

# Proyecto Fin de Carrera

## Ingeniería de Telecomunicación

### Detección de anomalías en los registros de tráfico ofrecidos por IPFIX

Autor: Agustín Walabonso Lara Romero

Tutor: Rafael Estepa Alonso

**Dpto. de Ingeniería Telemática**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de Telecomunicación

# **Detección de anomalías en los registros de tráfico ofrecidos por IPFIX**

Autor:

Agustín Walabonso Lara Romero

Tutor:

Rafael Estepa Alonso

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Telemática  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2013



Trabajo Fin de Grado: Detección de anomalías en los registros de tráfico ofrecidos por IPFIX

Autor: Agustín Walabonso Lara Romero

Tutor: Rafael Estepa Alonso

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis profesores*

*A mis amigos*





# Agradecimientos

---

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Agustín y Maria Victoria por haberme permitido realizar mis estudios, formarme como persona y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

En segundo lugar, agradecer a todas las personas con las que paso mucho tiempo y siempre están conmigo, Manuel Ferrera, Andrés, Ismael, Juan, Curro, Juan Angel, Francisco, Lourdes. En definitiva, a todos mis compañeros de clase por haber estado tan unidos, siempre disponibles para ayudar al que lo necesitaba.

En tercer lugar, agradecer a toda mi familia, con especial cariño a mi abuela, por todo el gran apoyo que me han brindado.

Gracias también a Mónica Pérez por estar todos los días ayudándome en todo, dándome un gran apoyo y saber que siempre estás ahí para todo.

Gracias a todos mis profesores por toda la formación y conocimiento proporcionado a lo largo de mi etapa de estudiante.

No se me olvida agradecer a mis compañeros de Everis el haberme permitido trabajar con ellos y enseñarme tanto en mis prácticas de empresa ¡Espero que podamos volver a trabajar juntos!

También agradecer a mis grandes compañeros de Hapkido que somos una gran familia.

Por último y no menos importante, agradecer al departamento de telemática por haber conseguido motivarme y querer trabajar en el mundo de la telemática. En especial, agradecer a mi tutor de proyecto, Rafael Estepa, por ayudarme y permitirme llevar a cabo este proyecto, así como motivarme en el mundo de la ciberseguridad. Gracias por su asesoramiento y corrección.

*Agustín Walabonso Lara Romero*

*Sevilla, 2018*



# Resumen

---

El de la ciberseguridad es un campo que siempre está evolucionando. Esto hace que sea uno de los escenarios más complejos, pues los enfoques y paradigmas cambian continuamente.

Cada año se encuentran un gran número de vulnerabilidades nuevas en los diferentes sistemas, y es por ello por lo que constantemente se desarrollan técnicas y software que eliminan, bloquean ó identifican estas vulnerabilidades.

El objetivo de este documento es la investigación y desarrollo de técnicas de detección de comportamientos anómalos en el tráfico de red, así como la realización de pruebas que permitan valorar el funcionamiento de los mismos.



# Abstract

---

Cybersecurity is a constantly evolving field. That makes it particularly complex since its approaches and paradigms change frequently. Each year, a large number of new vulnerabilities across different systems is identified. To tackle these, new techniques and software are constantly being developed as to eliminate, block or identify these vulnerabilities. This document's objectives are to research on and develop techniques to identify anomalous behaviour in network traffic, as well as running performance tests allowing for the evaluation of their functioning.

<b>Agradecimientos</b>	<b>9</b>
<b>Resumen</b>	<b>11</b>
<b>Abstract</b>	<b>13</b>
<b>Índice</b>	<b>14</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>16</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>18</b>
<b>1 Introducción y objetivos</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Introducción</i>	1
1.2 <i>Motivación</i>	2
1.3 <i>Metodología de trabajo</i>	3
1.4 <i>Objetivos</i>	4
<b>2 Estado del arte</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Vulnerabilidades en la red.</i>	7
2.1.1 <i>Man In The Middle.</i>	8
2.1.2 <i>Denegación de servicios (DOS).</i>	8
2.1.3 <i>Ransomware.</i>	9
2.2 <i>Detección de anomalías en la red.</i>	10
2.2.1 <i>Redes neuronales.</i>	10
2.2.2 <i>R&amp;S®PACE 2.</i>	11
2.2.3 <i>Firewall de nivel de aplicación.</i>	12
2.2.4 <i>IDS/IPS.</i>	12
2.2.5 <i>Análisis y conclusiones.</i>	14
<b>3 Conceptos</b>	<b>17</b>
3.1 <i>IPFIX y Netflow.</i>	17
3.2 <i>DPI.</i>	18
3.3 <i>nDPI.</i>	19
3.4 <i>wireshark.</i>	20
3.5 <i>Integración de nDPI con wireshark.</i>	20
3.6 <i>Recolector nProbe.</i>	21
<b>4 Sistema</b>	<b>23</b>
4.1 <i>Aspectos generales del sistema.</i>	23
4.2 <i>Fase 1: Obtención del tráfico.</i>	24
4.3 <i>Fase 2: Exportación del tráfico en formato IPFIX.</i>	24
4.4 <i>Fase 3: Procesamiento de IPFIX.</i>	26
4.4.1 <i>Lenguaje de programación y librerías.</i>	26
4.4.2 <i>Diseño del sistema.</i>	27
4.4.3 <i>Cálculo de los indicadores.</i>	31
4.5 <i>Fase 4: Base de datos.</i>	33
4.5.1 <i>Diseño de la base de datos.</i>	33
<b>5 Pruebas y resultados</b>	<b>42</b>
5.1 <i>Apartado</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

<i>Tabla 1 Comparativa de diferentes DPI.</i>	15
<i>Tabla 2 Comparativa de los diferentes cortafuegos.</i>	16
<i>Tabla 3 Comparativa de diferentes IDS.</i>	16
<i>Tabla 4 Campos exportados con nProbe.</i>	25
<i>Tabla 5 Descripción de las opciones usadas en nProbe.</i>	25
<i>Tabla 6 Librerías utilizadas.</i>	26
<i>Tabla 7 Parámetros del fichero de configuración.</i>	29
<i>Tabla 8 Tratamiento de las direcciones IP del tráfico.</i>	29
<i>Tabla 9 Diferentes indicadores.</i>	30
<i>Tabla 10 Indicador de aplicaciones.</i>	35
<i>Tabla 11 Indicador de ICMP.</i>	36
<i>Tabla 12 Indicador Puertos destino.</i>	36
<i>Tabla 13 Indicador Puertos destino.</i>	37
<i>Tabla 14 Indicador relación de las diferentes ip.</i>	37
<i>Tabla 15 Número total de ip destinos.</i>	38
<i>Tabla 16 Número total de las diferentes aplicaciones.</i>	38
<i>Tabla 17 Tabla principal de indicadores.</i>	39
<i>Tabla 18 Logs.</i>	40





# ÍNDICE DE FIGURAS

---

<i>Figura 1-1 Supervisión de matrices de tráficos ofrecidos en las redes.</i>	1
<i>Figura 1-2 Funcionamiento de Netflow</i>	2
<i>Figura 1-3 Ubicación en el modelo de capas OSI.</i>	3
<i>Figura 1-4 Panel de waffle.io</i>	3
<i>Figura 2-1 Definición de riesgo en los sistemas de información.[1]</i>	7
<i>Figura 2-2 Ataque Man In The Middle</i>	8
<i>Figura 2-3 Ataque de denegación de Servicios</i>	9
<i>Figura 2-4 Ramsonware</i>	10
<i>Figura 2-5 Modelo de red neuronal</i>	11
<i>Figura 2-6 Diferentas etapas de procesamiento de un paquete en la librería R&amp;S®PACE 2 [9].</i>	11
<i>Figura 2-7 Concepto de Firewall de aplicación.</i>	12
<i>Figura 2-8 Arquitectura de IDS según la metodología.</i>	13
<i>Figura 2-9 Logo de Snort</i>	13
<i>Figura 2-10 Gráfico de las vulnerabilidades en los últimos 5 años.</i>	14
<i>Figura 2-11 Vulnerabilidades por tipo [16].</i>	15
<i>Figura 3-1 Información exportada a través de Netflow.[21]</i>	17
<i>Figura 3-2 Tráfico tunelado.</i>	18
<i>Figura 3-3 Identificación de patrones usando DPI.</i>	18
<i>Figura 3-4 Añadir protocolos en nDPI.</i>	19
<i>Figura 3-5 Ejemplo de algoritmo Aho-Corasick. [27]</i>	19
<i>Figura 3-6 Logo de wireshark.</i>	20
<i>Figura 3-7 Captura de paquetes con wirehsark y nDPI.</i>	20
<i>Figura 3-8 certificados SSL.</i>	21
<i>Figura 3-9 Uso de nProbe.</i>	21
<i>Figura 4-1 Esquema general del sistema.</i>	23
<i>Figura 4-2 Ejemplo de exportación con nProbe.</i>	24
<i>Figura 4-3 Ejecución nProbe.</i>	25
<i>Figura 4-4 Logo de Python [34].</i>	26
<i>Figura 4-5 Diseño del sistema.</i>	27
<i>Figura 4-6 Media móvil.</i>	31
<i>Figura 4-7 Forma de media exponencial móvil.</i>	32
<i>Figura 4-8 Diagrama funcional de la base de datos.</i>	34
<i>Figura 4-9 Tablas que componen la base da datos.</i>	34





# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

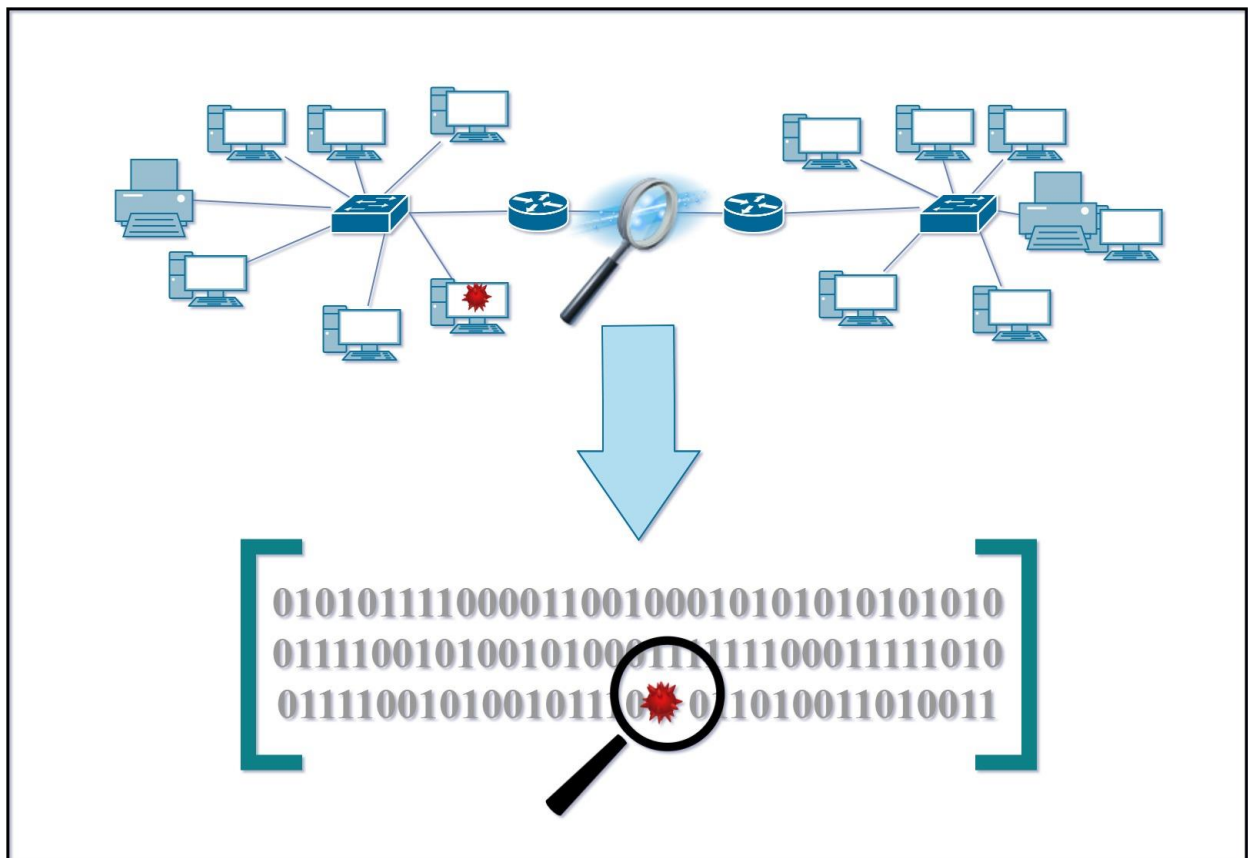
Creo que los virus informáticos deberían contar como vida. Creo que dice bastante sobre nosotros el hecho de que la única forma de vida que hemos logrado crear sea puramente destructiva. Hemos creado vida basada en nuestra imagen.

- Stephen Hawking-

## 1.1 Introducción

En una red se realizan múltiples conexiones, son en estas dónde podemos detectar diferentes intrusiones ó software anómalos. Es por ello por lo que se realizan técnicas de tratamientos matriciales del tráfico. Dichas técnicas ofrecen la posibilidad de realizar estudios matemáticos con el fin de poder detectar anomalías en la información cursante de las redes.

Debido al gran número de vulnerabilidades existentes en las diferentes redes, justifica la gran necesidad del desarrollo continuo de sistemas capaces de llevar a cabo trabajos de detección de las mismas.



*Figura 1-1 Supervisión de matrices de tráfico ofrecidos en las redes.*

Un usuario que hace uso de dispositivos conectados a la red realiza una serie de acciones cotidianas que

pueden ser clasificadas y guardadas como patrones de comportamiento. Sobre estos, pueden llevarse a cabo estudios y toma de decisiones para comprobar la existencia de anomalías.

Las técnicas de detección de anomalías se basan en la clasificación y estudio de patrones. Cuando se identifica un patrón que contiene valores que difieren de su modelo, el sistema lo detectará como anómalo por lo que, a posteriori, se realizará un trabajo de supervisión para comprobar si resulta ser un falso positivo o, por lo contrario, se trata realmente de la detección de una anomalía.

Cabe destacar que estos sistemas siempre suelen alertar de falsos positivos, por lo que es muy importante llevar a cabo un buen estudio previo sobre las condiciones a trabajar y así poder configurar e implantar un modelo acorde tanto a las necesidades como a la escalabilidad y el entorno sobre el que se desea operar.

