuestados Víctimas de ataques digitales. Fuente: Propia, adaptada desde Excel

Es claro que el ataque más común ha sido por medio de llamadas en un 45 % y seguidamente los correos electrónicos en un 20 % , por dicha razón se enfatizará en métodos para conocer cuando una llamada es verídica, y cuando puede ser hecha por un cibercriminal.

Únicamente el 20% de las personas no ha sido víctima de este tipo de ataques en primera persona, y más de la mitad, el 80 % han tenido que pasar por este tipo de fraudes.

Se evidencia que un 5% de los encuestados fue víctima por medio de páginas web, los cuales comentan que fue a través de una página de pago en donde debitaron el valor de su cuenta pero nunca lograron obtener el producto.

Cuando realizamos compras por internet debemos tener precauciones para poder identificar estafas más fácilmente, dentro de alguna de las precauciones como nos muestra en el artículo que debemos comprar solo en sitio Web seguros, evitar vendedores que utilicen tácticas para presionarlos a comprar, establecer alertas para cuentas bancarias como notificaciones por SMS cada vez que se realice cualquier tipo de movimiento, además de estar pendiente de que el número del que llega el mensaje solo tenga 5 dígitos.

Según está información obtenida, se genera la estructura para implementar en la capacitación de la mano con la Guía interactiva.



Figura 6: Estructura de la capacitación. Fuente: Propia, adaptada desde Canva

Se realiza la capacitación estructurada según la imagen (Fig. 6), con el fin de mantener un orden de principio a fin y aplicar dinámicas en medio de las explicaciones teóricas para trabajar el conocimiento y mejorar la acogida de la información brindada hacia los asistentes.

### 10.1. Diseño flyer para capacitación

Se realizaron diferentes métodos de difusión dentro de los cuales se encuentra el Flyer, el cual se comunicó a las diferentes personas y grupos pertenecientes a la junta de acción comunal, como también al coordinador del IDEPAC Teusaquillo (Jose Humberto Pedraza), quien difundió y resaltó la importancia al compartirlo en las redes sociales de Teusaquillo IDEPAC, para lograr así una mayor asistencia de personas interesadas en la seguridad digital.

**TALLER:  
PRÁCTICAS  
BÁSICAS EN  
CIBERSEGURIDAD**

Tips de prevención sobre ciberseguridad para adultos mayores

**LUGAR Y FECHA:**

- +57 3043560362
- 5:30 pm. A 6:30 pm
- Martes 13 de junio
- TV 25 No 60 -10  
Restaurante Vegetariano Nirvana,  
Barrio San Luis  
Teusaquillo

**Ingenieros de Sistemas  
Especialización en Seguridad de la  
Información**

Proyecto de Ciberseguridad para las JAC en CO.

Laura Sandoval Guarín  
Andrés Guevara  
Francys Castillo

Junta de Acción Comunal Barrio San Luis  
**JAC SAN LUIS**

GMLG

Nirvana  
Comida Saludable

Figura 7: Flyer Capacitación. Fuente: Propia, adaptado desde Canva

## 10.2. Diseño de guías interactivas

La siguiente imagen es una muestra de la guía entregada en la capacitación a todos los adultos mayores asistentes para que puedan reforzar el conocimiento obtenido y también a su vez compartirlo con conocidos, familiares y vecinos.

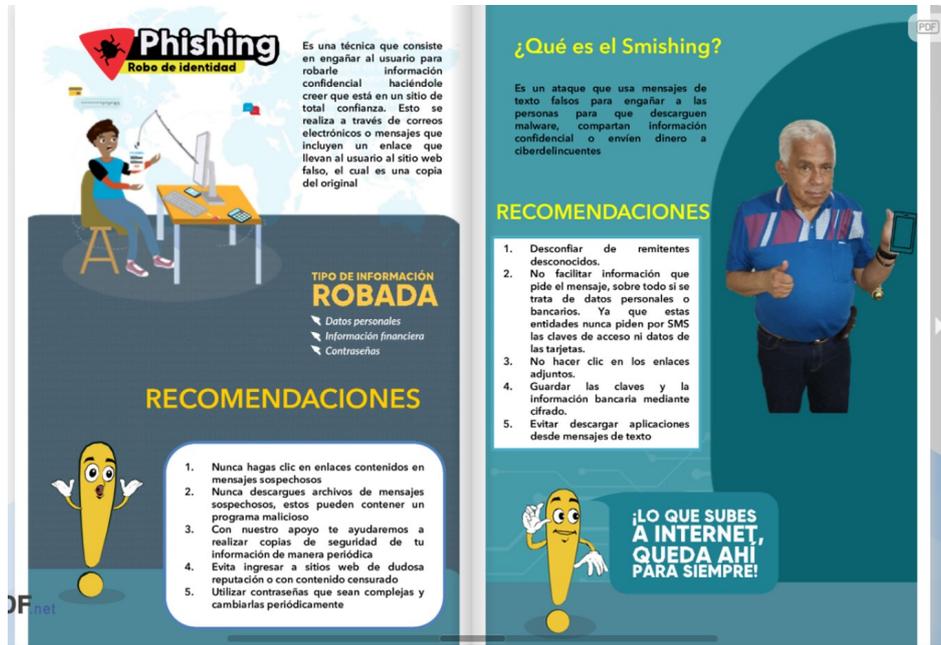


Figura 8: Guía de la capacitación. Fuente: Propia, adaptada desde PowerPoint

## 10.3. Diseño de página web informatiba

Se presenta una captura de pantalla de la página web creada por el grupo con el fin de compartir vídeos y textos explicativos acerca de los tipos de ataques, ejemplos y métodos para prevenir cualquier delito informático y como denunciarlos.



Figura 9: Página Web. Fuente: Propia. URL: <https://cuida-tu-informacion.web.app/>

## 10.4. Encuesta de capacitación

**Pos-Encuesta de Ciberseguridad**

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_

¿Conoce el término "Phishing"?  Si  No

¿Conoce el término "Smishing"?  Si  No

¿Conoce el término "Vishing"?  Si  No

¿Conoce el término "Ciberdelincuente"?  Si  No

¿Conoce el alcance que puede tener caer en un ataque de fraude malintencionado digital?  Si  No

¿Tiene en cuenta que **NINGUNA** entidad legal me solicitará datos con excusa de "Alta urgencia" sin dejar antes validar su proveniencia?  Si  No

¿Cuida sus datos personales y conoce el alcance de compartirlos a un Ciberdelincuente?  Si  No

¿Conoce métodos o TIPS de cuidados para no caer en estos ataques?  Si  No

¿Le interesaría conocer más del tema para prevenir y compartir la información con familiares, amigos y compañeros?  Si  No

¿Le pareció favorable y útil la capacitación sobre Ciberseguridad ?  Si  No

¿Conoce que tipo de detalles debe tener en cuenta para identificar una técnica de engaño?  Si  No

Califique la capacitación siendo 5 el más alto y 1 el más bajo.

¿Le parece importante que se repitan este tipo de eventos instructivos? ¿En qué Barrio?  
\_\_\_\_\_

¿Existe algún sitio en Internet, correos oficiales para reportar la existencia de un ciberdelito? Si los conoce, por favor indicarlo \_\_\_\_\_

¿Qué mejoraría o aportaría a la capacitación presentada?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 10: Post Encuesta. Fuente: Propia, adaptada desde Word

En (Fig. 10), representa la encuesta realizada al finalizar la capacitación, la cual tiene como objetivo analizar sus resultados y corroborar si se aumentó o no el conocimiento en seguridad digital en adultos mayores de los barrios aplicados.

Se realiza la capacitación el día Martes 13 de Junio, en donde asistieron un total de 31 personas de las localidades de Teusaquillo y Kennedy, en donde se compartieron temas relacionados con Ingeniería social, los peligros y riesgos que corremos al momento de utilizar un computador o celular inteligente, también se les indicó el cómo se deben tratar, denunciar e identificar estos tipos de fraudes y se realizó un énfasis en continuar con la acogida a las nuevas tecnologías pero con conciencia clara y prevención.



