INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Cómputo

ESCOM

Trabajo Terminal

"Protocolo criptográfico para el almacenamiento sin duplicados en la nube, resistente a ataques por fuerza bruta."

2016-B045

Presentan

Eder Jonathan Aguirre Cruz

Diana Leslie González Olivier

Jhonatan Saulés Cortés

Directora

Dra. Sandra Díaz Santiago

Mayo 2017

Índice

1. Introducción **1**
1.1. Justificación 1
1.2. Objetivos 1
1.2.1. Objetivos Generales 1
1.2.2. Objetivos Específicos 1

2. Preliminares **2**
2.1. Definiciones 2
2.1.1. Servicios criptográficos 2
2.2. Ataques a servicios criptográficos 3
2.3. Criptografía Simétrica 4
2.4. Criptografía asimétrica 5
2.5. Cifrado por bloques 6
2.6. Modos de operación 7
2.7. Funciones Hash 11

Bibliografía **12**

Índice de Figuras

2.1. Diagrama Criptografía Simétrica 5
2.2. Diagrama Criptografía Asimétrica 6
2.3. Diagrama Cifradores por Bloques 7

Índice de Tablas

Capítulo 1

Introducción

1.1. Justificación

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

1.2.2. Objetivos Específicos

Capítulo 2

Preliminares

2.1. Definiciones

Criptografía. Es la ciencia que trata las escrituras ocultas, está comprendida por la Criptografía, el Criptoanálisis y la Esteganografía La Criptografía es la ciencia que se encarga del estudio de técnicas para transformar la información a una forma que no pueda entenderse a simple vista; sin embargo, el objetivo de la Criptografía no es sólo mantener los datos secretos, sino también protegerlos contra modificación y comprobar la fuente de los mismos.

Criptoanálisis Es la ciencia que se ocupa del análisis de un texto cifrado para obtener la información original sin conocimiento de la clave secreta, esto es, de forma ilícita rompiendo así los procedimientos de cifrado establecidos por la Criptografía, por lo que se dice que Criptoanálisis y Criptografía son ciencias complementarias pero contrarias. El criptoanálisis es el arte de descifrar comunicaciones encriptadas sin conocer las llaves correctas

2.1.1. Servicios criptográficos

Los servicios de seguridad, son aquellos que garantizan en un sistema de información la adquisición, almacenamiento, procesamiento y transmisión de la información y para lograrlo se valen de uno o más mecanismos de seguridad.

Confidencialidad Este servicio asegura que sólo las personas o procesos autorizados tengan acceso a la información. Con ello se busca que un agente no autorizado no pueda leer, copiar o modificar la información. El servicio de confidencialidad se puede diferenciar en dos tipos:

- Servicio de confidencialidad de contenido: se busca proteger el contenido de un recurso del sistema, para ello se cifra la información para que en caso ser interceptada por alguien no autorizado, no pueda ser descubierta. Este servicio puede proporcionar protección a todos los datos transmitidos por un usuario durante una conexión o puede proteger sólo parte de ellos por ejemplo sólo a los mensajes con información importante o incluso se pueden proteger sólo algunos campos de un determinado mensaje.

- Servicio de confidencialidad del mensaje: busca ocultar el flujo de un mensaje durante una conexión, para ello se cifra y se utiliza una técnica de envoltura con el objetivo de que si un atacante está realizando un análisis de tráfico, no pueda descubrir por ejemplo quien está enviando la información ni quien la recibe ni la frecuencia con la que se envían los mensajes.

Autenticación Este servicio verifica la identidad de un agente que pretende acceder a la información. En una conexión entre dos entidades, el servicio verifica que las entidades sean quienes dicen ser, además de asegurar que un tercer individuo no pueda hacerse pasar por alguna de las entidades autorizadas y realizar una transmisión o recepción de datos.