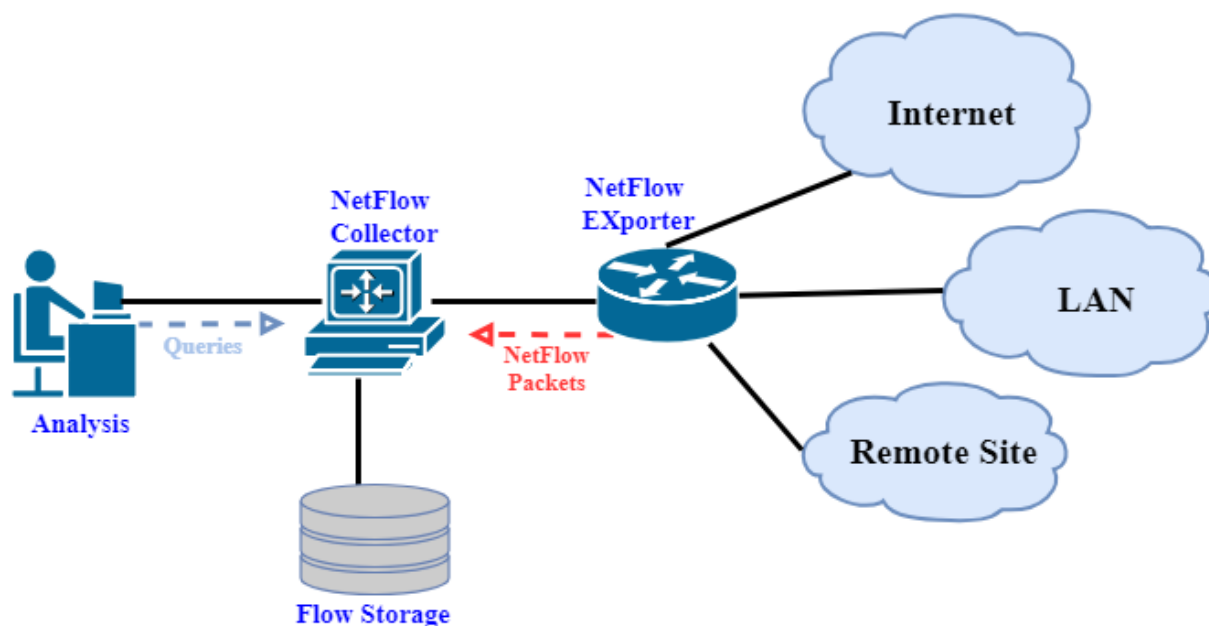
En una red de datos existe un intercambio continuo de flujos y en el presente trabajo se exponen modelos estadísticos así como la clasificación del flujo para la localización de anomalías.

## 1.2 Motivación

Para la detección de anomalías es necesaria la manipulación de una inmensa cantidad de información, de modo que para su procesamiento es necesario el uso de modelos estadísticos adecuados.

Resulta de gran interés realizar un estudio profundo de los paquetes que viajan por la red, pues esto permite obtener una información útil para ser estudiada y poder definir comportamientos habituales.

En la actualidad existen colectores netflow que recogen la información que viaja por la red. NetFlow es un protocolo de red diseñado para recolectar la información sobre tráfico IP, la cual hace posible la monitorización de las redes.



*Figura 1-2 Funcionamiento de Netflow*

Debido a las vulnerabilidades existentes en la red, mucho del tráfico cursado se encuentra cifrado. Por ejemplo, un usuario hace uso de una aplicación web que utiliza el protocolo HTTPS (Protocolo seguro de transferencia de hipertexto). Este es un protocolo de transferencia de datos de forma segura, es decir, el contenido que transporta se cifra, esto permite que si un atacante consiguiera hacerse con estos datos, dicho atacante, a priori, no podría interpretar la información substraída.



*Figura 1-3 Ubicación en el modelo de capas OSI.*

Debido a que el tráfico se transporta de forma cifrada se crea un gran interés de la realización de inspección profunda de paquetes, para poder identificar la aplicación que se encuentra detrás del tráfico cifrado.

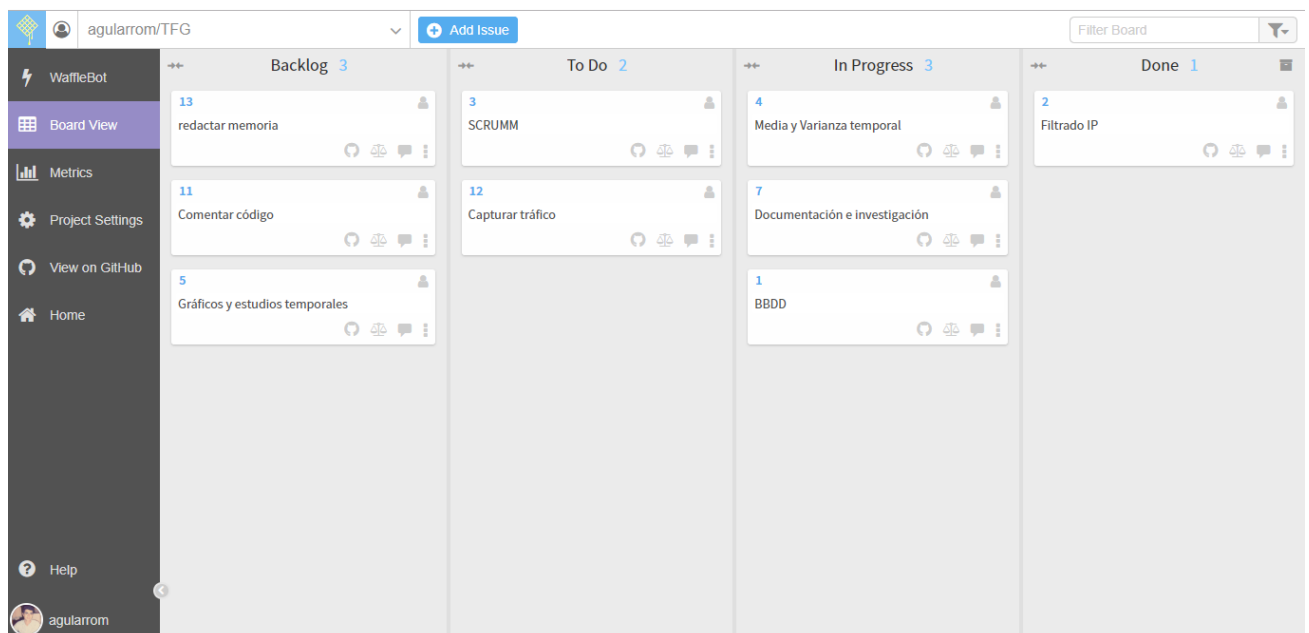
### 1.3 Metodología de trabajo

Para el desarrollo del presente trabajo se ha llevado a cabo la metodología de trabajo Scrum. En la cuál se recogen un conjunto de buenas practicas para trabajar y llevar a cabo la realización de un Proyecto.

Esta metodología de trabajo se basa en la división del proyecto en una lista de tareas pequeñas ordenadas por prioridad y puntos de esfuerzos. Estas pequeñas tareas pasan por distintas etapas hasta la finalización de las mismas.

También se ha optado por el uso de GitHub como repositorio del proyecto. Esto hace posible que se pueda llevar un buen control de versiones y cambios en el software desarrollado.

Para poder unificar GitHub y la metodología de trabajo se ha decidido trabajar con waffle. Esta es una herramienta de uso libre que permite la planificación de un proyecto así como la sincronización del mismo en GitHub.



*Figura 1-4 Panel de waffle.io*

## 1.4 Objetivos

El enfoque de este trabajo consiste en el desarrollo de un sistema autónomo basado en la investigación estadística para solventar los problemas de detecciones de anomalías en redes de datos.

Los objetivos específicos de este trabajo se categorizan en el siguiente orden:

- Análisis de las diferentes tecnologías similares existentes.
- Análisis de librerías de software libre que realicen inspección profunda de paquetes de red y permitan identificar aplicaciones en el flujo de red.
- Análisis de los diferentes recolectores de flujo de red.
- Análisis de modelos estadísticos para la clasificación y toma de decisiones.
- Pruebas y funcionamiento de librerías.
- Desarrollo de un sistema real y escalable que pueda ser usado como método de defensa, así como la posibilidad de poder ser implantado en cualquier lugar.
- Búsqueda y generación de dataset para ser usado como entrada al modelo.
- Planteamiento de un escenario real.
- Instalación y configuración del escenario.
- Pruebas experimentales.
- Análisis y validación de los datos obtenidos.
- Conclusiones y posibles líneas de mejora.







## 2 ESTADO DEL ARTE

---

Una vez un ordenador me venció jugando al ajedrez, pero no me opuso resistencia cuando pasamos al kick boxing

- Emo Philips -

Este capítulo recoge el estudio de diferentes detectores de anomalías en tráfico de red, así como una introducción de las vulnerabilidades existentes en las redes. Para finalizar, se recoge una conclusión sobre las diferentes tecnologías mencionadas y la dirección que llevan.

### 2.1 Vulnerabilidades en la red.

Es muy fácil confundir vulnerabilidad con amenaza. Una vulnerabilidad se define como el fallo en un sistema de información. Dicho fallo compromete la integridad del sistema. Mientras que por otro lado, una amenaza es aquella que aprovecha una vulnerabilidad para acceder a un sistema de información con fines maléficos.[1]

Según el instituto de ciberseguridad de España, el riesgo en un sistema de información se encuentra en la intersección de la existencia de una vulnerabilidad, una amenaza y el propio sistema.

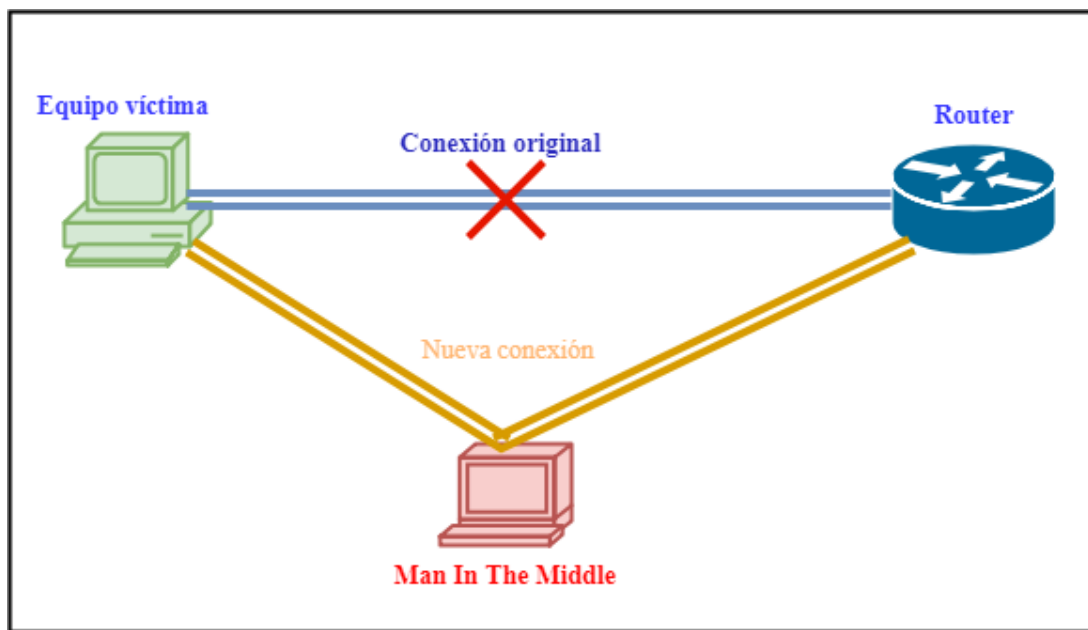


*Figura 2-1 Definición de riesgo en los sistemas de información.[1]*

En la red hay múltiples vulnerabilidades ya sea inalámbrica o cableada. A continuación se explican diferentes ataques posibles que pueden ser llevados a cabo a través de una persona o empresa con fines maléficos.

### 2.1.1 Man In The Middle.

Este ataque (hombre en el medio) es una técnica que permite situar al equipo atacante en medio de la comunicación del equipo de la víctima y el router. Esto hace que el atacante substraiga información de la víctima. Este tipo de ataque resulta muy eficaz cuando la información que se transmite no se encuentra cifrada, puesto que, en caso contrario el atacante tendría que realizar técnicas de descifrado para que la información substraída pueda ser legible. [2]



*Figura 2-2 Ataque Man In The Middle*

### 2.1.2 Denegación de servicios (DOS).

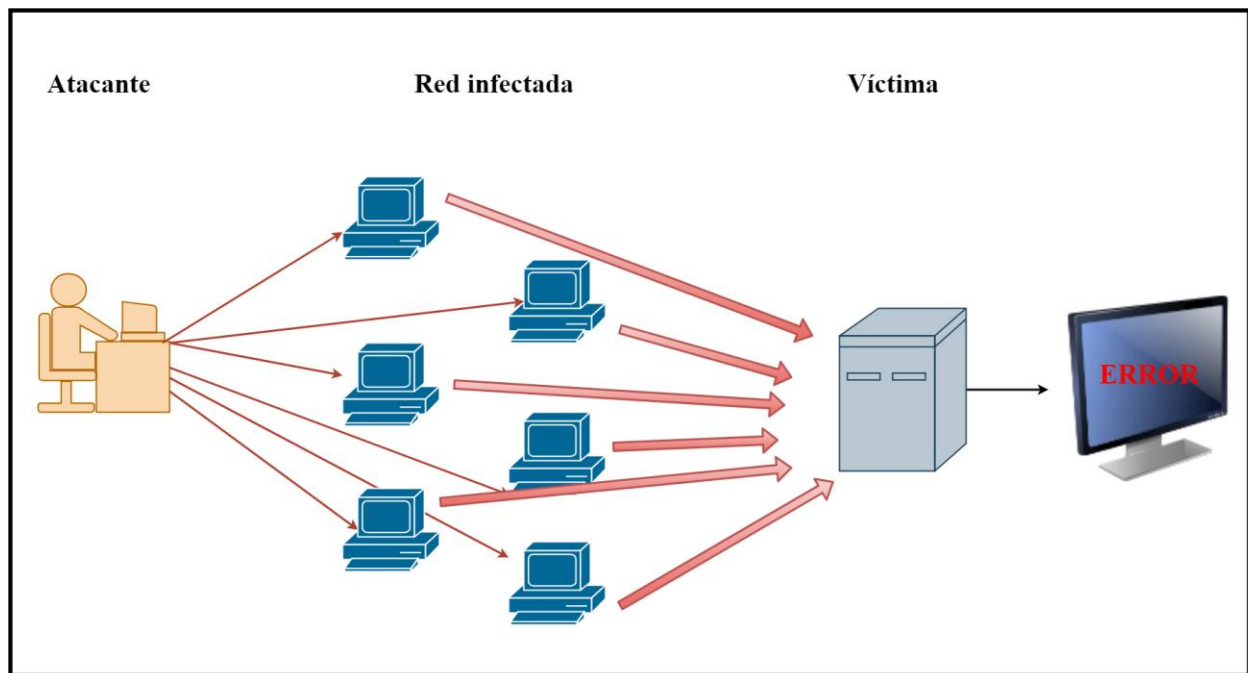
Este ataque es uno de los más conocido y extendido. Básicamente consiste en dejar inaccesible para los usuarios un servicio o recurso durante un cierto tiempo.

Este ataque suele ser usado como distracción para los administradores de la red y así poder realizar otro ataque más potente y con un claro objetivo.

Llama la atención que el 80% de la veces que se realiza este ataque resulta ser desde el interior de la red [3].

Un DOS típico, es la de dejar sin recursos a un servidor inundándolo a peticiones falsas con el fin de dejar inaccesible el servicio que ofrece.

Para conseguir que este ataque sea muy eficaz. Los atacantes suelen infectar una red de ordenadores para poder realizar un DOS masivo.



*Figura 2-3 Ataque de denegación de Servicios*

### 2.1.3 Ransomware.

Se clasifica este ataque como un malware capaz de acceder a documentos de la víctima con el fin de impedir el acceso a los mismos. El fin de este ataque es el de pedir un rescate por la recuperación de los documentos.

Una de las propiedades que tiene es la facilidad de propagación. Uno de los medios utilizados más habituales es el envío de correos maliciosos. [4]

El rescate siempre se exige en bitcoins, ya que es una criptomoneda que hace que sea difícil seguir el rastro de la transacción llevada a cabo.

Para que el ataque sea efectivo los hackers realizan mucha ingeniería social para aprovechar las brechas de seguridad.

A continuación se citan algunas de las diferentes técnicas realizadas para conseguir infectar con el malware Ransomware:

- Obtención de cuentas con privilegios de administrador.
- Envío de spam.
- Suplantación de identidad para descargar un archivo infectado.