Figura 11: Registro fotográfico capacitación. Fuente: Propia

Después de realizar la capacitación se aplicó esta encuesta (Fig. 10), a todas las personas presentes, la cual deja en evidencia el siguiente análisis respecto a sus resultados:

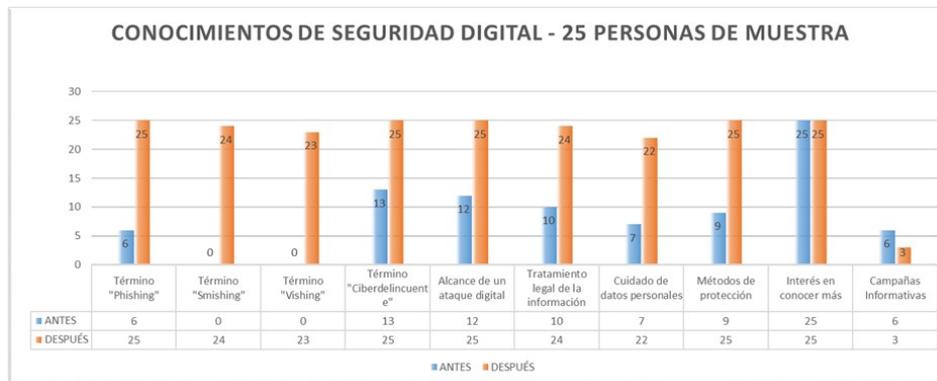


Figura 12: Comparación Post Conocimientos. Fuente: Propia, adaptada desde Excel

Se generó una comparación entre el antes y el después de la capacitación aplicada con las mismas preguntas, en donde se refleja con una muestra de 25 personas, que efectivamente los conocimientos aumentaron notoriamente, por lo que se generó una buena acogida del tema explicado para los adultos mayores.

Varias personas colocaron sugerencias y puntos a incluir en las próximas capacitaciones, sin embargo, dejaron por escrito la favorabilidad y utilidad de los conocimientos compartidos durante el espacio, el cual fue del 100% de los asistentes, entre los puntos a mejorar están: "Muchos temas", escrito por una adulta mayor de 81 años, lo cual apunta a la importancia de generar capacitaciones separadas por rangos específicos de edad, ya que personas de 65 colocaron "Pueden hacer otra capacitación con más temas".

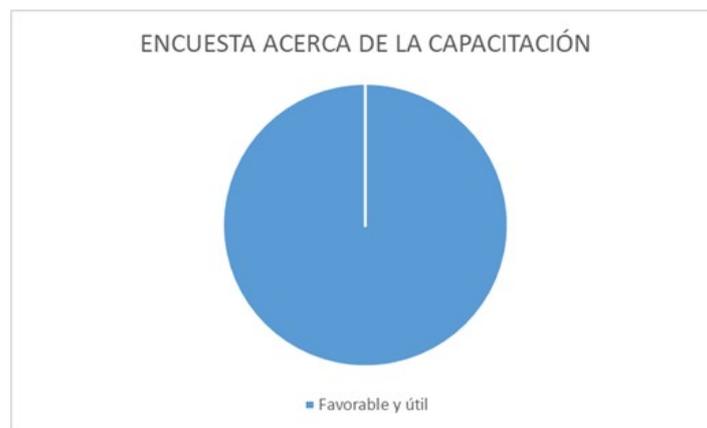


Figura 13: Encuesta acerca de la capacitación. Fuente: Propia, adaptada desde Excel

## 11. Conclusiones

Se aumentaron los conocimientos básicos en seguridad digital, como lo fueron términos, peligros, métodos y tips de prevención entre otros, logrando así disminuir los riesgos.

Se analizaron las encuestas realizadas, antes y después de la capacitación, la cual fue calificada por los asistentes quienes le colocaron una nota de 4.8 sobre 5.0, y en donde se evidencian la falta de conocimiento en los adultos mayores acerca de seguridad digital antes de, y el alto impacto reflejado después de la misma, dejando sobre la mesa la necesidad de que se realicen este y más espacios parecidos donde se les compartan distintos temas de tecnología, para que con ello, estas personas logren una acogida sin miedo y evitemos el rechazo al uso y apropiación de las nuevas tecnologías.

Con el fin de llevar a cabo la estrategia de aumentar el conocimiento y divulgarlo, se creó una guía, la cual fue entregada a cada uno de los asistentes a la capacitación con el fin de que fortalezcan lo aprendido y compartan esto con sus conocidos, vecinos, amigos y familiares, adicionalmente a esto, se les compartió la página creada por el grupo, en donde se apuntaron videos de enseñanza, entrevistas con personas de la tercera edad, y el botón en donde serán redirigidos a la página de la policía donde pueden hacer denuncias de todo tipo de fraude digital que noten en su diario vivir.

Se logró incentivar al adulto mayor al conocimiento y uso de la nueva era tecnológica, y con ello, sean parte de la Cibercultura sin que ningún ciberdelincuente pueda aprovecharse fácilmente de ellos.

Igualmente, desde el Ministerio de Educación Nacional, a partir de la plataforma de Colombia Aprende ([www.colombiaprende.edu.co](http://www.colombiaprende.edu.co)), programa que se establece como el principal punto de acceso y encuentro virtual de la comunidad educativa gratuita, en donde los adultos mayores pueden encontrar a cursos básicos de internet, biblioteca digital mundial de la UNESCO, guías para el uso responsable del internet, recomendaciones y catálogo de recursos para el aprendizaje.

## Referencias

- Bodnar D (2023). *Ingeniería social y cómo protegerse*. URL <https://www.avast.com/es-es/c-social-engineering>.
- DANE (2021). “Adulto mayor en Colombia.” URL: <https://www.dane.gov.co/>.
- MinTIC (2021). “Gobierno radicó Proyecto de Ley para adherirse al Convenio de Budapest contra la ciberdelincuencia.” URL: <https://www.mintic.gov.co>.
- Presidencia de la república (2000). “Ley 599 de 2000.” URL <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6388/>.
- Presidencia de la república de Colombia (1989). “Decreto 1360 de 1989.” URL <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=10575/>.
- Serrano E (2015). *La práctica de delitos informáticos en Colombia*. Master’s thesis, Universidad Militar Nueva Granada. URL <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13452>.

### Filiación institucional:

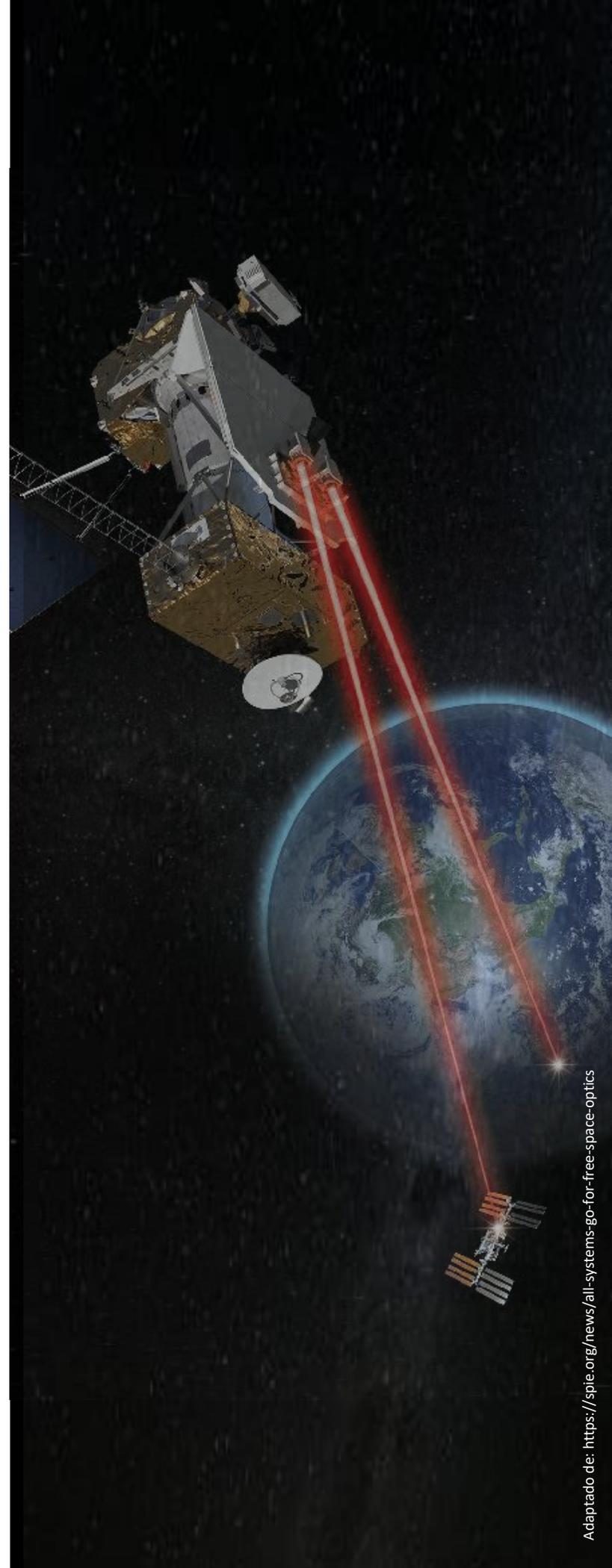
Laura Valentina Sandoval Guarín, Francly Milena Castillo Gamba,  
Andrés Eduardo Guevara Amaya, Héctor Manuel Herrera Herrera  
Fundación Universitaria Los Libertadores  
Especialización en Seguridad de la Información  
Carrera 16 # 63A - 68, Bogotá, D.C., Colombia  
E-mail de correspondencia: [lvandovalg@libertadores.edu.co](mailto:lvandovalg@libertadores.edu.co)

# Tendencias Tecnológicas

# Tendencias Tecnológicas

## 74 Desarrollos y Perspectivas de FSO (Free Space Optics)

Jaime Ramírez Artunduaga



Adaptado de: <https://spie.org/news/all-systems-go-for-free-space-optics>



# Desarrollos y Perspectivas de FSO (Free Space Optics)

Jaime Ramírez Artunduaga

Fundación Universitaria Los Libertadores

---

## Resumen

Este trabajo es fundamentalmente académico y tiene como objetivo destacar los avances y perspectivas más significativos presentados por los sistemas de comunicaciones ópticas por espacio libre, FSO (por sus siglas en inglés, Free Space Optics). Es crucial en la formación profesional de los estudiantes estar al tanto del desarrollo y los avances de estas nuevas tecnologías, a fin de fomentar un interés investigativo sobre su aplicabilidad.