Integridad Este servicio asegura que el contenido de los datos no ha sido modificado y que la secuencia de los mismos se ha mantenido a lo largo de toda la transmisión, con ello se evita una réplica o un reordenamiento del mensaje por parte de un atacante. Al igual que el servicio de confidencialidad, la integridad puede aplicarse a todos los datos transmitidos por un usuario durante una conexión, sólo a parte de ellos o sólo a algunos campos dentro del mensaje. Cuando se tiene un ataque a la integridad de los datos, el sistema puede o no reportar dicha violación, por lo que se puede distinguir entre servicio de integridad con recuperación y servicio de integridad sin recuperación. El servicio de integridad también se puede diferenciar entre servicio de integridad del contenido y servicio de integridad de la secuencia del mensaje

- Servicio de integridad del contenido: proporciona pruebas de que el contenido no ha sido alterado o modificado.
- Servicio de integridad de la secuencia del mensaje: proporciona pruebas de que el orden de una secuencia de mensajes ha sido mantenida durante la transmisión.

No repudio Este servicio evita que las entidades en una conexión nieguen haber transmitido o recibido un mensaje. Existen varios tipos de este servicio y cada uno de ellos proporciona pruebas de haberse llevado a cabo:

- No repudio de origen: con este servicio, el emisor de un mensaje no puede negar haber sido él quien transmitió dicho mensaje.
- No repudio de envío: comprueba que los datos fueron enviados.
- No repudio de presentación: protege contra cualquier intento falso de negar que los datos fueron presentados para el envío.
- No repudio de transporte: protege contra cualquier intento de negar que los datos fueron transportados.
- No repudio de recepción: con este servicio, el receptor de un mensaje no puede negar haber recibido un mensaje.

2.2. Ataques a servicios criptográficos

Un ataque es una violación a la seguridad de la información realizada por intrusos que tienen acceso físico al sistema sin ningún tipo de restricción, su objetivo es robar la información o hacer que ésta pierda valor relativo, o que disminuyan las posibilidades de su supervivencia a largo plazo.

Ataque sólo con texto cifrado Este caso es cuando el criptoanalista sólo conoce el criptograma y el algoritmo con que fue generado; con esta información pretende obtener el texto en claro.

Ataque con texto original conocido En esta situación el criptoanalista conoce mensajes en claro seleccionados por él mismo y sus correspondientes criptogramas, así como el algoritmo con que éstos fueron generados; aquí el objetivo es conocer la clave secreta y poder descriptar libremente cualquier texto.

Ataque con texto cifrado escogido El criptoanalista conoce el algoritmo de cifrado, así como un criptograma seleccionado por él mismo y su correspondiente texto en claro, su objetivo es obtener el mensaje en claro de todo criptograma que intercepte.

Ataque con texto escogido En este caso el criptoanalista además de conocer el algoritmo de cifrado y el criptograma que quiere descriptar, también conoce el criptograma de un texto en claro que él elija y el mensaje en claro de un criptograma también elegido por él.

Ataque con clave conocida El atacante conoce claves utilizadas en cifrados anteriores y con base en ellas intenta determinar nuevas claves.

Ataque de hombre en medio El intruso se filtra en la línea de comunicación entre dos agentes autorizados en la red; obtiene la información de uno de ellos y se la envía al otro usuario una vez que la ha utilizado.

2.3. Criptografía Simétrica

La criptografía simétrica utiliza la misma clave para cifrar y descifrar el mensaje de datos, es decir se basa en un secreto compartido [**?**].
Características de la Criptografía simétrica:

- La clave es la misma para cifrar que para descifrar un mensaje, por lo que sólo el emisor y el receptor deben conocerla.
- Se basan en operaciones matemáticas sencillas, por ello son fácilmente implementados en hardware.
- Debido a su simplicidad matemática son capaces de cifrar grandes cantidades de datos en poco tiempo.

[1]
Los algoritmos criptográficos simétricos tienen dos versiones: cifrador en bloque y cifrador en flujo. Una cifra es una palabra para describir un algoritmo de cifrado. El beneficio del uso de un algoritmo simétrico radica en el procesamiento rápido para encriptar y desencriptar un alto volumen de datos. El cifrado simétrico es una eficaz táctica de almacenamiento de información sensible en una base de datos, un registro o archivo [1] El cifrado simétrico puede ser representado con el siguiente diagrama **??**.