*Figura 2-4 Ramsonware*

## **2.2 Detección de anomalías en la red.**

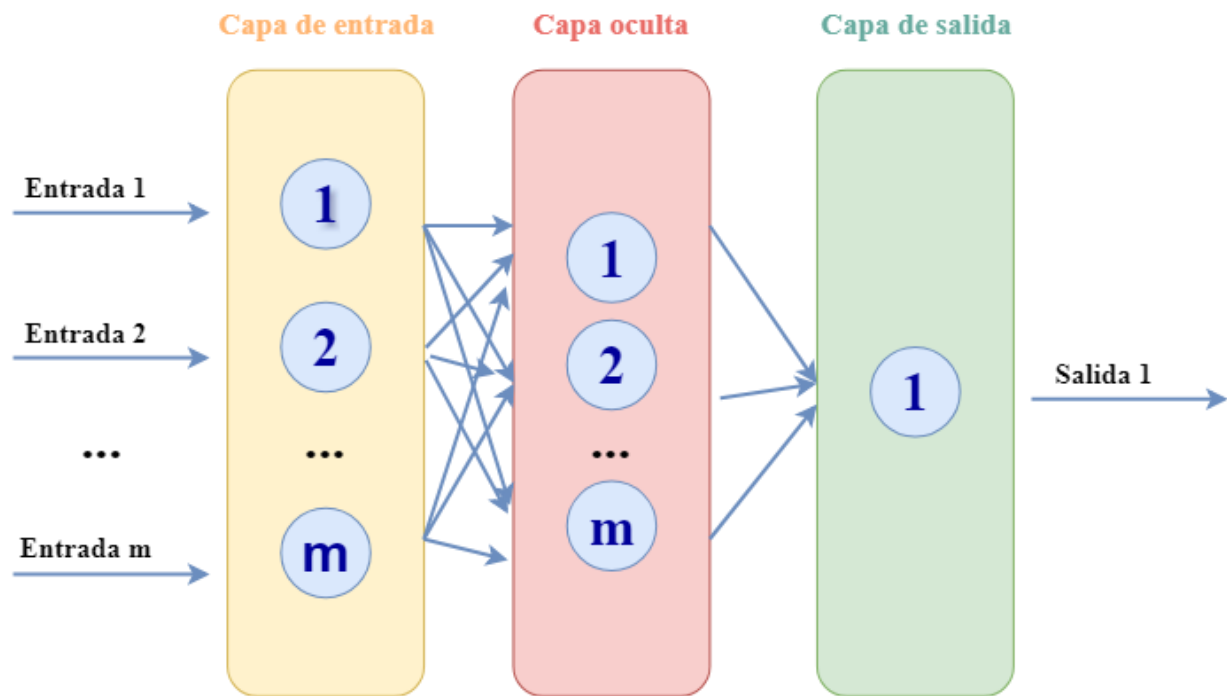
Actualmente existen numerosas aplicaciones, librerías y técnicas para lograr detectar anomalías en el tráfico circulante. Para llevar a cabo esta tarea es muy importante realizar modelos estadísticos de tráfico limpio. Debido a que un modelo incorrecto implica errores en la detección. Pudiendo causar un alto número de falsos positivos ó incluso la no detección de positivos. [5]

### **2.2.1 Redes neuronales.**

Los sistemas inteligentes cada vez sirven más de ayuda para dar solución a problemas cotidianos en todos los campos. Por ejemplo, en el mundo de la ciberseguridad son muy importantes para la detección de anomalías. Actualmente existen trabajos que hacen uso de redes neuronales para la predicción del tráfico [6], [7]. Esta labor se consigue a través del entrenamiento de un modelo neuronal del tráfico circulante en una red.

Estos sistemas contienen son formados por neuronas divididas en tres capas [8]:

- Una primera capa de entrada que introduce los patrones al sistema.
- Una segunda capa denominada como ‘capas ocultas’ que son formadas por neuronas interconectadas entre sí formando multicapas.
- Por último una tercera capa constituida por los valores de salidas del sistema.



*Figura 2-5 Modelo de red neuronal*

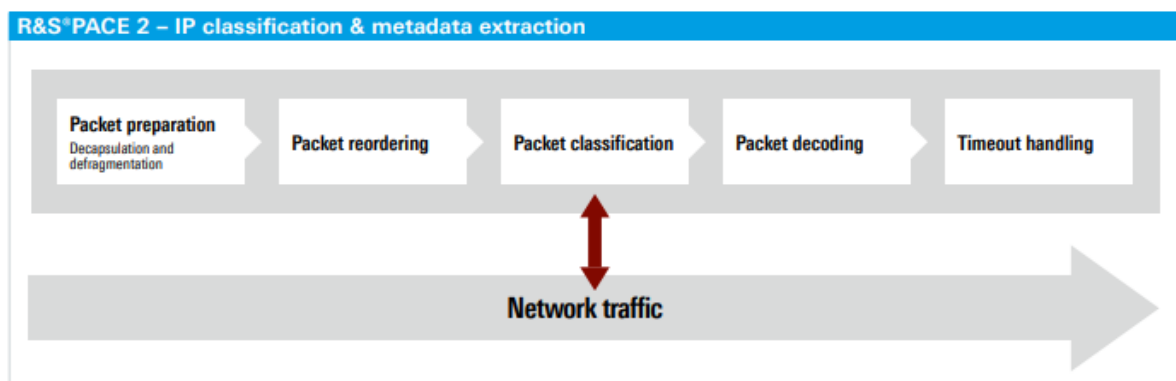
### 2.2.2 R&S@PACE 2.

PACE es una librería software capaz de detectar múltiples aplicaciones y protocolos de red haciendo uso de diferentes técnicas de detección: [9]

- Inspección profunda de paquetes.
- Análisis de comportamiento heurístico y estadístico.

Esta librería es capaz de detectar aplicaciones y extraer metadatos de tráfico cifrado. Para conseguir todo esto, el software realiza los siguientes pasos:

1. Preparación de los paquetes.
2. Reordenación de los paquetes.
3. Clasificación de paquetes.
4. Decodificación.
5. Tiempo de espera de manejo.



*Figura 2-6 Diferentes etapas de procesamiento de un paquete en la librería R&S@PACE 2 [9].*

Gracias al uso de diferentes técnicas de detección, esta librería consigue minimizar falsos positivos y negativos en la detección. Después de las pruebas realizadas por parte de la empresa del software, la marca afirma la identificación del 95% del tráfico circulante en la red. [9]

### 2.2.3 Firewall de nivel de aplicación.

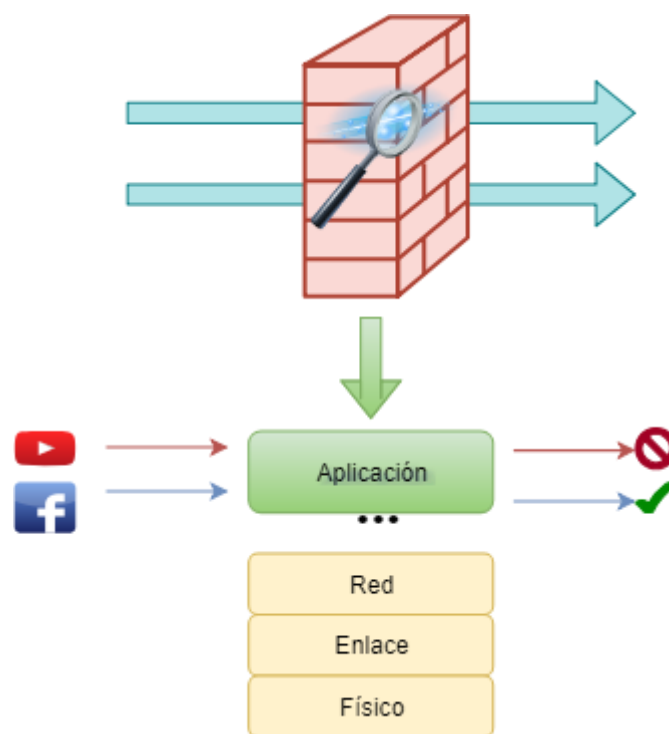
Los firewall han evolucionado mucho en los últimos años y ya son capaces de actuar en la capa de aplicación del modelo OSI. Este tipo de firewall evalúa la capa de aplicación en los paquetes antes de permitir una conexión, también realiza un seguimiento de las conexiones así como la secuencia, con lo cual se consigue permitir tener un buen control de las conexiones e imponer un impedimento a las aplicaciones no deseadas.

Estos tipos de cortafuegos son conocidos como Proxy Firewall ya que son capaces de examinar y evaluar contraseñas, así como solicitudes de servicios que se encuentran en los datos de la capa de aplicación. Aplican por ejemplo reglas de segmentación en protocolos tales como HTTP, FTP, Telnet, etc.

También existe una variante de estos cortafuegos, denominados como firewall DPI. Estos son los más sofisticados. Pueden llegar a filtrar tipos de archivos específicos como XML ó SOAP.[10]

Aunque un firewall de aplicación proporciona bastante seguridad frente a un firewall clásico de filtrado de paquetes, el firewall de aplicación es más lento debido a que el procesamiento de los datos en el nivel de aplicación resulta ser más costoso. Esto provoca una escasa escalabilidad. [11]

ConfigServer Security Firewall (CSF) sería un ejemplo de firewall de nivel de aplicación.



*Figura 2-7 Concepto de Firewall de aplicación.*

### 2.2.4 IDS/IPS.

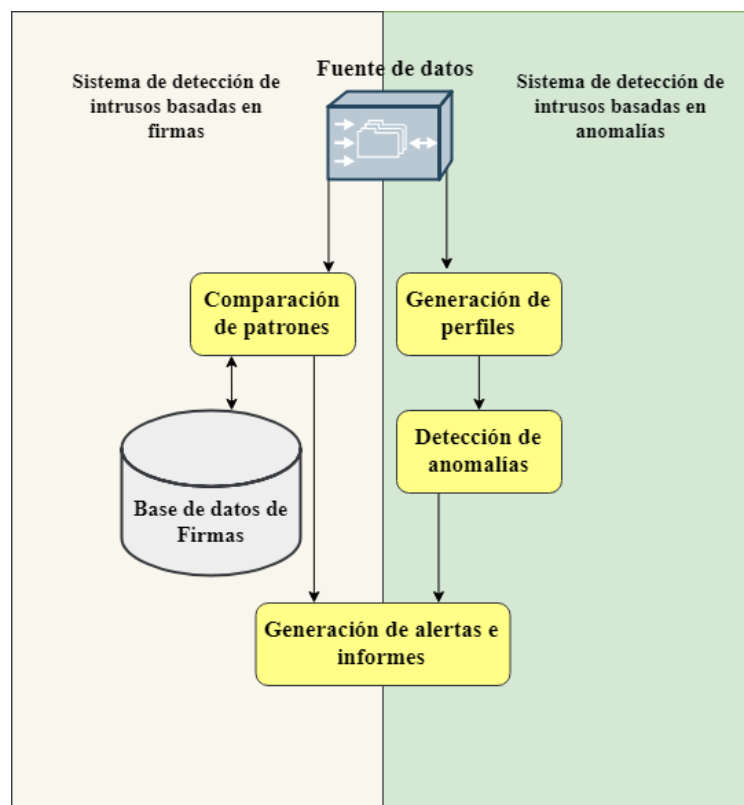
La mayoría de las empresas u organizaciones desean prevenir intrusiones en su red. Los cortafuegos evitan ataques con procedencia del exterior, pero cada vez son más frecuentes ataques desde el interior de la red. Es por ello por lo que es tan importante la implantación de un sistema de detección de intrusos (IDS). Así como un sistema de prevención de intrusos (IPS) que una vez detecta y aprende un ataque, lo bloquea y genera



documentación del mismo.

Los IDS detectan ataques aplicando diferentes metodologías [12], [13]:

- Basado en firmas:
  - Realizan comparaciones de ataques con una base de datos de reglas ó firmas.
  - Posee limitaciones a la hora de la detección de nuevos ataques.
  - Generación de logs.
- Basado en anomalías:
  - Emplea un algoritmo de aprendizaje.
  - Posibilidad de detectar nuevos ataques con una probabilidad de acierto.
  - Generación de logs.



*Figura 2-8 Arquitectura de IDS según la metodología.*

Snort es un ejemplo claro de IDS que podemos encontrar en la actualidad. Tiene un motor de búsqueda y su metodología es basada en el análisis de firmas. Inspecciona el tráfico de red y permite la generación de alarmas. [14]



*Figura 2-9 Logo de Snort*

Snort funciona bajo licencia GPL, es decir, se trata de software libre. Contiene la característica de ser

multiplataforma, puesto que es posible ser ejecutado en Windows y UNIX/Linux. Así mismo, Snort lleva por defecto tanto reglas como patrones de vulnerabilidades y ataques ya conocidos e identificados.

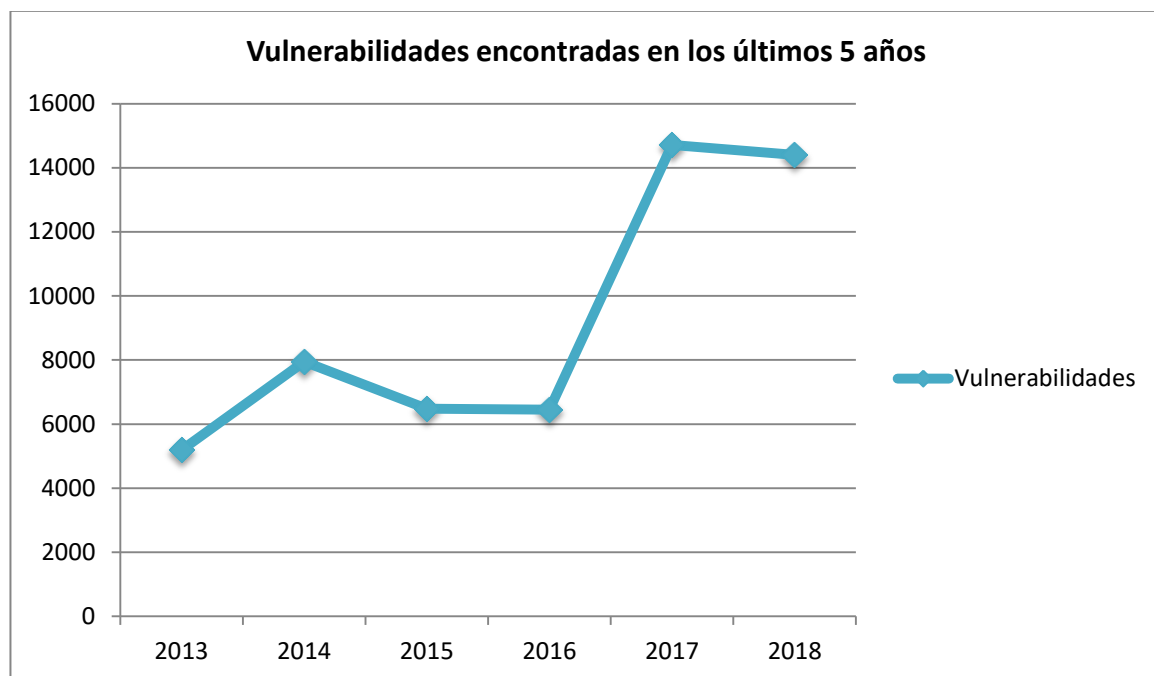
### 2.2.5 Análisis y conclusiones.

Según los datos obtenidos por CVE Details [15] podemos observar un aumento de las vulnerabilidades encontradas en los últimos 5 años. Resulta interesante observar el gran aumento de vulnerabilidades que hubo en el año 2017 respecto al año anterior.