Aunque la tecnología FSO ha existido desde hace años, recientemente ha resurgido un renovado interés en su desarrollo y aplicabilidad. Esto se debe a la creciente necesidad de nuevos medios de comunicación y a los múltiples beneficios que ofrece, tanto a nivel estructural como funcional. Es vital subrayar que este trabajo posee un enfoque netamente académico, con el propósito de enriquecer la formación profesional de los estudiantes de ingeniería interesados en esta área y estimular su espíritu investigador.

El FSO es esencialmente un sistema de comunicación inalámbrico que utiliza ondas de luz, específicamente luz infrarroja, en lugar de ondas de radio como ocurre en los sistemas de comunicación radiales tradicionales. Ofrece significativas ventajas sobre estos últimos. Por ejemplo, reduce considerablemente los problemas de interferencia, gracias a que su haz de propagación es mucho más estrecho, incrementando la eficiencia espectral. La interceptación de estas comunicaciones es difícil y, si llegara a ocurrir, sería fácilmente detectable, ya que el enlace se interrumpe o se afecta notablemente. Además, el FSO ofrece velocidades de transmisión similares a las de la fibra óptica y con tasas de error muy bajas. Es posible instalar múltiples transceptores en cualquier punto sin riesgo de interferencia mutua, gracias a la precisión de sus haces de enlace.

*Palabras Clave:* Fibra óptica, Redes de datos, Redes de telecomunicaciones.

---

## 1. Introducción

Este trabajo es esencialmente de carácter académico, donde se pretende relacionar los avances y perspectivas más notorias que han presentado los sistemas de comunicaciones ópticas por el espacio libre FSO (Free Space Optics). Es de interés en la formación profesional de los estudiantes, el conocimiento del desarrollo y avances que tienen las nuevas tecnologías, para de esta forma coadyuvar a motivar el interés investigativo sobre la aplicabilidad de ellas.

Aunque la presencia de esta tecnología se remota a años anteriores, en la actualidad se ha vuelto a revivir el interés de su desarrollo y aplicabilidad, debido a la necesidad de disponer de nuevos medios de comunicación y a los beneficios que ofrece, tanto estructural como funcional-

mente. Es necesario recalcar que este trabajo tiene una orientación estrictamente académica, buscando contribuir en la formación profesional de los estudiantes de las ingenierías afines a esta temática y motivar el espíritu investigativo de esta. Un FSO fundamentalmente es un sistema de comunicación inalámbrico, el cual utiliza ondas luminosas (luz infrarroja), en vez de ondas de radio, como es el caso de los sistemas tradicionales de radiocomunicación. Ofreciendo grandes ventajas sobre estos, como es el caso de la notable disminución en los problemas de interferencias, debido a que su haz de propagación es, comparativamente, inmensamente más estrecho, lo que permite aumentar notoriamente la eficiencia espectral. Es difícil de interceptar, sin que no se detecte la intrusión, ya que al presentarse esta anomalía la intercomunicación desaparece o se ve afectada notablemente. Así mismo ofrece velocidades de transmisión comparables a los de la fibra óptica con tasas de error son bastantes bajas. También es posible ubicar múltiples transceptores sin peligro de interferencia mutua, en cualquier punto, debido a lo delgado que son los haces de los enlaces.

## 2. Trabajos Realizados

Debido a que este artículo no corresponde a la descripción del desarrollo de una investigación científica en particular, ni al de un proyecto específico, sino a la referencia de la fundamentación teórica y de principios de funcionamiento y desarrollo de los sistemas FSO, y que su carácter es netamente académico, su marco conceptual se fundamentó en la experiencia profesional y académica del autor en esta temática y en las consultas que se hicieron en la documentación que se relaciona en la Referencia Bibliográficas.

## 3. Propuesta

Son diversos y considerables los desarrollos y avances que se están realizando con respecto a la implementación de FSO, así como las perspectivas que se tienen de estos sistemas. A continuación, se relacionan algunos de ellos.

### 3.1. Soporte a los servicios de banda ancha

Las empresas que ofrecen servicios de telecomunicaciones han venido considerando la importancia de implementar la tecnología FSO como soporte complementario a sus redes de banda ancha, ya que esta brinda una alta capacidad de transmisión y de mejor calidad, lo que le permite al operador prestarles a los usuarios aplicaciones innovadoras en el ámbito de la salud, la educación, el intercambio de información y en el entretenimiento, lo cual no sólo es de interés para los operadores, sino también para los usuarios que pueden disfrutar de estos servicios.

En la Figura 1 se muestra un esquema del proyecto que viene implementando la empresa de telecomunicaciones cubana ETECSA, dentro de su plan de desarrollo 2020-2025, para potencializar las tecnologías de banda ancha que puedan garantizar la prestación de diversos servicios que beneficien a la población en general y al sector empresarial (Tan, Chen, Zhao, Yu, Kang, Yang, and Ma 2019).

### 3.2. Comunicaciones satelitales

En el año 2020, se logró enviar un corto mensaje (Hello World), mediante comunicaciones láser, entre los observatorios astronómicos de Tenerife y La Palma (separados 143 kilómetros). Los investigadores que lograron esta comunicación afirman que a través de las comunicaciones FSO se podría, en un futuro, lograr enlaces entre una estación terrena y una estación satelital, con velocidades de propagación mayores a las comunicaciones satelitales actuales (López, García, Mendieta, Arvizu, and Gallion 2011).

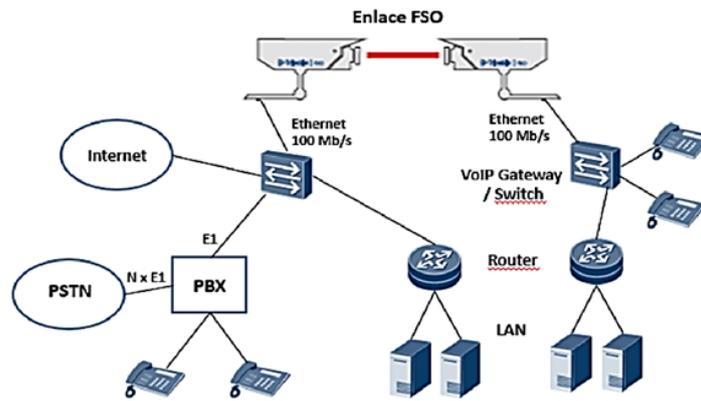


Figura 1: Arquitectura del proyecto FSO para la transmisión de video, voz y datos de ETECSA (Carballo 2019).

En la Figura 2 se ilustra una posible futura comunicación satelital mediante sistemas FSO.



Figura 2: Ilustración de una posible futura comunicación satelital mediante sistemas FSO (Fernandez 2023).

### 3.3. Teletransporte virtual

Desde años recientes se ha venido incrementando la investigación sobre una tecnología holográfica en las comunicaciones FSO. Esta tecnología busca implementar el teletransporte virtual de las imágenes en tres dimensiones (3D), así mismo lograr transmitir amplias cantidades de información mediante señales láser, en tiempo real. Las velocidades de transmisión que se han logrado llegan hasta alcanzar los 400 Gbps, para distancias de algunos centenares de metros (Gisin, Ribordy, Tittel, and Zbinden 2002).

Recientemente (2021), científicos de la Universidad de Bristol y de la Universidad Técnica de Dinamarca lograron realizar teletransportar cuánticamente información entre dos chips, que no tenían conexión alguna entre sí. Es importante señalar que el transporte virtual no se trata del traspaso de un objeto físico sí, sino el traspaso de un estado (Llewellyn, Ding, Faruque, Paesani, Bacco, Santagati, Qian, Li, Xiao, Huber, Malik, Sinclair, Zhou, Rottwitt, O'Brien, Rarity, Gong, Oxenlowe, Wang, and Thompson 2019). En la Figura 3 se puede apreciar la posible toma de una imagen para ser transportada virtualmente.