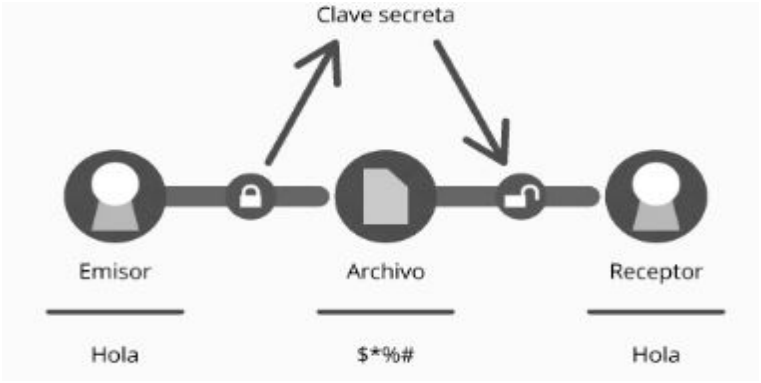


Figura 2.1: Diagrama Criptografía Simétrica

La sintaxis de un esquema de cifrado simétrico, esta dada por la siguiente definicón.

Definición 2.1 *Un esquema de cifrado simétrico está conformado por una tripleta de algoritmos* $\Pi = (\mathsf{Gen}, \mathsf{Enc}, \mathsf{Dec})$*, definidos como se describe a continuación:*

- *El algoritmo generador de claves* Gen *selecciona una llave* K *al azar del conjunto de llaves* $\mathcal{K}$*, esto se denotará como* $K \xleftarrow{\$} \mathcal{K}$*. Esta clave* K *será usada por los algoritmos* Enc *y* Dec*, esta clave la compartirán emisor y receptor.*
- *El algoritmo de cifrado* Enc*, toma como entrada un texto en claro* $M \in \mathcal{M}$ *y una clave* K *generada por* Gen *y regresa un texto cifrado* $C \in \mathcal{C}$*. Usualmente esto se denota como* $C \leftarrow \mathsf{Enc}_K(M)$*.*
- *El algoritmo de descifrado* Dec*, toma como entrada un texto cifrado* C *y una llave* K *y regresa* M*. Esta operación se denota por* $M \leftarrow \mathsf{Dec}_K(C)$*. Para que cualquier algoritmo de cifrado simétrico funcione correctamente, se debe garantizar que para todas las llaves posibles en* $\mathcal{K}$ *y todos los posibles mensajes* $\mathcal{M}$*,*

$$\mathsf{Dec}_K(\mathsf{Enc}_K(M)) = M.$$

2.4. Criptografía asimétrica

La criptografía asimétrica es por definición aquella que utiliza dos claves diferentes para cada usuario, una para cifrar que se le llama clave pública y otra para descifrar que es la clave privada. Los algoritmos asimétricos son diferentes a los simétricos en un sentido muy importante [1]. Cuando se genera una clave simétrica, simplemente se escoge un número aleatorio de la longitud apropiada. Al generar claves asimétricas el proceso es más complejo. Los algoritmos asimétricos se llaman asimétricos porque en lugar de usar una sola clave para realizar la codificación y la decodificación, se utilizan dos claves diferentes: una para cifrar y otra para descifrar. Estas dos claves se encuentran asociadas matemáticamente, cuya característica fundamental es que una clave no puede descifrar lo que cifra. [1].

Características de la Criptografía simétrica:

- Se utiliza una clave para cifrar y otra para descifrar. El emisor emplea la clave pública del receptor para cifrar el mensaje, éste último lo descifra con su clave privada.

- Se basan en operaciones matemáticas complejas.
- Se ejecutan de 100 a 1000 veces más lento que los algoritmos simétricos.

[1]

Los beneficios de la criptografía asimétrica son la solución a los problemas de la criptografía simétrica, pues las claves públicas pueden ser distribuidas con toda tranquilidad, no valen de nada sin las claves privadas. El cifrado asimétrico se le emplea muy frecuente para pasar con seguridad una clave privada, que posteriormente, será la que se utilice para cifrar y/o descifrar otra información. El cifrado asimétrico puede ser representado con el siguiente diagrama **??**.