Cabe señalar que a pesar de una pequeña minoría de vulnerabilidades en el año actual a la redacción del presente documento (2018) respecto al año 2017, aún sigue existiendo bastantes. Esto se debe al gran aumento de los diferentes dispositivos y tecnologías existentes en el mercado actual, los cuales hacen que sea de mayor envergadura el abanico de opciones para la localización y clasificación de nuevas vulnerabilidades.

Analizando estos datos cabe destacar la gran importancia de la investigación y desarrollo de nuevos sistemas para mitigar dichas brechas de seguridad. Por ello, existen un gran número de organizaciones en los diferentes sectores tanto públicos como privados trabajando e investigando en el desarrollo de nuevas técnicas para la detección y mitigación de las nuevas vulnerabilidades.

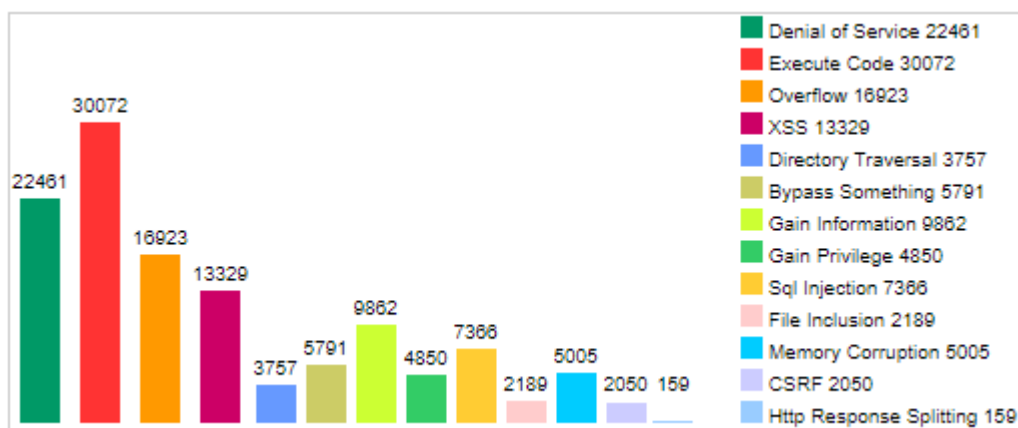
En el siguiente gráfico se muestra una evolución temporal de las vulnerabilidades en los últimos 5 años.



*Figura 2-10 Gráfico de las vulnerabilidades en los últimos 5 años.*

Según CVE Details [16] existen 13 tipos de vulnerabilidades, donde las más comunes son las de denegaciones de servicios ó la ejecución de código malicioso.

Debido a la gran variedad de vulnerabilidades, es muy importante el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de detectar aplicaciones y datos no deseados.



**Figura 2-11 Vulnerabilidades por tipo** [16].

Después de la documentación y análisis de diferentes librerías de software para la detección de aplicaciones en tráfico de red. Se puede garantizar que nDPI puede ser la mejor opción. Existe un artículo [17] donde se discuten las diferentes librerías existentes y se puede observar como nDPI resulta ser la mejor, puesto que es una librería de software libre y aún que a priori no es la librería que más aplicaciones puede detectar, se puede configurar como se desee para poder identificar protocolos y aplicaciones nuevas.

Existe una librería comercial llamada PACE que detecta numerosas aplicaciones. Tanto nDPI como PACE se basan en una antigua librería llamada OpenDPI.

Es cierto que en sus orígenes nDPI tenía números falsos positivos, pero tanto en las actualizaciones como en el desarrollo nuevas versiones esta eficiencia ha sido mejorada considerablemente.

A continuación se puede observar una comparativa de las librerías más famosas usadas en la actualidad.

Nombre	Versión	Aplicaciones	Software Libre
<b>PACE</b>	2	2800	NO
<b>nDPI</b>	2.4	185	SI
<b>L7-Filter</b> [18]	(May 2009)	110	SI
<b>NBAR2</b> [19]	(Jun 2013)	~1000	NO

**Tabla 1 Comparativa de diferentes DPI.**

Como se ha mencionado anteriormente los cortafuegos han sufrido un gran cambio en los últimos años, debido a esto resulta de gran interés realizar un análisis y comparativa de los diferentes enfoques que puede tener un firewall.

En la siguiente tabla se puede observar una comparativa de los mismos.

Funcionalidad	Firewall clásico	Firewall stateful	Firewall Aplicación	Firewall DPI
<b>Reglas básicas</b>	SI	SI	SI	SI

<b>Reglas con relación entre paquetes</b>	NO	SI	SI	SI
<b>Reglas de aplicación</b>	NO	NO	SI	SI
<b>Eventos y logs</b>	SI	SI	SI	SI

*Tabla 2 Comparativa de los diferentes cortafuegos.*

Para finalizar se ha realizado un estudio de dos software muy usados en la actualidad para la implementación de sistemas de detección de intrusos (IDS). Cabe destacar que ambos poseen características muy similares.

Tanto Snort como Suricata pueden implementarse para ser sistemas de prevención de intrusos (IPS) y poder cortar ataques en tiempo real.

A continuación se muestra una comparativa de los softwares mencionados.

<b>Nombre</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Software libre</b>	<b>Registro de eventos</b>	<b>Detección de aplicaciones</b>	<b>Versión</b>	<b>Multihilo</b>
<b>Snort</b>	Basado en firmas	SI	SI	SI	2.9.12	NO
<b>Suricata</b>	Basado en firmas	SI	SI	SI	4.0.5	SI

*Tabla 3 Comparativa de diferentes IDS.*

## 3 CONCEPTOS

You see, wire telegraph is a kind of a very, very long cat. You pull his tail in New York and his head is meowing in Los Angeles. Do you understand this? And radio operates exactly the same way: you send signals here, they receive them there. The only difference is that there is no cat.

- Albert Einstein-

En la investigación llevada a cabo se han visto involucradas diferentes tecnologías y mecanismos. Es por ello que en este capítulo se tratan los conceptos y metodologías empleadas para el desarrollo del proyecto.

### 3.1 IPFIX y Netflow.

IPFIX proviene de las siglas en inglés *IP Flow Information Export* [20], el cuál especifica un mecanismo estándar de exportación de datos sobre el flujo de red, tanto en conmutadores como en routers.

Se puede definir como flujo de red un conjunto de paquetes IP pertenecientes a una misma conexión.

La compañía CISCO Systems desarrolló en 1996 una tecnología con el fin de mejorar el encamienamiento de los routers. Esta tecnología denominada Netflow, se basa en la identificación de los flujos establecidos entre distintos dispositivos para así poder agilizar el encaminamiento de paquetes IP. [21]

Un flujo de datos se caracteriza por la combinación de diversos atributos en un intervalo de tiempo. Estos atributos suelen ser direcciones, puertos, protocolo identificado, servicio, así como la interfaz de entrada.

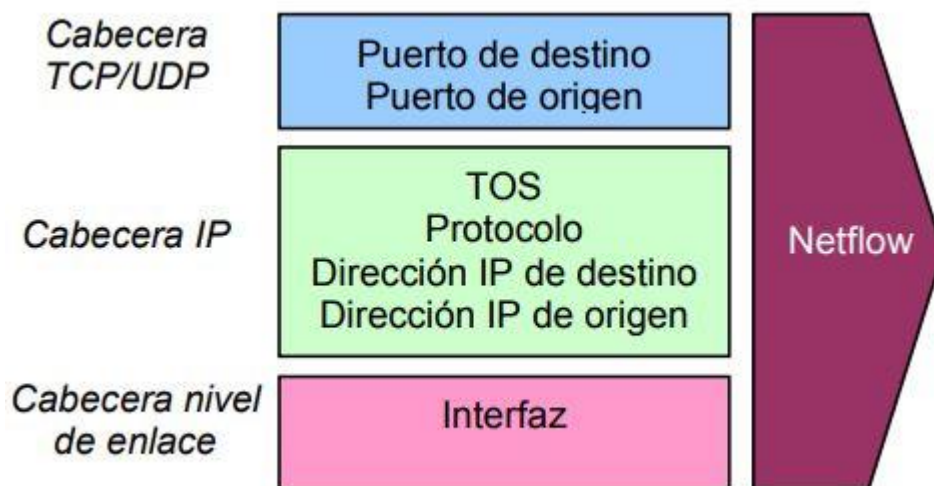


Figura 3-1 Información exportada a través de Netflow.[21]

Cuando un router identifica un nuevo flujo, Netflow lo guarda junto a la interfaz de salida asociada al flujo, esto hace que no sea necesario realizar consultas de encaminamiento para paquetes posteriores correspondientes al flujo. Consiguiendo disminuir el coste computacional que implica las consultas a las tablas de encaminamiento.

Una gran ventaja que provee esta característica, es la posibilidad de poder realizar mediciones y caracterizaciones del tráfico cursante en tiempo real.

Netflow es usado comumente para realizar análisis de la calidad del servicio a través de definiciones de métricas.

### 3.2 DPI.

Las primeras técnicas usadas para la identificación y clasificación de flujos de red estaban basadas en su mayoría, en el uso de puertos conocidos.[22] Es decir, se analizaban los encabezados de los paquetes para identificar un servicio en base al puerto. Por ejemplo, si llegaba tráfico asociado al puerto 80, dicho tráfico sería clasificado e identificado como HTTP. Este comportamiento presenta debilidades debido a que es impreciso. El tráfico cursante podría ir tunelado [23] consiguiendo así evitar reglas de un firewall.

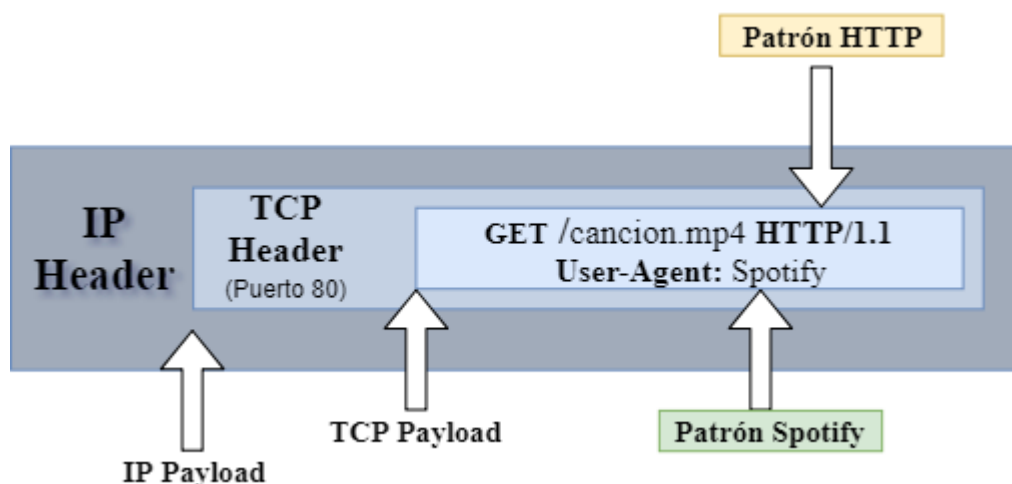


*Figura 3-2 Tráfico tunelado.*

Según un artículo [22] menos del 30% del tráfico es clasificado correctamente haciendo uso de identificación basada en puertos. Debido a esto, los sistemas han reemplazado la metodología basada en puertos por la inspección profunda de paquetes, consiguiendo así un gran aumento en la precisión.

DPI consigue analizar la carga útil de un paquete y encontrar patrones que se identifiquen con un servicio.

Cabe destacar, que este tratamiento puede llegar a ser muy costoso, por lo que los patrones son identificados por expresiones regulares, ya que así se consigue disminuir el coste computacional.



*Figura 3-3 Identificación de patrones usando DPI.*

Con este tratamiento los ISP [24] pueden proporcionar calidad de servicio a una aplicación en concreto, ó realizar cobros según el servicio que se esté utilizando.

### 3.3 nDPI.

Como ya se mencionó anteriormente nDPI es una librería capaz de realizar inspección profunda de paquetes, programada en **lenguaje C**.

Esta librería es multiplataforma, puesto que puede ser usada tanto en UNIX como en Windows.

Aunque por defecto es capaz de detectar numerosas aplicaciones, es muy fácil añadir nuevos servicios que no se puedan identificar a priori.

Consultando el manual [25] podemos observar un ejemplo de como añadir nuevos protocolos para que sean identificados en el flujo de red.

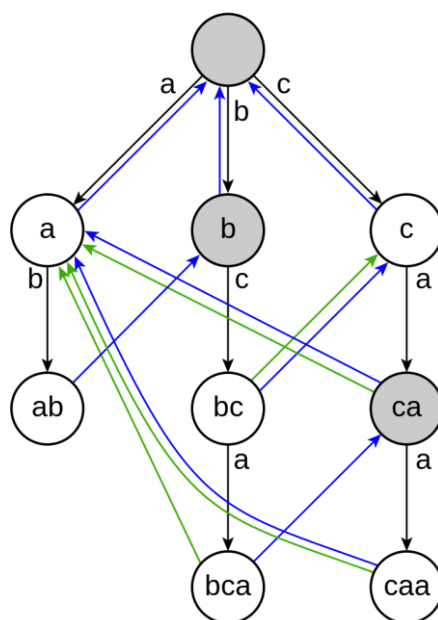
```
# Subprotocols
# Format:
# host:"<value>",host:"<value>",.....@<subproto>
host:"googlesyndication.com"@Google
host:"venere.com"@Veneer
```

*Figura 3-4 Añadir protocolos en nDPI.*

Debido a que actualmente la mayoría de las conexiones se encuentran cifradas, nDPI contiene un decodificador SSL [26], el cual es capaz de extraer el nombre del host del certificado perteneciente al servidor. Esta información se añade a los metadatos del flujo de red, consiguiendo así ser identificado.

La librería nDPI implementa el algoritmo de **Aho-Corasick** para encontrar patrones dentro de un texto. Con el fin de ser eficiente a la hora de analizar la carga útil de los paquetes circulantes en la red.

Este algoritmo implementa un autómata similar a una estructura de datos de tipo árbol. A continuación se muestra un ejemplo del algoritmo cuando los patrones son:  $\{a, ab, bc, bca, c, caa\}$



*Figura 3-5 Ejemplo de algoritmo Aho-Corasick. [27]*

La característica más interesante que posee este algoritmo, resulta ser la capacidad de poder bucar patrones de forma simultánea.

Esta implementación es usada mucho en el mundo de la ciberseguridad, como es por ejemplo para las bases de datos de virus.

### 3.4 wireshark.

Wireshark es un software usado para analizar protocolos y pasos de mensajes. Esta aplicación permite capturar todos los paquetes de una red con el fin de poder identificar problemas de configuración en las redes de comunicación.



*Figura 3-6 Logo de wireshark.*

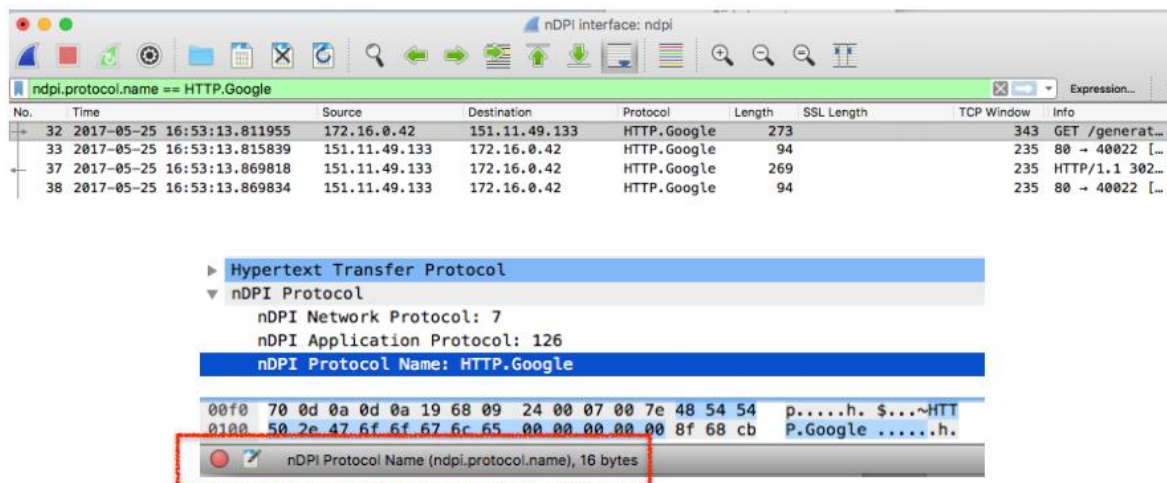
Esta aplicación ha tenido gran importancia en el estudio realizado, puesto que ha sido utilizada para capturar el tráfico que será usado como entrada al sistema desarrollado.