Figura 3: Toma de una imagen para el transporte virtual (Telefe 2023).

### *Comunicaciones FSO en el espacio profundo*

Se espera, en un futuro mediano, que con la aplicación de las nuevas tecnologías en las comunicaciones FSO, se puedan cubrir hasta zonas alejadas con conexión a Internet, con velocidades de transmisión altas. Así mismo existe la expectativa de que muy pronto las comunicaciones FSO reemplacen las comunicaciones actuales, tanto terrestres como satelitales actuales de microondas. En la Figura 4, se hace una representación de una posible red de comunicaciones FSO, en el espacio profundo (Bhasin 2004).

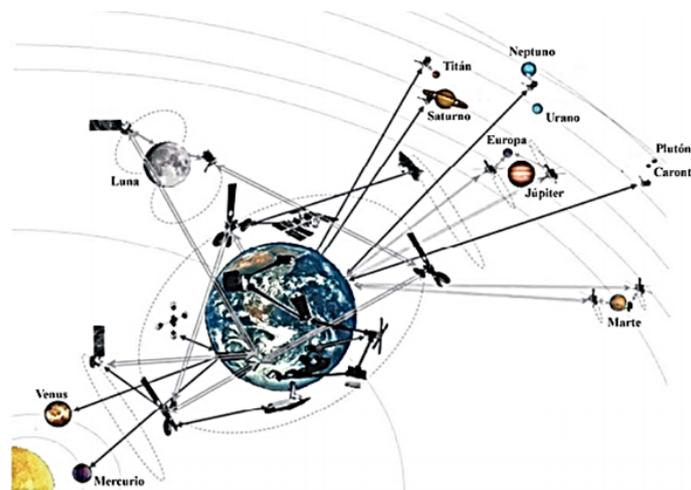


Figura 4: Representación de una posible red de comunicaciones FSO, en el espacio profundo. (Fuente: Bhasin, K. / Hayden, J.L., “Evolutionary Space Communications Architectures for Human / Robotic Exploration and Science Missions”, Space Technology and Applications International Forum (STAIF), 2020. )

### **3.4. Contadores de fotones**

En la actualidad se está investigando en la posibilidad de emplear diodos de avalancha como contadores de fotones, utilizando el modo Geiger, lo que permitirá disponer de detectores ópticos, de costos relativamente bajos, de una sensibilidad extremadamente alta, operando como fotomultiplicadores. Con la implementación de estos dispositivos se podrá lograr enlaces FSO de largas distancias (Aguilar, Mondragón, and Leyva 2016).

El fotodiodo de avalancha de experimentación, que se ha tomado, para el módulo de conteo de fotones es el C30902SH-DTC, cuya característica funcional consiste en disponer de un sis-



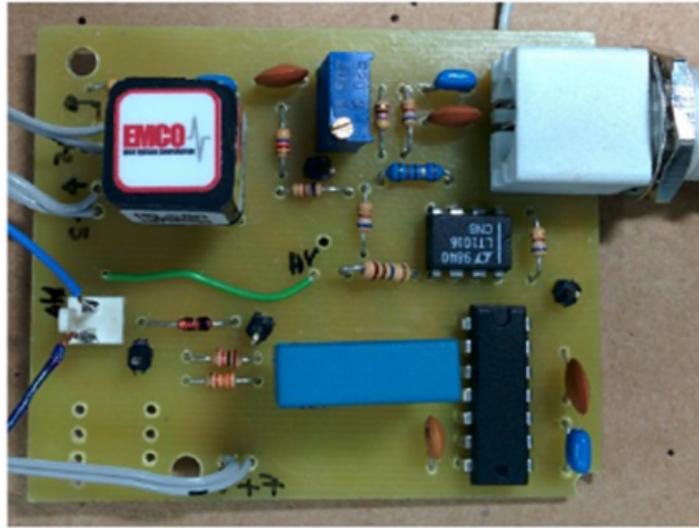


Figura 7: Montaje del circuito Quenching. (Fuente: Bordalkevich, A., / Kielbowicz, L. H.. / Larotonda. M. A. , “ Photon Counting Module Based on Avalanche Photodiodes”, Citedef-Conicet, 2019, p.101)

El funcionamiento en modo Geiger, de un fotodiodo de avalancha, radica esencialmente en el fenómeno donde un portador de carga, producido por la incidencia de un único fotón, genera una variación intensa de la corriente de salida del fotodiodo, generandose un incremento considerable en la ganancia de corriente. Lo anterior se logra cuando se polariza al fotodiodo inversamente, con una tensión superior a la de su voltaje de ruptura ( $V_r$ ), lograndose mayor ganancia cuanto mayor sea el valor del voltaje de polarización ( $V_{bias} := 5$  voltios o mayor). Cuando se logra el estado de avalancha (intensa ganancia de corriente), se requiere aminorar la avalancha, lo que se logra reduciendo el valor del voltaje de polarización por debajo del de ruptura (Bordakevich, Kielbowicz, López Grande, and Larotonda 2017).

El circuito Quenching, es prácticamente un monoestable, que al ser activado genera un pulso de duración predeterminada y el circuito regresa a su estado de espera, hasta que es activado nuevamente. Los voltajes de trabajo, del circuito mostrado en las dos Figuras inmediatamente anteriores, no superan los 10 voltios, con excepción del fotodiodo que se encuentra polarizado a alta tensión, lo que permite que al circuito se le pueda aplicar cualquier fotodiodo de avalancha, ya que su funcionamiento no depende de la tensión de ruptura.

El proceso de funcionamiento básico del circuito en cuestión, se podría describir en los siguientes pasos:

- Cuando el sistema está en estado inactivo (no existe pulso luminoso), el fotodiodo no conduce, lo que produce que el comparador este en el estado lógico bajo (0V).
- Cuando el sistema se encuentra en estado activo (existe pulso luminoso), el fotodiodo conduce, lo que hace que el comparador pase a el estado lógico alto (+3.6V).
- Obteniendose de esta forma la conversión de un pulso luminosos en un pulso eléctrico.

En la Figura 8, se ilustra las diferentes tensiones existentes en el circuito Quenching.

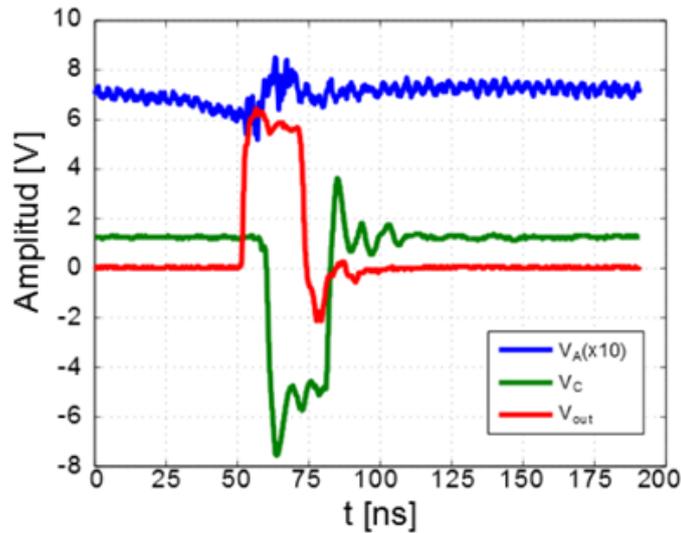


Figura 8: Tensiones en distintos puntos del circuito Quenching. (Fuente: Bordalkevich, A., / Kielbowicz, L. H.. / Larotonda. M. A. , “ Photon Counting Module Based on Avalanche Photodiodes”, Citedef-Conicet, 2020, p.102.)

### 3.5. Confidencialidad en la conectividad

Uno de los grandes aportes que ofrece los FSOL es su alto grado de confidencialidad, ya que el haz que emite tiene una apertura de menos de 0.50 en comparación con el que emiten las radiocomunicaciones en microondas, cuya apertura se encuentra en el rango de 50 a 250. Esto permite que las señales de radio puedan ser interceptadas, mediante receptores sintonizados a la frecuencia de transmisión sin que se detecte fácilmente la intromisión, ya que esta deja de abarcar gran parte de la señal, permitiendo que buena parte de la intensidad de la señal no se pierda y esta continúe su propagación. Lo anterior no se presenta en los FSOL, debido a que una intromisión, para poder interceptar la señal de estos enlaces, afecta totalmente el haz o buena parte de este, lo que genera la pérdida total o parcial de la intensidad la señal del enlace, lo que permite detectar una posible intromisión.