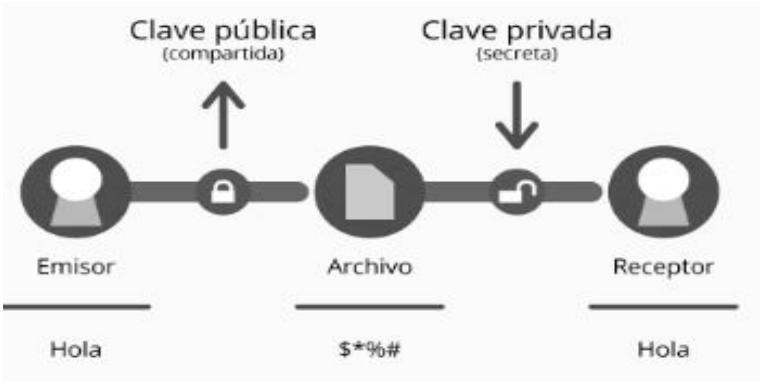


Figura 2.2: Diagrama Criptografía Asimétrica

2.5. Cifrado por bloques

Los algoritmos de cifrado por bloques toman bloques de tamaño fijo del texto en claro y producen un bloque de tamaño fijo de texto cifrado, generalmente del mismo tamaño que la entrada. El tamaño del bloque debe ser lo suficientemente grande como para evitar ataques de texto cifrado. La asignación de bloques de entrada a bloques de salida debe ser uno a uno para hacer el proceso reversible y parecer aleatoria.
Para la asignación de bloques los algoritmos de cifrado simétrico realizan sustituciones y permutaciones en el texto en claro hasta obtener el texto cifrado.
La sustitución es el reemplazo de un valor de entrada por otro de los posibles valores de salida, en general, si usamos un tamaño de bloque k, el bloque de entrada puede ser sustituido por cualquiera de los 2k bloques posibles. La permutación es un tipo especial de sustitución en el que los bits de un bloque de entrada son reordenados para producir el bloque cifrado, de este modo se preservan las estadísticas del bloque de entrada (el número de unos y ceros).

Los algoritmos de cifrado por bloques iterativos funcionan aplicando en sucesivas rotaciones una transformación (función de rotación) a un bloque de texto en claro. La misma función es aplicada a los datos usando una subclave obtenida de la clave secreta proporcionada por el usuario. El número de rotaciones en un algoritmo de cifrado por bloques iterativo depende del nivel de seguridad deseado.

La sustitución es el reemplazo de un bloque de n bits por otro bloque de n bits en un espacio de 2^k [11]. Los cifradores por bloques mas usados son AES (Advanced Encryption Standard, por sus siglas en inglés) y DES (Data Encryption Standard, por sus siglas en inglés).

Los cifradores por bloques pueden ser representados mediante el siguiente diagrama. **??**.