### 3.5 Integración de nDPI con wireshark.

Wireshark posee la posibilidad de ser integrada junto con la librería nDPI en los sistemas UNIX. Esta nueva funcionalidad fue presentada en el SharkFest de 2017 [28]. Y permite la identificación de las aplicaciones en los paquetes capturados.

Para hacer esto posible, es necesario descargar de github los ficheros *ndpiReader.c* junto a *ndpi.lua*.

A continuación se muestra un ejemplo donde se ha capturado tráfico de **Google** y se puede comprobar cómo se ha añadido la información en el campo protocolo. Además, también se puede realizar filtros para mostrar sólo cierta aplicación. Un ejemplo sería: ***ndpi.protocol.name == HTTP.Google***



*Figura 3-7 Captura de paquetes con wireshark y nDPI.*

Una de las ventajas de poder capturar identificando las aplicaciones, es la de poder capturar sólo los paquetes de ciertas aplicaciones. Esto permite una mejora en la capacidad de respuesta de wireshark reduciendo el uso de recursos.

Este plugin también es capaz de llevar a cabo un seguimiento de los certificados del servidor, así como el conteo de números de conexiones SSL por certificado.



SSL Server	# Flows
api.smoot.apple.com	119 [12.2 % %]
p26-keyvalueservice.icloud.com	102 [10.5 % %]
mail.ntop.org	52 [5.3 % %]
github.com	42 [4.3 % %]
webmail.rcslab.it	29 [3 % %]
p26-bookmarks.icloud.com	26 [2.7 % %]
p26-ckdatabase.icloud.com	19 [2 % %]
configuration.apple.com	19 [2 % %]
mail.iit.cnr.it	16 [1.6 % %]
avatars1.githubusercontent.com	15 [1.5 % %]
mabrek.shinyapps.io	15 [1.5 % %]
clients1.google.com	14 [1.4 % %]
p05-bookmarks.icloud.com	14 [1.4 % %]
notify1.dropbox.com	12 [1.2 % %]
avatars3.githubusercontent.com	12 [1.2 % %]
p26-caldav.icloud.com	12 [1.2 % %]
live.github.com	12 [1.2 % %]
api.github.com	11 [1.1 % %]
avatars2.githubusercontent.com	11 [1.1 % %]
platform.twitter.com	11 [1.1 % %]
avatars0.githubusercontent.com	10 [1 % %]
imaps.pec.aruba.it	10 [1 % %]
www.google.com	9 [< 1 % %]
shop.ntop.org	9 [< 1 % %]
referrer.disqus.com	9 [< 1 % %]
portal.barcelonawifi.cat	9 [< 1 % %]
gspe1-ssl.ls.apple.com	8 [< 1 % %]
dl-debug.dropbox.com	8 [< 1 % %]
www.facebook.com	8 [< 1 % %]
p06-calendars.icloud.com	8 [< 1 % %]
apis.google.com	8 [< 1 % %]
it.wikipedia.org	8 [< 1 % %]
cdn.evbstatic.com	8 [< 1 % %]

Figura 3-8 certificados SSL.

### 3.6 Recolector nProbe.

nProbe es una sonda NetFlow v5/v9 IPFIX que recompila, analiza y exporta información del tráfico de red. Este software posee muchas funcionalidades, pero en el estudio llevado a cabo se ha usado para poder exportar los flujos del tráfico capturado en formato IPFIX. Se puede encontrar una gran información sobre este software en el manual [29].

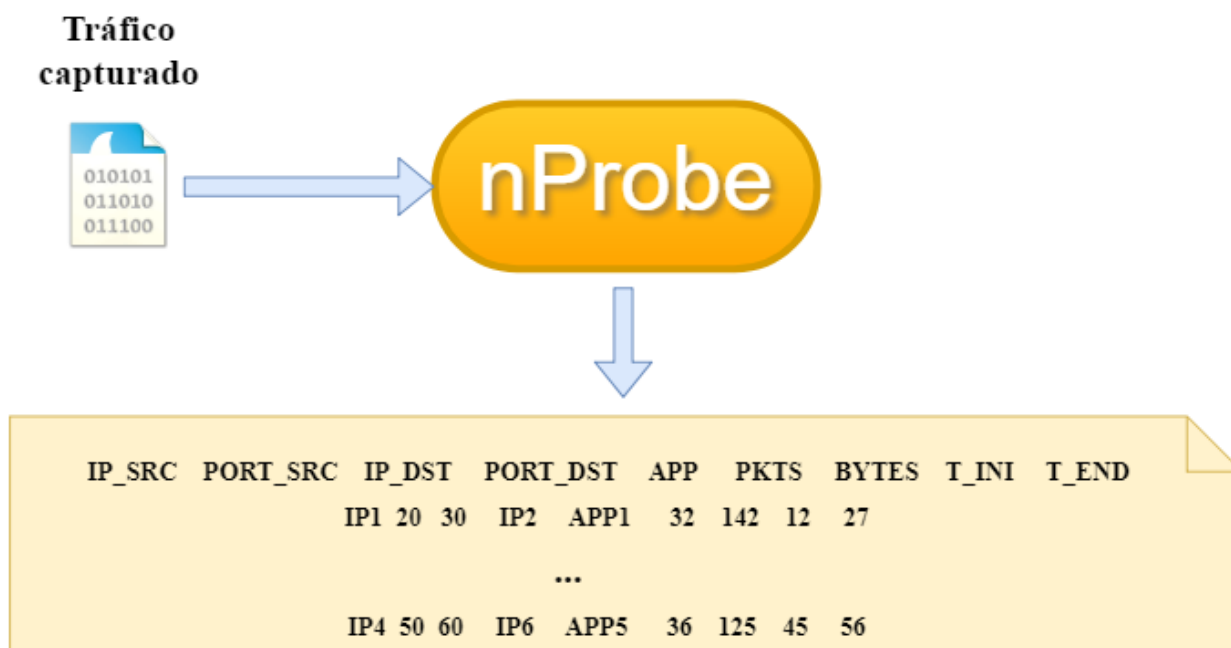


Figura 3-9 Uso de nProbe.

La gran ventaja del uso de nProbe es la posibilidad de exportar la información que desee. Además nProbe integra internamente la librería nDPI, por lo que se puede añadir la información de que aplicación corresponde al flujo.



## 4 SISTEMA

My work on free software is motivated by an idealistic goal: spreading freedom and cooperation. I want to encourage free software to spread, replacing proprietary software that forbids cooperation, and thus make our society better.

- Richard Stallman -

En este capítulo se verá el diseño del sistema desarrollado, las partes en las que se compone, así como las principales funcionalidades que posee. Cabe destacar que el sistema podría ser usado en casos reales debido a la implementación realizada.

### 4.1 Aspectos generales del sistema.

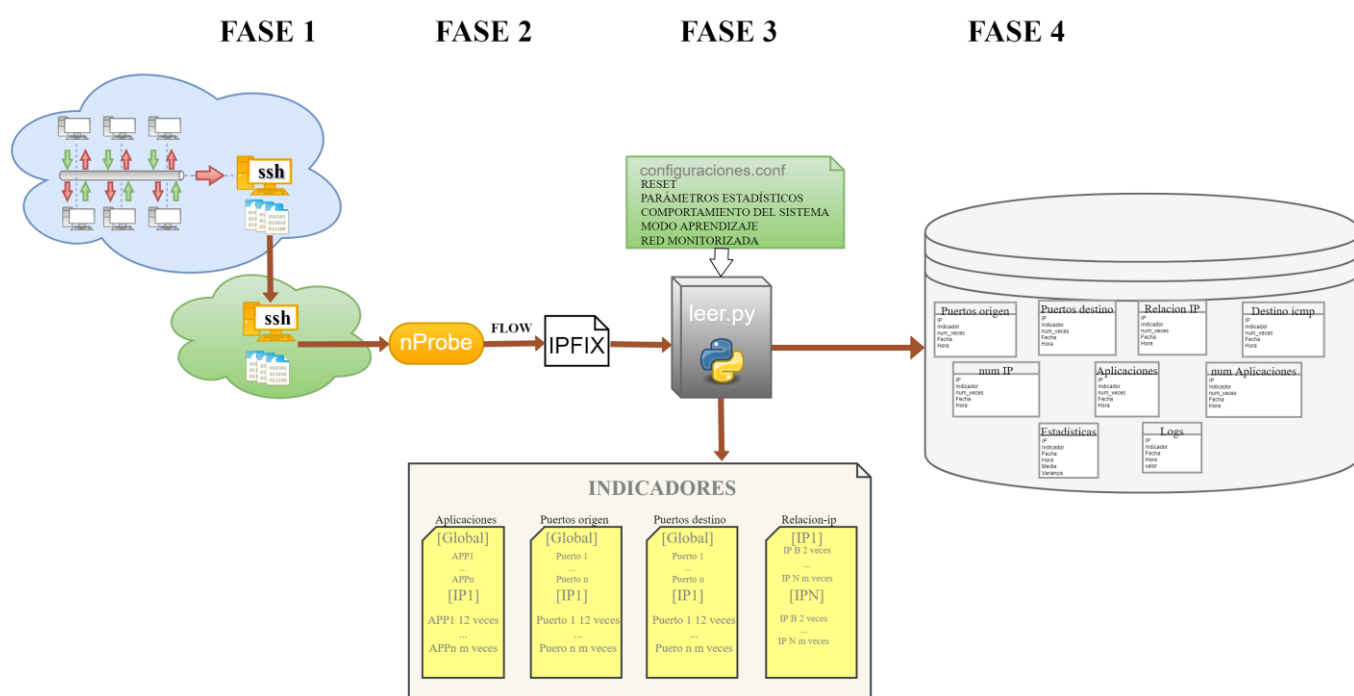


Figura 4-1 Esquema general del sistema.

Debido a la complejidad que posee el sistema desarrollado, para una mejor comprensión del mismo, este puede ser descompuesto en 4 fases:

- Una primera en la que se capturan los datos.
- Una segunda parte en la que se exporta la información en formato IPFIX.
- Una tercera encargada del procesamiento de todos los datos.
- Y por último la exportación final del tratamiento de los datos.

## 4.2 Fase 1: Obtención del tráfico.

Primero será necesario capturar todo el tráfico que circula en una red. Para ello se hace uso de tcpdump[30] en modo promiscuo.

Una vez capturados los paquetes estos son guardados en un archivo de tipo *pcap*.

El equipo encargado de realizar las capturas, guardará un archivo *pcap* por cada franja horaria, consiguiendo así realizar un sondeo de la red a cada hora.

Estos archivos son enviados a un segundo equipo ubicado en una red externa, puesto que si procesáramos la información en el mismo equipo, podríamos sobrecargarlo y no conseguir el fin deseado.

Es muy importante que para el envío de los archivos de capturas, se realice a través de un medio seguro como es por ejemplo SCP [31]. El cuál permite transferencias seguras de ficheros a través de SSH [32].

## 4.3 Fase 2: Exportación del tráfico en formato IPFIX.

Hasta ahora la información del tráfico circulante en la red se encuentra en bruto en archivos *PCAP*. En esta fase se usa como entrada a nProbe estos ficheros, con el fin de poder exportar la información en archivos *CSV* [33].

La información exportada representa las comunicaciones en la red a modo de flujos IP en formato IPFIX. A continuación se muestra un ejemplo:

```
IPV4_SRC_ADDR,L4_SRC_PORT,IPV4_DST_ADDR,L4_DST_PORT,L7_PROTO,L7_PROTO_NAME,IN_PKTS,IN_BYTES,FLOW_START_MILLISECONDS,FLOW_END_MILLISECONDS
91.228.166.150,443,192.168.0.26,2594,188,QUIC,5,637,1537728302979,1537728302979
192.168.0.26,2594,91.228.166.150,443,188,QUIC,8,3448,1537728302979,1537728302979
192.168.0.26,2595,91.228.166.150,443,91,SSL,16,3837,1537728302979,1537728302980
91.228.166.150,443,192.168.0.26,2595,91,SSL,10,4355,1537728302979,1537728302980
192.168.0.26,63337,239.255.255.250,1900,12,SSDP,129,21285,1537728302980,1537728303080
192.168.0.26,2596,91.228.166.150,443,91,SSL,16,4168,1537728302980,1537728302980
91.228.166.150,443,192.168.0.26,2596,91,SSL,11,4391,1537728302980,1537728302980
192.168.0.26,55478,172.217.16.238,443,188,QUIC,1,51,1537728302980,1537728302980
172.217.16.238,443,192.168.0.26,55478,188,QUIC,1,48,1537728302980,1537728302980
192.168.0.26,1837,92.122.188.120,443,188,QUIC,5874,392245,1537728302980,1537728303080
92.122.188.120,443,192.168.0.26,1837,188,QUIC,24710,36184858,1537728302980,1537728303080
192.168.0.26,2515,35.186.224.53,443,188,QUIC,5,203,1537728302980,1537728303002
35.186.224.53,443,192.168.0.26,2515,188,QUIC,6,339,1537728302980,1537728303002
```

*Figura 4-2 Ejemplo de exportación con nProbe.*

A continuación se muestra una tabla donde se describe la información que se va a exportar:

Campo	Descripción
• IP origen	IP versión 4 que identifica al origen del flujo IP.
• IP destino	IP versión 4 que identifica al destino del flujo IP.
• Puerto origen	Puerto origen de capa 4 usado para el transporte del flujo.
• Puerto Destino	Puerto destino de capa 4 usado para el transporte del flujo.

• N° Aplicación	Número del identificador de la aplicación que ha sido encontrada en el tratamiento DPI.
• N° de paquetes	Cantidad de paquetes totales que corresponden al flujo.
• N° de Bytes	Cantidad de Bytes totales en el flujo.
• Instante inicial	Tiempo de inicio del flujo.
• Instante final	Tiempo final del flujo.

**Tabla 4 Campos exportados con nProbe.**

Como ya se mencionó anteriormente, nProbe tiene muchas funcionalidades y es muy versátil a la hora de exportar la información. Debido a que este estudio solo requiere de los campos mostrados en la *Tabla 4*, es necesario ejecutar nProbe como se muestra en la imagen 4-3.

```

anonymus@localhost: ~/Escritorio
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
anonymus@localhost:~/Escritorio$ nprobe -i tfg1/pcap/nmap.pcapng --csv-separator '^','' -T '%IPV4_SRC_ADDR %L4_SRC_PORT %IPV4_DST_ADDR %L4_DST_PORT %L7_PROTO %L7_PROTO_NAME %IN_PKTS %IN_BYTES %FLOW_START_MILLISECONDS %FLOW_END_MILLISECONDS' -P tfg1/pcap/flujo/

```

**Figura 4-3 Ejecución nProbe.**

En la *tabla 5* se detallan los parámetros usados en nProbe.