Las comunicaciones vía radio, así como las que utilizan líneas de transmisión (cable coaxial o cable par trenzado) pueden ser fácilmente interceptadas sin que se detecte la intromisión, lo cual este problema se reduce significativamente para el caso de las comunicaciones vía FSO, por su estrecho ángulo de apertura del haz que emite. Las organizaciones gubernamentales y militares fueron las primeras en utilizar la tecnología FSO debido a la extrema seguridad ofrecida contra cualquier tipo de interceptación de señal (González 2017).

En la Figura 9 se ilustra una imagen del haz de rayos láser (en la banda de infrarrojo) utilizado en los enlaces FSOL.

Los infrarrojos se pueden categorizar en:

Infrarrojo cercano (800 nm a 2500 nm)  
 Infrarrojo medio (2.5  $\mu$ m a 50  $\mu$ m)  
 Infrarrojo lejano (50  $\mu$ m a 1000  $\mu$ m)



Figura 9: Imagen del haz de rayos láser utilizados en los enlaces FSOL (EcuRed 2023).

### 3.6. El Internet del comportamiento

El Internet del comportamiento (IoB: Internet of Behaviour) consiste en la obtención y utilización de datos de la conducta de las personas y/o de las cosas, para administrar su comportamiento. Entre otros miles de cientos de datos están los de los hábitos de las personas y seres vivientes, así como el seguimiento de la movilidad y ubicación de estos como el de las cosas. Uno de los datos que requiere cuidadosa privacidad está la de las huellas digitales, debido a su utilización para identificar y verificar la autenticidad de las personas, especialmente cuando se requiere para la autorización de alguna transición (Song, Liu, Xu, and Guo 2021).

La privacidad de los datos exige sistemas de comunicaciones cuyos medios de transmisión ofrezcan esta particularidad, de la cual dispone los enlaces FSOL. El IoB, ofrece una alta gama de servicios y aplicaciones, pero presenta grandes riesgos si se utiliza inadecuadamente. Es por este motivo que uno de sus grandes retos es ofrecer medios de comunicación, que además de confiables, sean de un alto grado de confidencialidad.

En la Figura 10 se ilustra un posible uso del IoB, para el control de movilidad de vehículos, empleando para sus interconexiones tecnología FSO.



Figura 10: Posible uso del IoB, para el control de movilidad de vehículos, empleando para sus interconexiones tecnología FSO. (Fuente: Que es internet del comportamiento (Gartner 2021)).

### 3.7. Criptografía Cuántica

La Criptografía Cuántica (QKD: Quantum Key Distribution), corresponde a un método de cifrado y descifrado de mensajes, que se implementa mediante un protocolo criptográfico que utiliza propiedades de la mecánica cuántica, a diferencia de la criptografía de clave tradicional, la cual se basa en complejidades computacionales, que pueden ser descifradas por terceros, sin que sea detectado su intromisión.

La Criptografía Cuántica, se fundamenta en el denominado “teorema de no clonado”, el cual hace que este método permita detectar si existe una intromisión de un tercero, ya que hace que en el proceso de la creación de la clave oculta se produzca una alteración en el mismo, al presentarse tal situación de intromisión.

Los enlaces FSO son muy propicio para emplear QKD, para lo cual se necesita de dos canales de transmisión, uno por donde se emite la información codificada (el canal clásico de alta velocidad) y el otro por donde se envía la clave cuántica (canal óptico cuántico dedicado). En la Figura 11, se hace una representación esquemática de un enlace FSO con QKD.

Los niveles de energía detectados en el receptor corresponden al del fotón, por bit de información enviado por el canal cuántico. En el caso de presentarse una intromisión, de un tercero, se producirá una alteración o ruido en la señal, la cual será detectada en el receptor, indicando

de esta manera que existe una intersección no deseada en la comunicación (Liu, Zhang, and Li 2020).

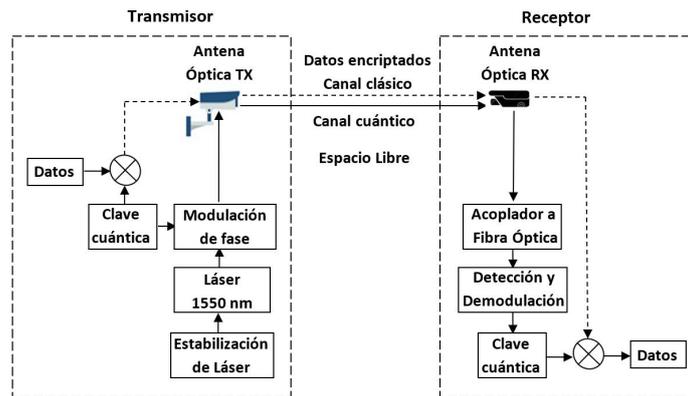
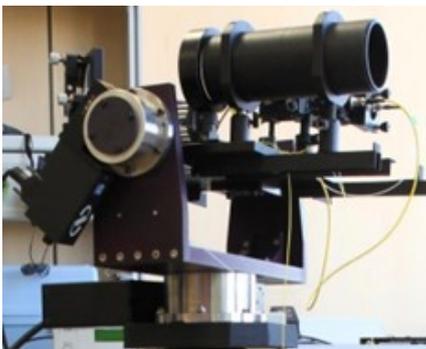


Figura 11: Representación esquemática de un enlace FSO con QKD. (Fuente: Santos Aguilar, J. / López Leyva, J.A., “Implementation of antennas for optical quantum communication, links using weak coherent states in free space”, Universidad de Guanajuato, México, 2018.)

El proceso de operación del enlace FSO con QKD, se podría concretar en los siguientes pasos:

- La señal óptica de los datos es encriptada con la clave cuántica, mientras la señal láser, al mismo tiempo, es modulada en fase con la misma clave cuántica.
- Ambas señales son radiadas, simultáneamente, por la antena transmisora óptica, por canales independientes. La señal de datos encriptados es enviada por el canal clásico, mientras que la de la clave cuántica por el canal cuántico, a través del espacio libre.
- La antena receptora óptica recibe ambas señales. La señal que contiene la clave cuántica sufre el proceso de demodulación recuperándose la clave cuántica, la cual se emplea para desencriptar la señal que contiene los datos.
- La señal óptica de datos recuperada es inyectada, mediante un sistema de lentes, a una fibra óptica monomodo que guiará los pulsos láser a la estación de destino final.

En la Figura 12 se muestran unas imágenes de las estaciones transmisora y receptora de tecnología FSO con QKD.



(a) Transmisor FSO / QKD



(b) Receptor FEO / QKD

Figura 12: Imágenes de estaciones Transmisora y Receptora FSO (Fernández 2021).

A pesar de que los sistemas FSO / QKD son considerados totalmente seguros contra intrusiones de terceros, tal como se mencionó anteriormente, en la actualidad se vienen desarrollando actividades de investigación, innovación y desarrollo en el sentido de perfeccionar el grado de seguridad, tanto en el hardware como en los protocolos empleados en los mismos (Abdel-Razeq, Zhou, Wang, and Zhao 2019).

La ciencia cuántica contempla conceptos de una gran complejidad. Con el propósito de dar una idea escueta al respecto, extractamos la siguiente percepción: “... los estados cuánticos son características propias de las partículas. En el caso de un haz de luz, al reducir la potencia óptica en extremo o al generar una señal extremadamente débil en un sistema de comunicaciones, se dice que un sistema se acerca al dominio cuántico, cuando se trabaja con una cantidad muy reducida de fotones o cuantos de luz. Una forma sencilla de describir los estados cuánticos sin recurrir al formalismo de la mecánica cuántica es usando la electrodinámica cuántica que trata a los campos eléctricos y magnéticos como vectores con una parte determinística y otra aleatoria, facilitando su representación y manejo mediante técnicas fasoriales, muy familiares para los ingenieros” (Qiao, Song, Ma, Sun, and Zhang 2020; El-Mottaleb, Métwalli, Hassib, Alfikky, Fayed, and Aly 2021).

### 3.8. Conexiones a Internet a través de drones

Desde años recientes, se ha venido desarrollando experimentaciones sobre aplicaciones de drones para ofrecer conexión a Internet, en ciudades medianas, utilizando tecnología FSO. La implementación de esta tecnología, como medio de transmisión, aumenta notablemente la velocidad de las conexiones a Internet, debido a que ofrece altos anchos de banda, ahorrando energía debido a que su consumo es bastante menor que el que demanda los enlaces por microondas consume mucha menos energía que los sistemas microondas. En la Figura 13 se muestran unas imágenes de algunos de los tipos de drones utilizados para conexiones a Internet utilizando la tecnología FSO (Documet Celis 2021; Arias Silva *et al.* 2019).



Figura 13: Algunos de los tipos de drones utilizados para conexiones a Internet utilizando la tecnología FSO (Castro 2014).

Se ha venido realizando desarrollos e implementaciones con conexiones 4G/LTE y más recientemente con 5G, estimándose que a partir del 2025 se pueda ofrecer este servicio en diferentes países, como lo asegura la compañía Deutsche Telekom, para el caso de Alemania. En la Figura 14 se ilustra una interconexión con los drones, utilizando tecnología FSO y apoyándose en las redes de telefonía móvil celular.

### 3.9. Despliegue de las redes 5G

Como es bien sabido el despliegue global de las redes 5G, especialmente las de carácter público, a la fecha (2022), todavía no ha tenido una implementación global. Pero las redes 5G privadas vienen teniendo un despliegue constante, motivadas por la asignación de más espectro por parte de los organismos reguladores de los países. Pero la restricción de este recurso (espectro radioeléctrico) es cada día más notoria, produce una limitación en el despliegue de las redes telefónicas móviles (Royo Royo 2022).

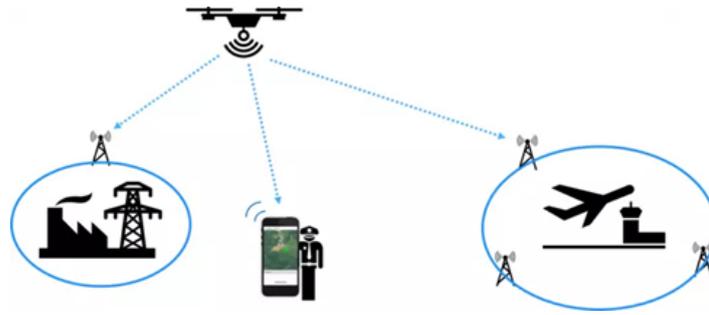


Figura 14: Esquema interconexión a Internet a través de drones utilizando FSO (González 2018).

Se ha venido especulando la aplicación de la tecnología FSO para impulsar el despliegue global de las redes 5G, tanto públicas como privadas, debido a la particularidad especial que ofrece esta tecnología, en el sentido de poderse utilizar varios enlaces en una misma celda con la misma frecuencia (misma longitud de onda), sin que exista problema de interferencia, siempre y cuando los haces de los respectivos enlaces sean adecuadamente distribuidos. Esta particularidad se debe a que los haces de los enlaces FSO son altamente estrechos.

Como consecuencia de a que las redes con tecnología FSO ofrecen la capacidad de proporcionar y mantener un nivel de servicio aceptable ante situaciones anómalas (resiliencia), se ha venido incrementando el despliegue de las redes 5G, especialmente las de carácter privado. Ya que las redes 5G no comparte tráfico con otras redes móviles, contribuyen a consolidar enlaces de alta privacidad, lo cual puede ofrecer servicios personalizados, para solucionar y adaptarse a las necesidades propias de la Empresa y de sus clientes. En la Figura 3.15 se muestra una imagen de una red 5G utilizando FSO.



Figura 15: Esquema despliegue de las redes 5G utilizando FSO (Camara 2014).

### 3.10. Reconfiguración del Multiplexor OADM

Debido a la presencia de una demanda creciente de aplicaciones con un requerimiento grande de ancho de banda y una exigencia de mayor capacidad de transmisión de información, se presentó la necesidad de diseñar redes más eficientes y dinámicas, que al mismo tiempo redujeran su consumo de energía y sus costes totales.

En consecuencia, a la situación planteada anteriormente, fue que surgió el proyecto QAMeleon,

financiado con fondos europeos, cuyo propósito esencial fue lograr desarrollar una tecnología integral para redes ópticas de última generación, la cual consistiera en la creación de una novedosa arquitectura de circuitos para transeptores ópticos de alta velocidad que permitieran su plena automatización, agilidad y eficiencia para futuros centros de procesamiento de datos (Leime Cajamarca and Romero Gualán 2023).

El proyecto QAMeleon fue desarrollado, durante el comienzo del 2018 a finales del 2021, por un consorcio conformado por universidades, centros de investigación (Centro Interuniversitario de Microelectrónica IMEC (Bélgica), junto con la Universidad de Gante (Bélgica)), socios industriales y un operador de telecomunicaciones, todos europeos. El proyecto se fundamentó en la implementación de transpondedores y multiplexores ópticos reconfigurables de inserción y extracción (ROADM: Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer).

Los Multiplexores ROADM ofrecen un alto grado de flexibilidad en el redireccionamiento de las señales ópticas, adaptándose con facilidad a diferentes tecnologías WDM. Dispone de un interruptor óptico WSS, que selecciona las longitudes de onda de las diferentes señales ópticas. El WSS dispone de una conexión cruzada de 8 puertos y facilita una respuesta rápida del servicio para redes de malla WDM (ver Figura No 3.16).

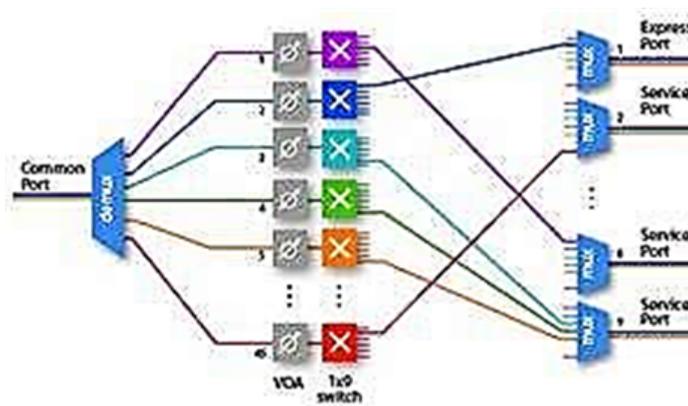


Figura 16: Interruptor óptico WSS (Fttxsolution 2019).

La estructura ROADM es totalmente óptica, permitiendo también la entrada o salida de una sola longitud de onda o de un grupo de longitudes de ondas con un puerto fijo y además admite configurarse según las necesidades del tráfico demandado.

Como se mencionó anteriormente ROADM es la Reconfiguración del Multiplexor OADM (Optical Add-Drop Multiplexer), se hace indispensable entender en que consiste este multiplexor. Existen dos configuraciones básicas de este Multiplexor:

- Configuración de OADM con filtro dieléctrico de película delgada (TFF: Thin Film Filter) y una rejilla de bragg de fibra (FBG: Fiber Bragg Grating). Con esta configuración el OADM trabaja como un filtro de paso de banda estrecho (BPF: Band Pass Filter), por lo cual solo se deja pasar (extrae) la señal luminosa de longitud de onda deseada y las demás continúan su trayectoria del enlace, dejando el espacio para poder insertar (adicionar) otra señal con la longitud de onda de la señal que ha sido extraída. Produciéndose de esta forma el proceso de extracción e inserción. En la Figura 17 se muestra el diagrama de este proceso (González-Henao and Botero 2021).

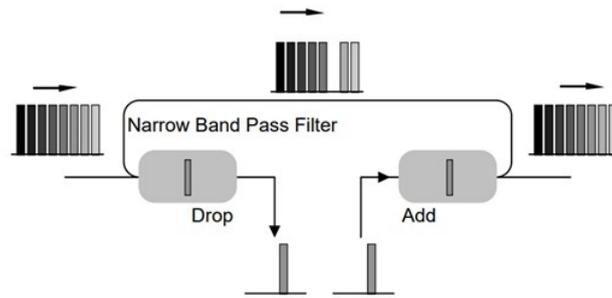


Figura 17: Proceso de extracción e inserción de OADM con TFF (Cordis 2016).

- Configuración de OADM con rejilla Bragg de fibra óptica (FBG: Fiber Bragg Grating). Consiste en una pieza corta de fibra óptica diseñada para filtrar longitudes de onda de luz, mediante la reflexión de determinadas longitudes de onda de la luz, transmitiendo el resto. Este filtraje se logra mediante la variación periódica del índice de refracción del núcleo de la fibra; lo que origina una serie de espejos dieléctricos para determinadas longitudes de onda. Por lo tanto, una rejilla Bragg de fibra óptica se utiliza como un filtro selectivo, posicionado en serie, para bloquear o seleccionar ciertas longitudes de onda. En la Figura 18 se muestra la estructura básica de una rejilla FBG y su respuesta espectral (Mironov, Yu, Park, Tuggle, Gragg, Kucera, Hawkins, Ballato, Eden, and Dragic 2020).