Opción	Descripción
• -i	Indica la interfaz o fichero PCAP de entrada.
• --csv-separator	Impone que la salida del fichero tenga formato csv.
• -T	Esta opción permite el orden y la información que se desea exportar.
• -P	Selección la carpeta donde se desea guardar la información a exportar.

**Tabla 5 Descripción de las opciones usadas en nProbe.**

Una vez se realiza este procesamiento. En la carpeta destino especificada con el parámetro *-P* aparecerá un fichero de tipo *flows*, el cuál tendrá la información deseada.

## 4.4 Fase 3: Procesamiento de IPFIX.

Esta etapa es la más importante, debido a que resulta ser el peso grande del estudio realizado. Hasta ahora los datos no se han analizado para detectar anomalías en el tráfico de red. Es en esta fase donde se realiza el tratamiento de la información para toma de decisiones en la detección de comportamientos anómalos.

### 4.4.1 Lenguaje de programación y librerías.

El lenguaje de programación utilizado para el desarrollo del trabajo ha sido **Python** [34], puesto que es el lenguaje más extendido y usado en el mundo de la ciberseguridad.



*Figura 4-4 Logo de Python* [34].

Además, este lenguaje tiene la posibilidad de usar numerosas librerías muy útiles que facilitan el trabajo del programador. En la *tabla 6* podemos observar las principales librerías utilizadas para el desarrollo.

Librería	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pandas [35]</li> </ul>	<p>Esta librería permite el análisis de datos de forma eficiente. Ofrece diferentes estructuras de datos como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Data Frame.</li> <li>Series.</li> <li>Estructuras de datos multidimensionales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Numpy [36]</li> </ul>	Destinada para poder realizar operaciones con matrices y vectores.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datetime [37]</li> </ul>	Módulo que proporciona clases y objetos para la manipulación de horas y fechas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Os [38]</li> </ul>	Permite ejecutar comandos propios del sistema operativo.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sys [39]</li> </ul>	Proporciona variables y funcionalidades con el propio intérprete de Python.
<ul style="list-style-type: none"> <li>mysql.connector [40]</li> </ul>	Permite la interacción con una base de datos MySQL.
<ul style="list-style-type: none"> <li>math [41]</li> </ul>	Dota a Python de operaciones matemáticas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>shutil [42]</li> </ul>	Proporciona acceso y manipulación de documentos y directorios alojados en el sistema operativo.
<ul style="list-style-type: none"> <li>ConfigParser [43]</li> </ul>	Permite el acceso de forma sencilla a ficheros de configuración.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ipcalc [44]</li> </ul>	Permite realizar cálculos de subredes IP tanto en IPv4 como IPv6.

*Tabla 6 Librerías utilizadas.*

#### 4.4.2 Diseño del sistema.

En la figura 4-5 se muestra el diseño llevado a cabo para la implementación del sistema desarrollado.

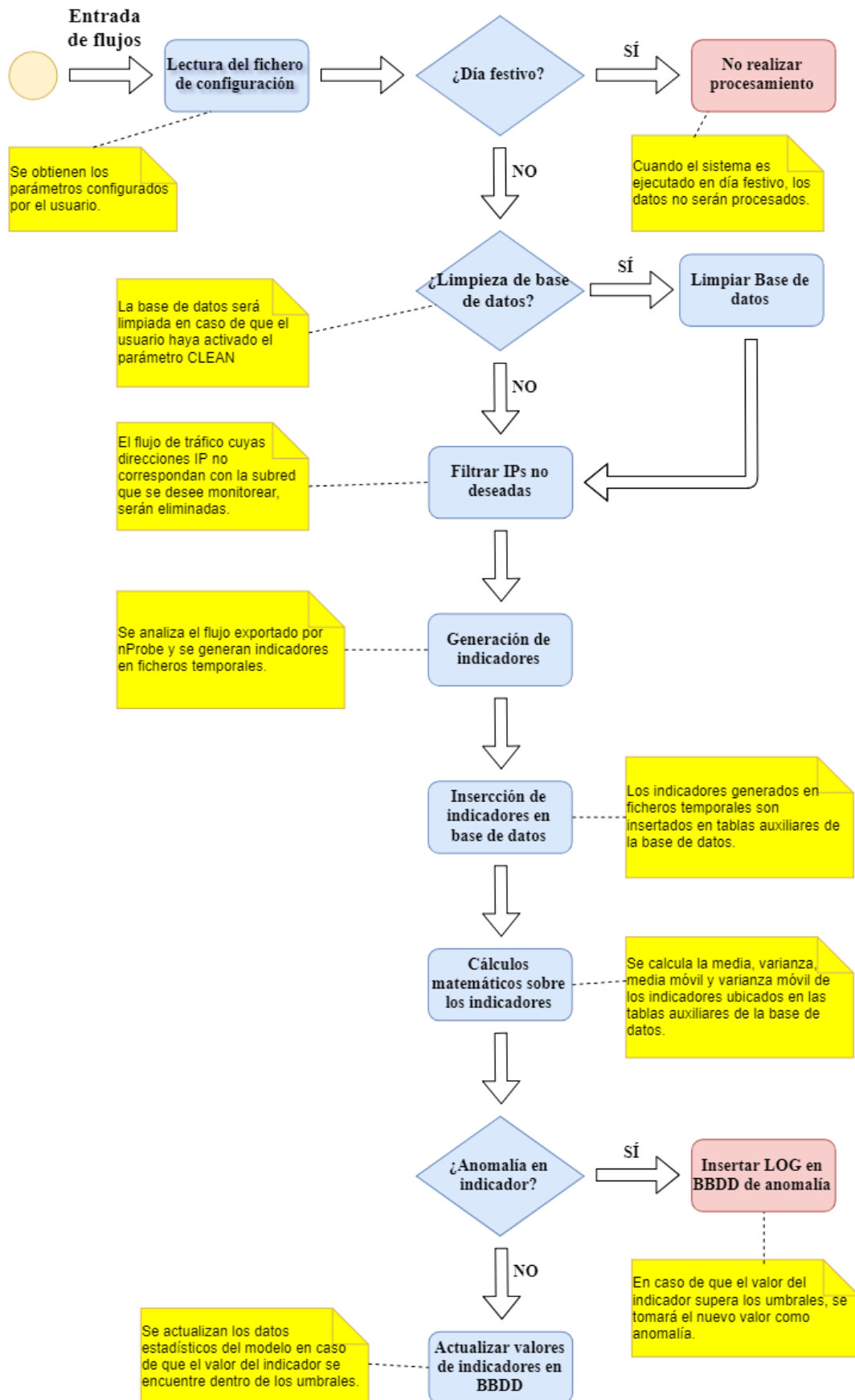


Figura 4-5 Diseño del sistema.

#### 4.4.2.1 Diseño de los principales componentes del sistema.

##### Lectura del fichero de configuración

###### Descripción:

Obtención de los parámetros definidos por el usuario. Para facilitar al usuario, los parámetros se encuentran divididos en 4 secciones:

- FECHA
- BBDD
- ESTADISTICAS
- TRATAMIENTO

###### Parámetro

###### Uso y opciones

Fecha	<p>Define la fecha y hora que se desee asignar a los indicadores. Este parámetro por defecto es AUTO, en este valor la fecha y hora se asignan automáticamente.</p> <p>En caso de estar realizando pruebas o desarrollando, se puede asignar manualmente en el formato YYYYMMDDHH. Un ejemplo sería: 2018092117, que correspondería con el 21 de septiembre de 2018 a las 17:00.</p>
User	Define el usuario miembro de la base de datos.
Password	Define la contraseña de la base de datos.
Host	Define la dirección IP donde se encuentra alojada la base de datos.
Database	Define el usuario miembro de la base de datos.
Clean	Si se desea limpiar la base de datos este valor deberá estar a TRUE, en caso contrario deberá estar a FALSE.
Capacidad_ventana	Define el tamaño de las N últimas muestras que se tienen en cuenta en los cálculos matemáticos realizados.
Coeficiente_error	Coeficiente de error para la toma de decisión. Normalmente este valor estará comprendido entre 2 y 4. Cuanto más pequeño sea este valor el sistema será más restrictivo.
Aprendizaje	<p>Este parámetro es muy importante, ya que cuando su valor es igual a TRUE, el sistema se encuentra en modo de aprendizaje. Es decir, el sistema se encuentra en modo de entrenamiento. Todos los datos de entrada serán clasificados como tráfico limpio y valdrán para realizar una modelización del tráfico.</p> <p>Cuando el parámetro se encuentra a FALSE el sistema evaluará todos los indicadores, generando alertas en caso de detectar anomalías.</p>



Eliminar_anomalos	Si el parámetro se encuentra a TRUE, los valores que provoquen una alarma no se insertarán en la base de datos. Si por lo contrario, se desea que estos valores se inserten en base de datos, el parámetro deberá estar a FALSE.
Alertas_nuevas	Si se encuentra a TRUE y se detecta un nuevo indicador, el sistema generará una alarma notificando el nuevo indicador. Si no se desea alertar de nuevos indicadores, el valor deberá estar a FALSE.
Alpha	Parámetro de suavizado de los cálculos estadísticos, este valor suele estar comprendido entre 0.1 y 0.5
network	Define el rango de subred de direcciones IP que se desean tener en cuenta para el estudio. Un ejemplo de valor sería: 192.168.0.1/24 dónde se estarían indicando todas las IPs de la subred 192.168.0.1 con máscara 24.

***Tabla 7 Parámetros del fichero de configuración.***

Filtrar IPs no deseadas	
<p>La información exportada en formato IPFIX puede contener flujos de direcciones IPs que no se desean tener en cuenta para el estudio. Es por ello por lo que las direcciones IP origen correspondientes a la subred definida en el parámetro <b>network</b> serán convertidas a la dirección IP 1.1.1.1 y las direcciones IP destino a la 2.2.2.2.</p> <p>Este tratamiento se realiza para eliminar el tráfico de direcciones irrelevantes para el estudio así como para facilitar y simplificar el procesamiento de los datos.</p>	

***Tabla 8 Tratamiento de las direcciones IP del tráfico.***

### Generación de indicadores

En base al flujo IPFIX filtrado se crean los siguientes indicadores:

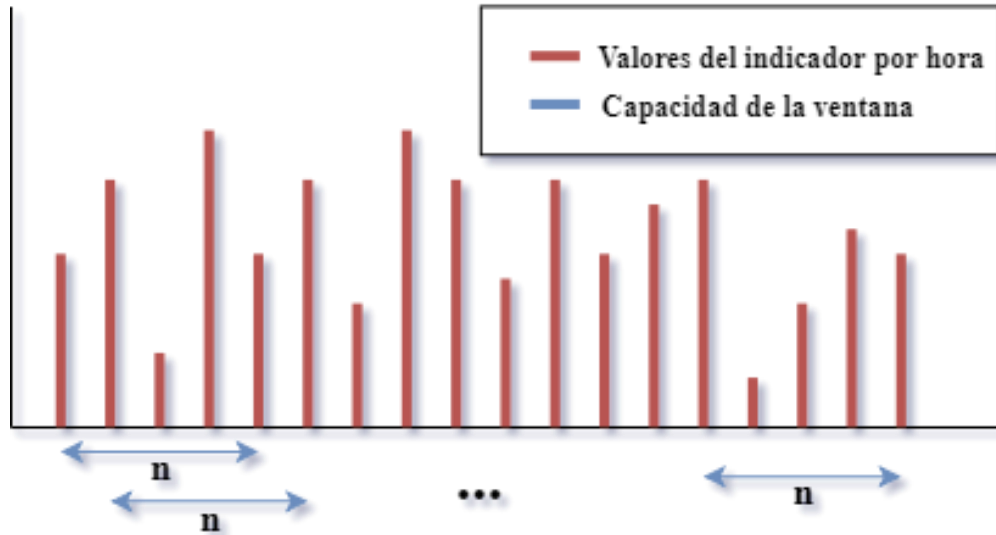
Indicador	Descripción
Aplicaciones	Recoge las diferentes aplicaciones detectadas en los flujos así como el número de veces que intervienen en ellos.
ICMP-destino	Muestra el número de veces que se han generados mensajes ICMP[45]. Este indicador puede alertar de ataques de denegación de servicios.
IPdestino-origen	Informa por cada IP destino el número de veces que se conecta con las diferentes IP origen.
IPorigen-destino	Informa por cada IP origen el número de veces que se conecta con las diferentes IP destino.
Numero-APP	Número de veces que aparece cada aplicación en el tráfico de la red.
Numero-IP	Número de IPs destino distintas.
PuertosDestino	Registro de todos los puertos destino por cada IP origen.
PuertosOrigen	Registro de todos los puertos origen por cada IP origen.

**Tabla 9 Diferentes indicadores.**

#### 4.4.3 Cálculo de los indicadores.

Para crear un modelo estadístico se parten de dos tipos de premisas:

1. Mediante cálculo de la media aritmética móvil[46] y varianza[47]:



*Figura 4-6 Media móvil.*

- Como se puede observar en la figura 4-7, el cálculo realizado corresponde a una media móvil, debido a que se calcula el promedio de las  $n$  últimas muestras. Este comportamiento se denomina como ventana deslizante. Se ha implementado de esta forma para conseguir que el sistema pueda responder a lo largo del tiempo. Ya que si no se implementa una ventana deslizante, llegaría un punto en el que la media no varía y su resultado sería prácticamente constante.
- La media aritmética o promedio cuya fórmula es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- $n$  Número de la capacidad de la ventana.
  - $x_i$  Se denota como los valores que toma la variable.
- La varianza es una medida de dispersión y la raíz cuadrada de la varianza nos permite calcular la desviación que posee cada indicador. A continuación se muestra la fórmula de la varianza:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

- $n$  Número de la capacidad de la ventana.
- $x_i$  Se denota como los valores que toma la variable.

- $\bar{X}$  Media de la variable.
- Cuando se almacena un valor en un indicador, este es evaluado a través de la siguiente ecuación y si no cumple la condición el valor será clasificado como anómalo:

$$\epsilon \leq k \times \sqrt{\sigma^2}$$

- $\epsilon$  Se define como el error y se calcula de la siguiente manera:

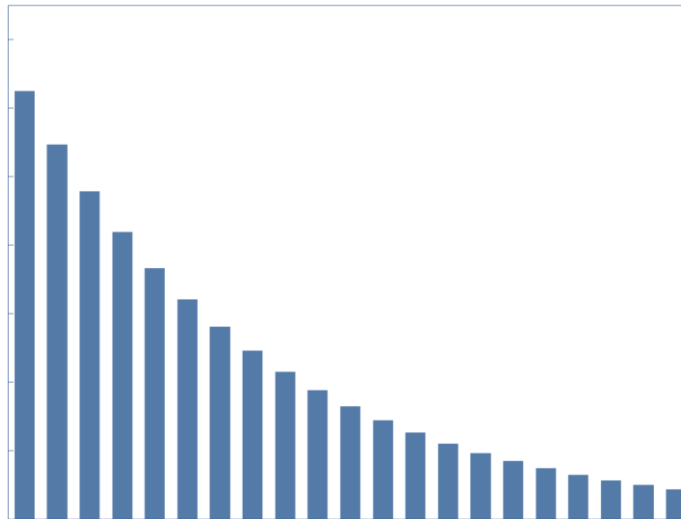
$$\epsilon = |x_i - \bar{X}|$$

- $k$  Corresponde con el coeficiente de error. (Este parámetro es configurable por el usuario a través del fichero de configuración).