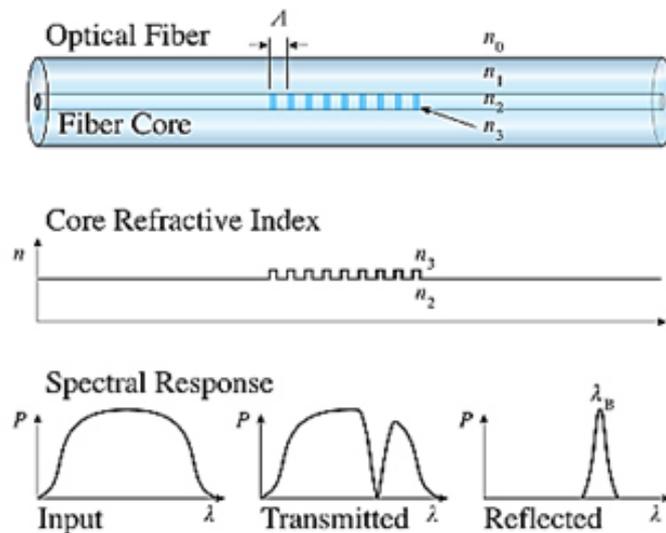


Figura 18: Estructura de un FBG, y su respuesta espectral (Causado-Bulevas, Gómez-Cardona, González-Valencia, Jessie, and Torres 2011).

En esta configuración, de un OADM con FBG, las señales luminosas entran al FBG mediante un circulador donde únicamente se refleja la señal, con la longitud de onda prevista, dejando pasar el resto de las señales. La señal reflejada se extrae a través del circulador y se bifurca en un puerto diferente al del que entran las señales multiplexadas. Para el caso de la señal a insertar, que tiene la misma longitud de onda de la extraída, mediante el respectivo circulador, es insertada en la ranura correspondiente de longitud de onda, en las señales multiplexadas, que dejó la que fue extraída. En la Figura 19 se representa el diagrama de este proceso (Mironov *et al.* 2020).

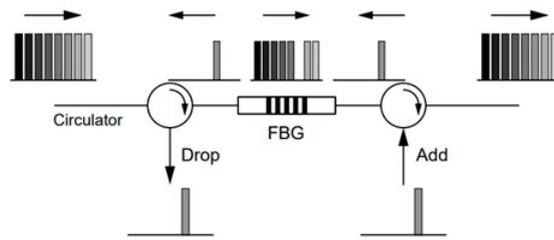


Figura 19: Proceso de extracción e inserción de OADM con FBG (Oñate 2016).

El proyecto QAMeleon podrá permitir la implementación de redes ópticas totalmente automatizadas, con un alto grado de eficiencia, utilizando nuevas funcionalidades de procesamiento de señales digitales. En esencia el sistema ROADM, se fundamenta en un proceso de multiplexación óptica de inserción y extracción de señales ópticas, mediante una técnica de multiplexado por división en las longitudes de onda (WDM).

ROADM es un sistema creado por QAMeleon, donde integra chips fotónicos de fosforo de indio dentro de circuitos impresos electroóptico polimérico, yuxtaponiendo la tecnología de cristal líquido sobre silicio. En la Figura 20 se ilustra un sistema Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexers (Li, Tang, Cheng, Cai, and Yang 2021).

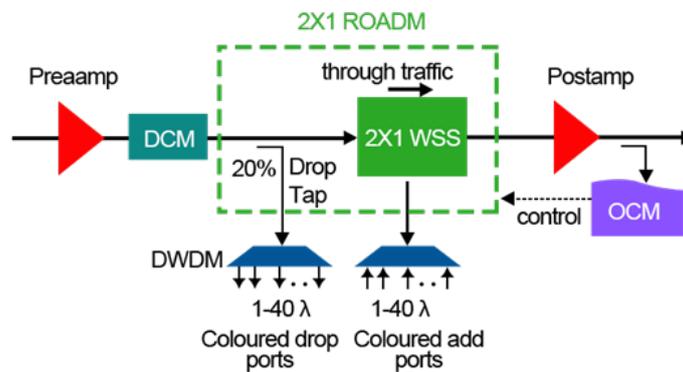


Figura 20: Estructura básica de un Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexers: ROADM (Ciena 2016).

Debido a que OADM ofrece una alta flexibilidad, una facilidad de actualización y ampliación, además un eficiente servicio de multiplexación de diferentes longitudes de onda de diversos sitios y de conexión cruzada (OXC), estos sistemas son muy demandados en las redes de área metropolitana (MAN), convirtiéndose en la plataforma ideal de transporte de servicios múltiples. En la FiguraNo.3.21 se muestra una MAN con sistemas OADM (Wang, Akinrintoyo, Kilper, and Chen 2022).

Con la utilización de los sistemas OADM se reduce el costo en la transmisión de altas capacidades ya que hace posible agregar o extraer libremente señales ópticas y además facilita simplificar la configuración de los componentes de los amplificadores ópticos mediante la reducción de la atenuación óptica de los canales exprés. Además, sus componentes son relativamente reducidos, permitiendo que la producción de sus dispositivos sea compacta, monolítica y rentable.



- Aguilar JS, Mondragón AA, Leyva JAL (2016). “Implementación de antenas ópticas para enlaces de comunicación cuántica empleando estados coherentes débiles en el espacio libre.” *Acta Universitaria*, **26**(3), 33–49. doi:10.15174/au.2016.883. URL <https://doi.org/10.15174/au.2016.883>.
- Arias Silva NA, *et al.* (2019). “Análisis de seguridad de vulnerabilidades y ataques presentados en 4 dispositivos de Internet de las cosas.”
- Bhasin K (2004). “Evolutionary Space Communications Architectures for Human/Robotic Exploration and Science Missions.” In *AIP Conference Proceedings*. AIP. doi:10.1063/1.1649654. URL <https://doi.org/10.1063/1.1649654>.
- Bordakevich SA, Kielbowicz A, López Grande IH, Larotonda MA (2017). “Módulo de conteo de fotones basado en fotodiodos de avalancha.” In *Anales (Asociación Física Argentina)*, volume 28, pp. 99–105. SciELO Argentina.
- Cachimuel Chiza BR, Rivadeneira Puetate LS (2019). *Implementación de una red DPSK-PON no coherente a 10GBITS/S para el análisis de la velocidad de transmisión de redes de nueva generación*. B.S. thesis.
- Camara M (2014). “La emergencia de las redes privadas 5G.” URL <https://www.comunicacionesinalambricashoy.com/la-emergencia-de-las-redes-privadas-5g/>.
- Carballo C (2019). “"VIII Simposio de Telecomunicaciones" Propuesta de comunicación óptica en el espacio libre (FSO) como tecnología complementaria en la red de ETECSA.” doi:10.13140/RG.2.2.12044.46726. URL <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.12044.46726>.
- Carrasco Casado A (2015). “Contribuciones a las comunicaciones ópticas en espacio libre: Utilización de telescopios Cherenkov como receptores y corrección de Beam Wander en comunicaciones cuánticas.”
- Castro A (2014). “Drones, láseres y satélites, el futuro de las conexiones a internet.” URL <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14111836>.
- Causado-Bulevas J, Gómez-Cardona N, González-Valencia E, Jessie D, Torres P (2011). “Aplicaciones de sensores basados en redes de Bragg en fibra óptica en estructuras civiles.” *Revista Colombiana de Física*, **43**(3), 877.
- Ciena (2016). “What is ROADM?” URL <https://www.ciena.com/insights/what-is/what-is-roadm.html>.
- Cordis (2016). “Cómo desarrollar una nueva generación de redes ópticas más rápidas, económicas y sostenibles.” Disponible en: <https://cordis.europa.eu/article/id/415799>.
- Documet Celis CA (2021). “Diseño de una red de acceso de tecnología 5G que posibilite el patrullaje mediante drones en el distrito de San Borja.”
- EcuRed (2023). “Espectro infrarrojo.” URL [https://www.ecured.cu/Espectro\\_infrarrojo](https://www.ecured.cu/Espectro_infrarrojo).
- El-Mottaleb SAA, Métwalli A, Hassib M, Alfikky AA, Fayed HA, Aly MH (2021). “SAC-OCDMA-FSO communication system under different weather conditions: performance enhancement.” *Optical and Quantum Electronics*, **53**(11). doi:10.1007/s11082-021-03269-0. URL <https://doi.org/10.1007/s11082-021-03269-0>.
- Excelitas (2023). “High-speed solid state detectors for low light level applications. C30902 and C30921 Series.” URL <https://www.tme.eu/Document/3fdc11e1f9be71bd7aa2edc111a60206/C30902EH.pdf>.

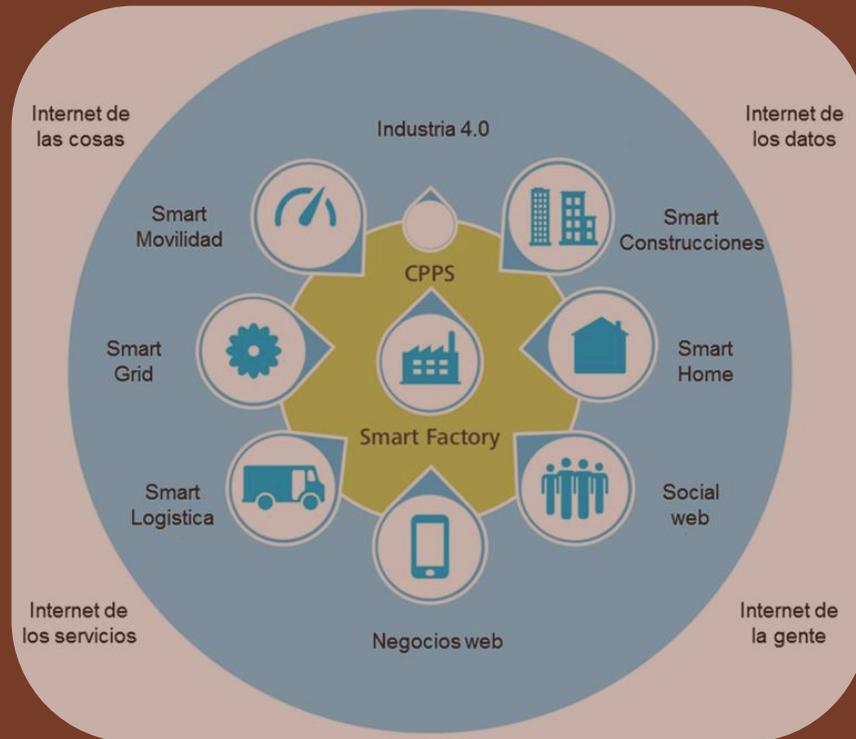
- Fernandez I (2023). “Comunicación láser: qué es, de dónde viene y por qué es el futuro de las redes.” URL <https://www.nobbot.com/comunicacion-laser/>.
- Fernández V (2021). “¿Podemos proteger nuestra información ante el todopoderoso ordenador cuántico?” URL <https://docplayer.es/78813169-Podemos-proteger-nuestra-informacion-ante-el-todopoderoso-ordenador/-cuantico-csic.html>.
- Fttxsolution (2019). “Interruptor de selecció de longitud d’ona (WSS) de comunicació de xarxa de fibra.” URL <http://m.ca.fttxsolution.com/info/fiber-network-communication-wavelength-selecti-34587649.html>.
- Gartner (2021). “Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021.” URL <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021>.
- Gisin N, Ribordy G, Tittel W, Zbinden H (2002). “Quantum cryptography.” *Reviews of Modern Physics*, **74**(1), 145–195. doi:10.1103/revmodphys.74.145. URL <https://doi.org/10.1103/revmodphys.74.145>.
- González CC (2017). “Propuesta de FSO como tecnología complementaria en la Red de ETECSA.” *Tono, Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA*, **14**(1), 30–37.
- González-Henao LF, Botero JP (2021). *Análisis de propuestas enfocadas en Smart Cities para el desarrollo sostenible en movilidad y energía del municipio de Rionegro enfocadas en los 3 pilares de la norma técnica Iso 14001: 2015*. Master’s thesis, Ingeniería.
- González C (2018). “El Bluetooth puede ayudar a identificar drones y su posición de vuelo.” URL <https://www.adslzone.net/2018/08/17/intel-open-drone-id-bluetooth/>.
- Hortúa Calderón CY, Tunarosa Mariño DM, *et al.* (2016). “Análisis del proceso de migración de sistemas ópticos monocanales a sistemas ópticos WDM con tasas de transferencia de 40 Gbps en Redes de Área Metropolitana en Anillo.”
- Huang D, Lin D, Wang C, Liu W, Fang S, Peng J, Huang P, Zeng G (2015). “Continuous-variable quantum key distribution with 1 Mbps secure key rate.” *Opt. Express*, **23**(13), 17511–17519. doi:10.1364/OE.23.017511. URL <https://opg.optica.org/oe/abstract.cfm?URI=oe-23-13-17511>.
- Leime Cajamarca EA, Romero Gualán JM (2023). *Estado del arte de las redes ópticas de acceso con baja latencia*. B.S. thesis.
- Li C, Tang J, Cheng C, Cai L, Yang M (2021). “FBG Arrays for Quasi-Distributed Sensing: A Review.” *Photonic Sensors*, **11**(1), 91–108. doi:10.1007/s13320-021-0615-8. URL <https://doi.org/10.1007/s13320-021-0615-8>.
- Liu F, Zhang L, Li F (2020). “Single-photon Counting System Based on a 4H-SiC Avalanche Photodiode.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **585**(1), 012156. doi:10.1088/1755-1315/585/1/012156. URL <https://doi.org/10.1088/1755-1315/585/1/012156>.
- Llewellyn D, Ding Y, Faruque II, Paesani S, Bacco D, Santagati R, Qian YJ, Li Y, Xiao YF, Huber M, Malik M, Sinclair GF, Zhou X, Rottwitt K, O’Brien JL, Rarity JG, Gong Q, Oxenlowe LK, Wang J, Thompson MG (2019). “Chip-to-chip quantum teleportation and multi-photon entanglement in silicon.” *Nature Physics*, **16**(2), 148–153. doi:10.1038/s41567-019-0727-x. URL <https://doi.org/10.1038/s41567-019-0727-x>.

- López J, García E, Mendieta F, Arvizu A, Gallion P (2011). “Simultaneous quadrature detection of suppressed-carrier weak-coherent-states using a homodyne optical Costas loop receiver.” In *Quantum Communications and Quantum Imaging IX*, volume 8163, pp. 107–115. SPIE.
- Mironov AE, Yu N, Park S, Tuggle M, Gragg J, Kucera C, Hawkins T, Ballato J, Eden JG, Dragic P (2020). “All optical fiber thermal vacuum gauge.” *Journal of Physics: Photonics*, **2**(1), 014006. doi:10.1088/2515-7647/ab60c5. URL <https://doi.org/10.1088/2515-7647/ab60c5>.
- Oñate I (2016). “Sensores de FBG e interrogadores.” URL <https://www.fibraoptica hoy.com/sensores-de-fbg/>.
- Qiao G, Song Q, Ma L, Sun Z, Zhang J (2020). “Channel prediction based temporal multiple sparse bayesian learning for channel estimation in fast time-varying underwater acoustic OFDM communications.” *Signal Processing*, **175**, 107668. doi:10.1016/j.sigpro.2020.107668. URL <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2020.107668>.
- Royo Royo S (2022). “Agenda estratégica de investigación e innovación de la fotónica en España.”
- Song S, Liu Y, Xu T, Guo L (2021). “Hybrid FSO/RF System Using Intelligent Power Control and Link Switching.” *IEEE Photonics Technology Letters*, **33**(18), 1018–1021. doi:10.1109/lpt.2021.3076467. URL <https://doi.org/10.1109/lpt.2021.3076467>.
- Tan L, Chen Y, Zhao L, Yu S, Kang D, Yang Q, Ma J (2019). “Optimal coupling condition analysis of free-space optical communication receiver based on few-mode fiber.” *Optical Fiber Technology*, **53**, 102004. doi:10.1016/j.yofte.2019.102004. URL <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2019.102004>.
- Telefe (2023). “Científicos lograron la teletransportación cuántica de dos chips.” URL <https://mitelefe.com/actualidad/sociedad/cientificos-lograron-la-teletransportacion-cuantica-de-dos-chips/>.
- Wang Z, Akinrintoyo E, Kilper D, Chen T (2022). “Optical Signal Spectrum Prediction Using Machine Learning and In-line Channel Monitors in a Multi-span ROADM System.” In *European Conference on Optical Communication (ECOC) 2022*, p. We3B.5. Optica Publishing Group. URL <https://opg.optica.org/abstract.cfm?URI=ECEOC-2022-We3B.5>.

### Filiación institucional:

Jaime Ramírez Artunduaga  
Fundación Universitaria Los Libertadores  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Ingeniería Electrónica  
Carrera 16 # 63A - 68, Bogotá, D.C., Colombia  
E-mail: [jramireza@libertadores.edu.co](mailto:jramireza@libertadores.edu.co)

# Revista Ciber-Sistemas



La Revista Ciber-Sistemas, es una publicación en formato electrónico que tiene el propósito de contribuir a la difusión de los profesionales de la Ingeniería. Se concibe como medio de presentación de artículos científico-técnicos. La revista publica resultados de investigación, tutoriales, casos de uso y notas de tendencias tecnológicas, en temáticas propias de la ingeniería.

Los Ciber-Sistemas integran sistemas ciber-físicos como mecanismos de control y monitoreo, en donde la algoritmia se estrecha con la computación y el internet (Internet de las Cosas) operando en diferentes escalas espaciales y temporales. Los Ciber-Sistemas presentan un enfoque multidisciplinario, que fusiona la teoría de la cibernética, con la mecatrónica, la ciencia de diseño y sistemas en procesos industriales. El control local, centralizado y distribuido de los procesos es derivado a sistemas embebidos, por sus elementos computacionales y físicos. La revista agradece cualquier aporte que se quiera realizar en estas áreas o en áreas propias de la ingeniería.