2. Mediante cálculo de la media exponencial móvil y varianza exponencial móvil:

- La media móvil exponencial[48] cuya fórmula es:

$$EMA(t) = \begin{cases} x_1, & t = 1 \\ \alpha \times x_i + (1 - \alpha) \times EMA(t - 1), & t > 1 \end{cases}$$



*Figura 4-8 Forma de media exponencial móvil.*

- $\alpha$  Corresponde al parámetro de suavizado que puede valer entre 0 y 1.
- $x_i$  Valor en el instante t.
- La EMA es usado comúnmente para las tendencias de los valores de mercado. Se ha optado por implementar este modelo estadístico debido a los buenos resultados que se obtienen cuando se evalúan indicadores.
- La varianza exponencial cuya fórmula es:

$$\sigma^2_{exp} = \left( \frac{\alpha}{2 - \alpha} \right) \times \sigma^2$$

- $\alpha$  Parámetro de suavizado.
- $\sigma^2$  Valor de la varianza de todo el conjunto de muestras.

- Al igual que en el caso anterior de media aritmética, en este también se toma decisiones en base a la siguiente fórmula:

$$\epsilon \leq k \times \sqrt{\sigma^2_{exp}}$$

- **$\epsilon$**  Se define como el error y se calcula de la siguiente manera:

$$\epsilon = |x_i - EMA(t)|$$

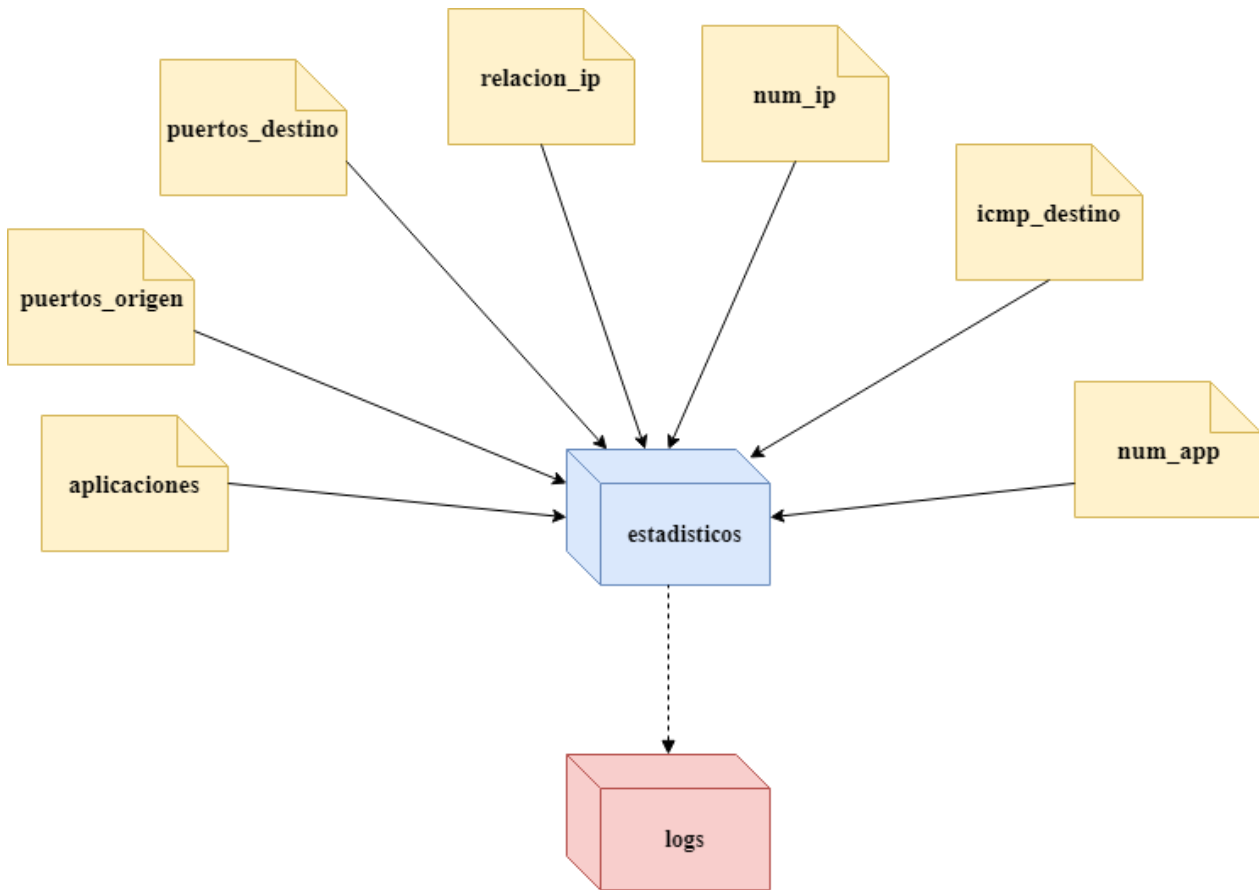
- **$k$**  Corresponde con el coeficiente de error. (Este parámetro es configurable por el usuario a través del fichero de configuración).

## 4.5 Fase 4: Base de datos.

Esta última etapa del sistema corresponde con la exportación a una base de datos toda la información recolectada y procesada.

Se ha utilizado MySQL[49] como sistema de gestor para la base de datos.

### 4.5.1 Diseño de la base de datos.



*Figura 4-9 Diagrama funcional de la base de datos.*

La base de datos esta compuesta por tablas auxiliares, cada una de estas tablas contiene la información de un indicador. Por cada uno de ellos se realiza un cálculo matemático y el resultado se inserta en la tabla estadísticos.

```

mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_tfg |
+-----+
| aplicaciones  |
| estadisticos  |
| icmp_destino  |
| logs          |
| num_app       |
| num_ip        |
| puertos_destino |
| puertos_origen |
| relacion_ip   |
+-----+
9 rows in set (0,00 sec)
  
```

*Figura 4-10 Tablas que componen la base da datos.*

Cada vez que se realiza un cálculo se comprueba que el resultado está dentro del margen de confianza. En caso de no cumplir dicho margen el nuevo valor del indicador no será insertado en la tabla **estadísticos**, pero sí se insertará un registro en la tabla de logs.

Si por lo contrario el valor si se encuentra dentro del margen de confianza, dicho valor si será insertado en la

tabla de estadísticos.

#### 4.5.1.1 Tablas auxiliares.

A continuación se detalla el diseño de cada una de las tablas auxiliares que alimentan a la tabla principal que contienen las estadísticas de cada indicador.

Aplicaciones	
<b>Descripción:</b>	Tabla que contiene el indicador de aplicaciones.
<b>Clave primaria:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ip</li><li>• aplicacion</li><li>• num_veces</li><li>• fecha</li><li>• hora</li></ul>
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
aplicacion	Nombre de la aplicación identificada en un flujo.
num_veces	Número de flujos en los que se ha identificado la aplicación.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 10 Indicador de aplicaciones.**

Icmp_destino	
<b>Descripción:</b>	Tabla que contiene el indicador de mensajes ICMP originados en una máquina.
<b>Clave primaria:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ip</li><li>• ip_destino</li><li>• num_veces</li><li>• fecha</li><li>• hora</li></ul>
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
ip_destino	Ip destino a la es destinado el mensaje ICMP.

num_veces	Número de veces que se ha generado el mensaje ICMP con estas direcciones ip.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 11 Indicador de ICMP.**

Puertos_destino	
<b>Descripción:</b>	Tabla que contiene el indicador de los puertos destino.
<b>Clave primaria:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• puerto</li> <li>• num_veces</li> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
puerto	Puerto destino identificado en el fujo.
num_veces	Número de veces que se identifica el puerto destino con la misma ip origen.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 12 Indicador Puertos destino.**

Puertos_origen	
<b>Descripción:</b>	Tabla que contiene el indicador de los puertos origen.
<b>Clave primaria:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• puerto</li> <li>• num_veces</li> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>



Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
puerto	Puerto origen identificado en el flujo.
num_veces	Número de veces que se identifica el puerto origen con la misma ip origen.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 13 Indicador Puertos destino.**

Relación_ip	
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de las diferentes ip.
Clave primaria:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• puerto</li> <li>• ip_destino</li> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
ip_destino	Ip versión 4 destino en el flujo.
num_veces	Número de veces que ha aparecido la ip destino para la misma ip origen.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 14 Indicador relación de las diferentes ip.**

Num_ip	
Descripción:	Tabla que contiene el indicador de las diferentes ip.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• ip_aux</li> </ul>

<b>Clave primaria:</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>
Atributo	Descripción	
ip	Ip versión 4 origen del indicador.	
ip_aux	Campo que siempre contiene el valor 'DISTINTAS' para facilitar la visualización y tratamiento realizado posteriormente.	
num_veces	Número total de IP destino distintas.	
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.	
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.	

**Tabla 15 Número total de ip destinos.**

Num_app	
<b>Descripción:</b>	Tabla que contiene el indicador de las diferentes ip.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• aplicacion</li> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>	
<b>Clave primaria:</b>	
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
aplicación	Campo que siempre contiene el valor 'APLICACIONES' para facilitar la visualización y tratamiento realizado posteriormente.
num_veces	Número de distintas aplicaciones identificadas.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 16 Número total de las diferentes aplicaciones.**

#### 4.5.1.2 Tabla principal.

A continuación se detalla el diseño de la tabla más importante. La importancia de esta tabla es debido a que contiene todas las estadísticas de los cálculos realizados a partir de los datos de las tablas auxiliares.

Estadísticos	
<b>Descripción:</b>	Contiene todos los indicadores así como los datos estadísticos para cada uno de ellos.
<b>Clave primaria:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• indicador</li> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
indicador	<p>Identificador del indicador. Para poder comprender la información estos son los posibles valores que se pueden encontrar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de una aplicación.</li> <li>• O 'número de puerto' (Indicador de puerto origen).</li> <li>• D 'número de puerto' (Indicador de puerto destino).</li> <li>• I 'IP' (Indicador de icmp).</li> <li>• DISTINTAS (Indicador de distintas ip).</li> <li>• APLICACIONES (Indicador de distintas aplicaciones).</li> <li>• IP (Indicador de relación-ip).</li> </ul>
media	Número que corresponde con el cálculo de la media del indicador.
varianza	Número que corresponde con el cálculo de la varianza del indicador.
media_exp	Número que corresponde con el cálculo de la media móvil exponencial del indicador.
varianza_exp	Número que corresponde con el cálculo de la varianza exponencial móvil del indicador.
muestras	Número de muestras del indicador.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 17** *Tabla principal de indicadores.*

#### 4.5.1.3 Tabla de alarmas.

Si algún valor registrado en las tablas auxiliares no se encuentra dentro de los umbrales, se generará una alarma en la tabla logs registrando tal evento.

Logs	
<b>Descripción:</b>	Contiene todos los eventos generados cuando un indicador ha sido clasificado como anómalo.
<b>Clave primaria:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ip</li> <li>• indicador</li> <li>• tipo</li> <li>• fecha</li> <li>• hora</li> </ul>
Atributo	Descripción
ip	Ip versión 4 origen del indicador.
indicador	Nombre del indicador que ha sido registrado como anómalo.
tipo	<p>Los datos son evaluados a través de dos formas. Por lo que se pueden generar dos tipos de alarmas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ERROR: Evento que identifica la media.</li> <li>• ERROR_EXP: Evento que identifica la media móvil.</li> </ul>
valor	Valor que tiene el indicador cuando se ha clasificado como anómalo.
fecha	Fecha en formato YYYY-MM-DD al que corresponde el indicador.
hora	Hora en formato HH al que corresponde el indicador.

**Tabla 18 Logs.**



## 5 PRUEBAS Y RESULTADOS

*El ordenador nació para resolver problemas que antes no existían.*

*- Bill Gates -*

Este capítulo se dedica a la descripción de las pruebas realizadas, en el cuál podemos encontrar casos reales de detecciones. También se exponen los resultados obtenidos. Así como el software usado para la realización de las pruebas.

### 5.1 Descripción de software usado para la realización de las pruebas

Para la realización de las pruebas se ha utilizado vmware para virtualizar una máquina con las siguientes características:

Máquina virtual	
• Memoria RAM	3 GB
• Procesadores	8
• Sistema Operativo	Ubuntu 16.04.4 LTS

*Tabla 19 Máquina virtualizada con vmware.*

### 5.2 Pruebas realizadas

A continuación se muestran los pasos llevados a cabo para la realización de las pruebas. Para una mejor comprensión del lector se pueden dividir de la siguiente forma:

1. Captación de los datos y exportación IPFIX.
2. Preparación del archivo de configuración.
3. Ejecución del script **leer.py**
4. Consultas tablas BBDD.
5. Errores.

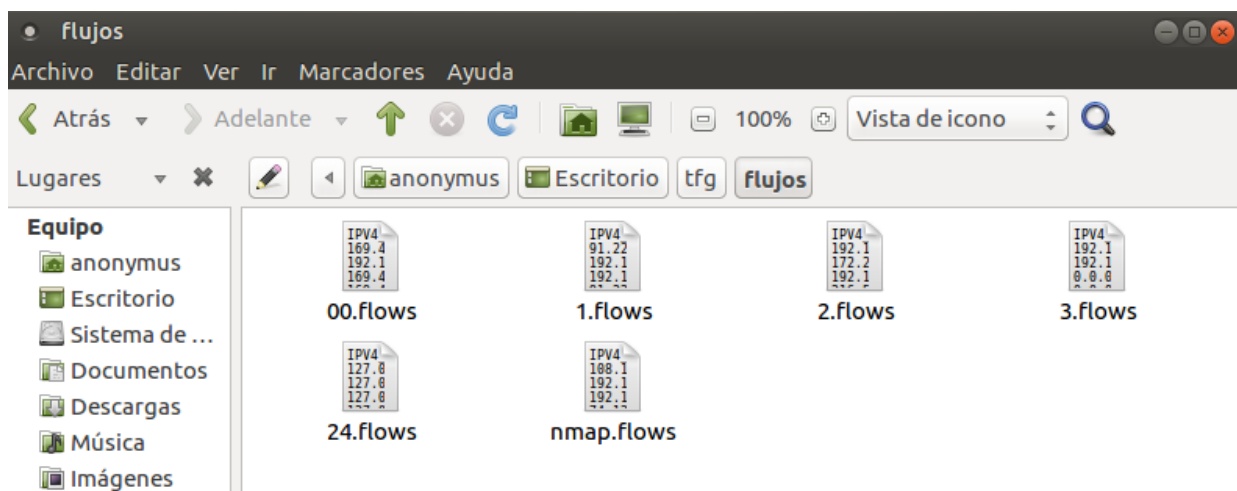
#### 5.2.1 Captación de los datos y exportación IPFIX

En este paso ejecutamos nProbe pasándole por parámetro el archivo de captura de tráfico.

```
anonymus@localhost:~/Escritorio$ nprobe -i tfg1/pcap/01.pcapng --csv-separator ','
-T '%IPV4_SRC_ADDR %L4_SRC_PORT %IPV4_DST_ADDR %L4_DST_PORT %L7_PROTO
%L7_PROTO_NAME %IN_PKTS %IN_BYTES %FLOW_START_MILLISECONDS %FLOW_END_MILLISECONDS'
-P tfg1/pcap/flujo/
```

*Figura 5-1 Ejecución nprobe para la prueba.*

Como se puede observar en la *Figura 5-2* Le pasamos a nProbe el archivo de captura de tráfico **01.pcapng**. Nprobe creará un fichero en formato IPFIX con la información de los flujos IP en la carpeta indicada de nombre **flujo**.



*Figura 5-3 Carpeta con los ficheros de flujos IP.*

A cada hora nuestro sistema capturará tráfico y realizará este paso, creando un fichero de flujos IP en formato IPFIX a cada hora.

En la *Figura 5-4* se puede observar como el sistema ha creado diferentes ficheros.

## 5.2.2 Preparación del archivo de configuración

Antes de la ejecución del sistema será necesario definir las configuraciones globales, tal y como se puede ilustrar en la *Figura 5-5*.

Primero se debe definir el rango de la subred sobre la que se va a realizar el estudio a través del parámetro **network**. En este ejemplo la subred sería **192.168.0.0/24**

Como es la primera vez que va a ser ejecutado, es muy importante que se defina la variable aprendizaje a valor **TRUE**. Esto indica al sistema que se encuentra en modo aprendizaje y que debe tomar los datos que va a procesar para crear un modelo estadístico de **tráfico limpio**.

En este paso es muy importante alimentar al sistema con un buen conjunto de datos, debido a que si no es así, el modelo estadístico será muy deficiente y no tomará buenas decisiones en base al tráfico.

Para este ejemplo, se ha definido una ventana de **tamaño 3**, por lo que no resultaría coherente desactivar el modo aprendizaje hasta tener al menos **3 exportaciones IPFIX**.

Cuando el sistema ha sido alimentado y se tienen suficientes datos se desactivará el modo aprendizaje definiendo la variable aprendizaje a valor **FALSE**. Una vez desactivado el modo aprendizaje, activaremos la generación de alertas nuevas. Esto permite la reportación de un log cuando se identificado un indicador que no se encuentra en el modelo estadístico.

Cabe destacar, que mientras el sistema no se encuentra en modo aprendizaje. Este sigue aprendiendo con el

tiempo. Esto es debido a que el modelo estadístico se crea a través de una ventana deslizante. Por lo que los valores de los diferentes indicadores se actualizan con el tiempo.

```
# Fichero de configuraciones globales del programa

# Configuraciones de la fecha y hora
# en la que se realiza el estudio.
# Si se desea que la fecha y hora corresponda
# con el archivo de captura realizado, se debera
# poner el valor AUTO, en cambio si se desea asignar una hora
# y fecha, debe ser en el formato: yyyymmddhh por ejemplo,
# 10 de Marzo de 2018 a las 14:00 -> 2018031014
[FECHA]
fecha = AUTO

# Configuraciones sobre la Base de datos
[BBDD]
user = wala
password = wala
host = localhost
database = tfg
clean = FALSE

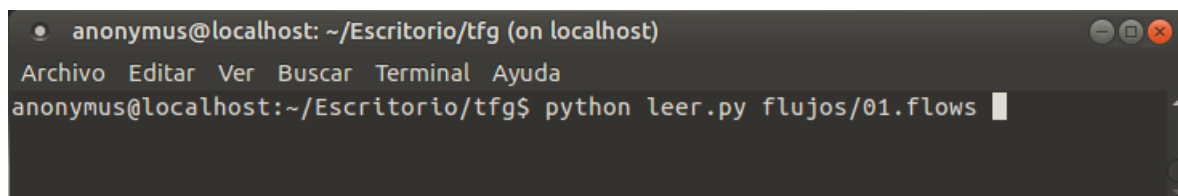
# Configuraciones llevadas a cabo en las estadísticas
# y comportamiento del sistema
[ESTADISTICAS]
capacidad_ventana = 3
coeficiente_error = 3
aprendizaje = TRUE
eliminar_anomalos = FALSE
alertas_nuevas = FALSE
alpha = 0.3

# Red sobre la que se desea monitorizar
[TRATAMIENTO]
network = 192.168.0.0/24
```

*Figura 5-6 Configuración inicial.*

### 5.2.3 Ejecución del script

Después de haber finalizado con la configuración, se ejecuta el script del sistema programado. Como se muestra en la *Figura 5-7* al script hay que indicarle el fichero de flujo que debe procesar. En este ejemplo se le indica que procese el fichero *01.flows* ubicado en la carpeta *flujos*.



*Figura 5-7 Ejecución del sistema programado.*

Después de la ejecución del script se habrán creado ficheros en texto plano en la carpeta **indicadores** con los diferentes indicadores tal y como se muestra en la *Figura 5-8*.

Estos ficheros son temporales y son creados dinámicamente en cada ejecución del script.





Figura 5-8 Indicadores temporales.

## 5.2.4 Consultas tablas BBDD

Después de la ejecución del script deberían existir registros en las tablas de base de datos, para ellos realizamos una consulta en la tabla del indicador aplicaciones y otra en tabla de estadísticos:

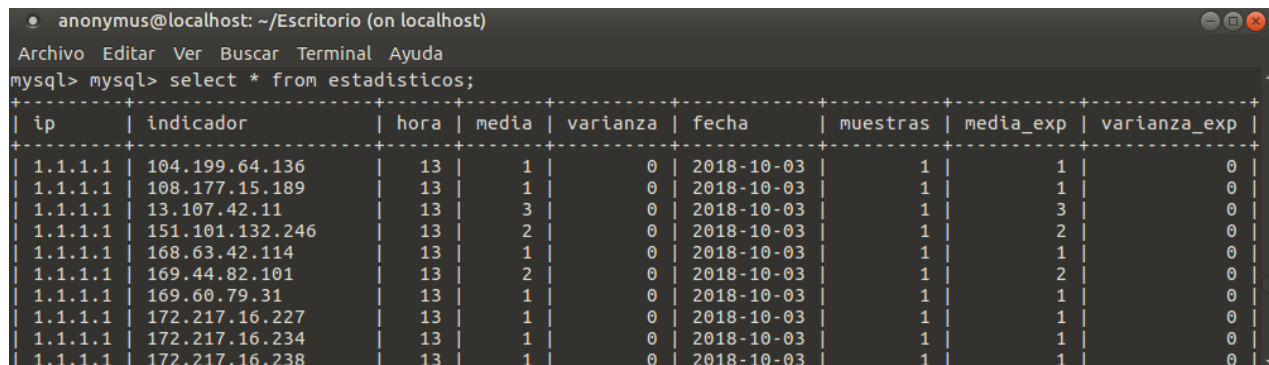
```
anonymus@localhost: ~/Escritorio (on localhost)
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda

mysql> select * from aplicaciones;
+-----+-----+-----+-----+-----+
| ip      | aplicacion      | num_veces | fecha      | hora |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1.1.1.1 | DNS             | 3         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | DNS.GMail      | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | DNS.Google     | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | DNS.GoogleDrive | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | DNS.GoogleServices | 1       | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | DNS.Office365  | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | HTTP           | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | LLNMR          | 4         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | MDNS           | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | NetBIOS        | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | QUIC           | 19        | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | QUIC.Google    | 3         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | QUIC.GoogleDocs | 1       | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | QUIC.GoogleDrive | 1       | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | QUIC.GoogleServices | 1     | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSDP           | 1         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSL            | 12        | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSL.GMail      | 2         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSL.Google     | 2         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSL.Office365  | 2         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSL.WhatsApp   | 2         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | SSL_No_Cert    | 39        | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | Unknown        | 4         | 2018-10-03 | 13   |
| 1.1.1.1 | VMware         | 7         | 2018-10-03 | 13   |
+-----+-----+-----+-----+-----+
24 rows in set (0,39 sec)
```

Figura 5-8 Consulta de tabla aplicaciones.

Como se puede observar en la **Figura 5-9** en el tráfico circulante en la red se han identificado 23 aplicaciones distintas y 4 de los flujos han sido categorizados como **desconocido**. Esto resulta ser interesante, ya que si se obtiene numerosas muestras de aplicación desconocida, podríamos estar ante una detección de tráfico malicioso.

A continuación en la 5-9 se muestra la consulta (\*) de la tabla de estadísticos:



```

anonymus@localhost: ~/Escritorio (on localhost)
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
mysql> mysql> select * from estadisticos;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| ip      | indicador | hora | media | varianza | fecha   | muestras | media_exp | varianza_exp |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1.1.1.1 | 104.199.64.136 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |
| 1.1.1.1 | 108.177.15.189 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |
| 1.1.1.1 | 13.107.42.11 | 13 | 3 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 3 | 0 |
| 1.1.1.1 | 151.101.132.246 | 13 | 2 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 2 | 0 |
| 1.1.1.1 | 168.63.42.114 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |
| 1.1.1.1 | 169.44.82.101 | 13 | 2 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 2 | 0 |
| 1.1.1.1 | 169.60.79.31 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |
| 1.1.1.1 | 172.217.16.227 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |
| 1.1.1.1 | 172.217.16.234 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |
| 1.1.1.1 | 172.217.16.238 | 13 | 1 | 0 | 2018-10-03 | 1 | 1 | 0 |

```

**Figura 5-10 Consulta tabla estadísticos.**

(\*) **NOTA:** Debido a la gran dimensión de la tabla se ha tenido que mostrar sólo una parte.

Como se observa

## 5.2.5 Errores

lksndglkhsalgd

---

# REFERENCIAS

- [1] incibe (Instituto Nacional de Ciberseguridad), “Amenaza vs Vulnerabilidad, ¿sabes en qué se diferencian? | INCIBE,” 2017. [Online]. Available: <https://www.incibe.es/protege-tu-empresa/blog/amenaza-vs-vulnerabilidad-sabes-se-diferencian>. [Accessed: 29-Oct-2018].
- [2] P. K. Pateriya and S. S. Kumar, “Analysis on Man in the Middle Attack on SSL,” *Int. J. Comput. ...*, vol. 45, no. 23, pp. 43–46, 2012.
- [3] R. G. Wiliam, “Trujillo\_2016,” p. 177, 2016.
- [4] INCIBE, “Ransomware: una guía de aproximación para el empresario,” p. 25, 2017.
- [5] M. Barrionuevo, M. Lopresti, N. Miranda, and F. Piccoli, “red usando imágenes y técnicas de Computación de Alto Desempeño .,” pp. 1166–1175.
- [6] N. Stivet, T. Álvarez, and L. F. Pedraza, “Redes neuronales y predicción de tráfico Neural networks and prediction of traf fic,” *Edición Espec.*, vol. 15, no. 29, pp. 90–97, 2011.
- [7] Anonymous, “Detecting Anomalies in Communication Packet Streams Based on Generative Adversarial Networks,” *Neuropsychology*, vol. 58, no. 6, pp. 1151–1161, 2006.
- [8] P. Larrañaga, I. Inza, and A. Moujahid, “Tema 8. Redes Neuronales,” *Researchgate*, p. 19, 2015.
- [9] R&S, “R & S ® PACE 2 Solution Guide Contents.”
- [10] T. Firewalls, “Firewalls industriales DPI ¿ Qué es un firewall industrial DPI? Firewalls industriales DPI,” pp. 1–5.
- [11] J. J. Dougherty, “Interested in learning more? In sti tu Au th re ns f rig,” *Style (DeKalb, IL)*, no. Security 401, 2011.
- [12] E. De La Hoz, E. M. De La Hoz, A. Ortiz, and J. Ortega, “Modelo de detección de intrusiones en sistemas de red, realizando selección de características con FDR y entrenamiento y clasificación con SOM,” *Inge Cuc*, vol. 8, no. 1, pp. 85–116, 2012.
- [13] E. Arias, “Instituto Politécnico Nacional,” *Cic.Ipn.Mx*, pp. 1–80, 2010.
- [14] L. R. M., “Snort como herramienta administrativa,” no. 5, pp. 74–78.
- [15] cvedetails, “CVE security vulnerability database. Security vulnerabilities, exploits, references and more,” 2018. [Online]. Available: <https://www.cvedetails.com/>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [16] “Vulnerability distribution of cve security vulnerabilities by types.” [Online]. Available: <https://www.cvedetails.com/vulnerabilities-by-types.php>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [17] L. Deri, M. Martinelli, and A. Cardigliano, “nDPI: Open-Source High-Speed Deep Packet Inspection.”
- [18] sourceforge, “L7-filter Supported Protocols.” [Online]. Available: <http://l7-filter.sourceforge.net/protocols>. [Accessed: 01-Nov-2018].
- [19] P. Bulletin, “NBAR2 Protocol Library,” pp. 1–47, 2013.
- [20] R. Hofstede *et al.*, “Flow Monitoring Explained: From Packet Capture to Data Analysis With NetFlow and IPFIX,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 16, no. 4, pp. 2037–2064, 2014.
- [21] M. De, “Monitorización de una red académica mediante Netflow 1.”
- [22] R. Antonello *et al.*, “Deep packet inspection tools and techniques in commodity platforms: Challenges and trends,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 35, no. 6, pp. 1863–1878, 2012.
- [23] “Túnel (informática) - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Túnel\\_\(informática\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Túnel_(informática)). [Accessed: 04-Nov-2018].
- [24] concepto.de, “¿Qué es ISP?” [Online]. Available: <https://concepto.de/isp/>. [Accessed: 05-Nov-2018].

- [25] E. Lgplv, D. Packet, and I. Library, “nDPI - Quick Start Guide,” no. October, pp. 1–15, 2016.
- [26] P. Kocher, “Internet Engineering Task Force (IETF) A. Freier Request for Comments: 6101 P. Karlton Category: Historic Netscape Communications,” 2011.
- [27] A. V. Aho and M. J. Corasick, “Efficient string matching: an aid to bibliographic search,” *Commun. ACM*, vol. 18, no. 6, pp. 333–340, Jun. 1975.
- [28] L. Deri SharkFest, “#sf17eu • Estoril, Portugal How to rule the world... by looking at packets! Turning Wireshark into a Traffic Monitoring Tool: Moving from packet details to the big picture.”
- [29] ntop.org, “nProbe documentation — nProbe 8.5 documentation.” [Online]. Available: <https://www.ntop.org/guides/nProbe/>. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [30] <http://www.tcpdump.org>, “Manpage of TCPDUMP.” [Online]. Available: <http://www.tcpdump.org/manpages/tcpdump.1.html>. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [31] “Secure Copy - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Secure\\_Copy](https://es.wikipedia.org/wiki/Secure_Copy). [Accessed: 07-Nov-2018].
- [32] web.mit.edu, “Protocolo SSH.” [Online]. Available: <https://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rg-es-4/ch-ssh.html>. [Accessed: 07-Nov-2018].
- [33] wikipedia, “Valores separados por comas - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Valores\\_separados\\_por\\_comas](https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas). [Accessed: 07-Nov-2018].
- [34] Elvis Pranskevichus, “What’s New In Python 3.7 — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/whatsnew/3.7.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [35] “pandas: powerful Python data analysis toolkit Release 0.23.4 Wes McKinney & PyData Development Team,” 2018.
- [36] “Guide to Numpy : Travis E. Oliphant : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive.” [Online]. Available: <https://archive.org/details/NumPyBook/page/n25>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [37] “8.1. datetime — Basic date and time types — Python 2.7.15 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/datetime.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [38] “os — Miscellaneous operating system interfaces — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/os.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [39] “28.1. sys — System-specific parameters and functions — Python 2.7.15 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/sys.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [40] “MySQL Connector/Python Developer Guide.”
- [41] “math — Mathematical functions — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/math.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [42] “10.10. shutil — High-level file operations — Python 2.7.15 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/shutil.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [43] “configparser — Configuration file parser — Python 3.7.1 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/configparser.html>. [Accessed: 08-Nov-2018].
- [44] “Wijnand Modderman-Lenstra,” 2017.
- [45] M. U. Y. Valiosa, “CURSO DE TCP / IP : ICMP ( Protocolo de Mensajes de Control de Internet ).”
- [46] E. W. Weisstein and E. W. Weisstein, “Media aritmética,” *MathWorld*.
- [47] wikipedia, “Varianza - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Varianza>. [Accessed: 15-Nov-2018].
- [48] R. G. Brown, *Exponential Smoothing for Predicting Demand*. Cambridge, Massachusetts: Arthur D. Little Inc., 1956.
- [49] “MySQL 8.0 Reference Manual - Including MySQL NDB Cluster 8.0.”