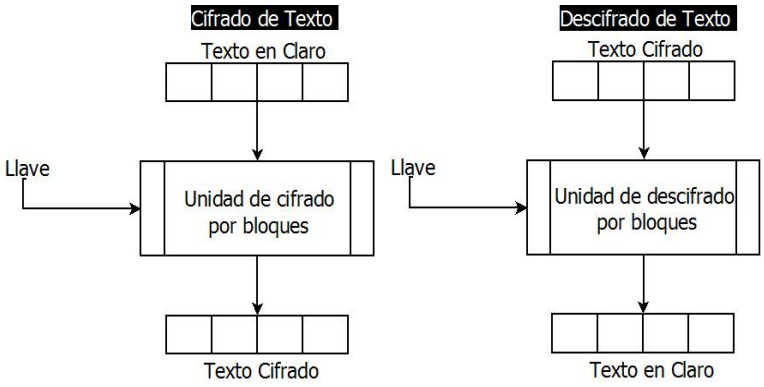


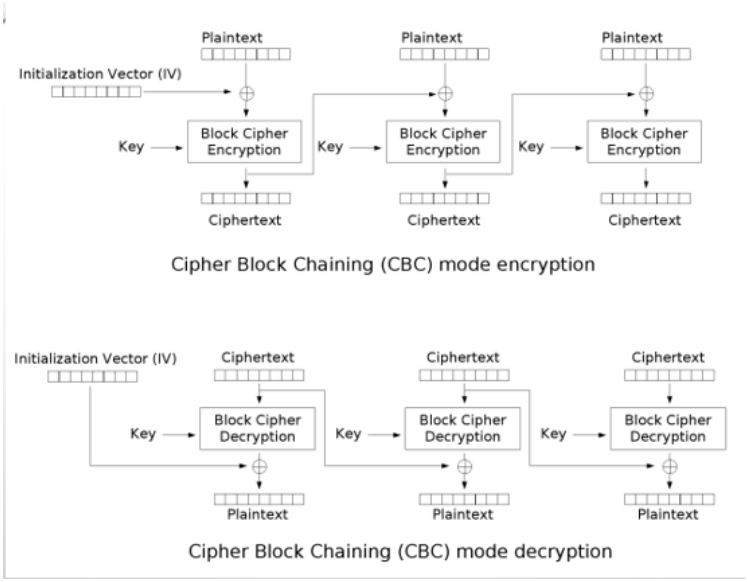
Figura 2.3: Diagrama Cifradores por Bloques

2.6. Modos de operación

Un modo de operación es una técnica para mejorar el efecto de un algoritmo criptográfico o adaptar el algoritmo para una aplicación, tal como aplicar un cifrador por bloques a una secuencia de bloques de datos o un flujo de datos. Los cuatro modos están destinados a cubrir virtualmente todas las aplicaciones posibles de cifrado para las cuales se podría usar un cifrador por bloques. A medida que han aparecido nuevas aplicaciones y requisitos, el NIST ha ampliado la lista de modos recomendados a cinco en la Publicación Especial 800-38A. Estos modos están diseñados para usarse con cualquier cifra simétrica de bloques, incluyendo DES triple y AES..

CBC(Cipher-block chaining): La entrada al algoritmo de encriptación es el XOR de los siguientes 64 bits de texto plano y los 64 bits de cifrado anteriores.

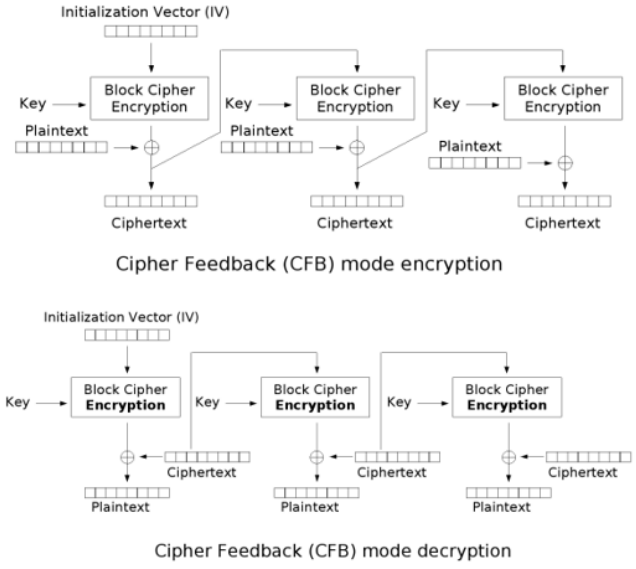
- La salida de uno de los bloques de cifrado se mete a otro bloque de cifrado junto con el siguiente bloque de mensaje.
- Toma como entradas un vector de inicialización (IV) y un bloque de mensaje (m).
- Durante el encriptado la salida del i - ésimo bloque depende del anterior i -1 bloques.
- La salida de cada uno de los bloques depende de todo lo anterior y esto lo hace mas seguro que ECB.
- El descifrado de CBC es no secuencial.



(a) Diagrama CBC Cifrado

CFB(Cipher Feedback): La entrada se procesa j bits a la vez. El texto cifrado precedente se utiliza como entrada al algoritmo de cifrado para producir la salida pseudoaleatoria, que se le aplica XOR con el texto sin formato para producir la siguiente unidad de texto cifrado.

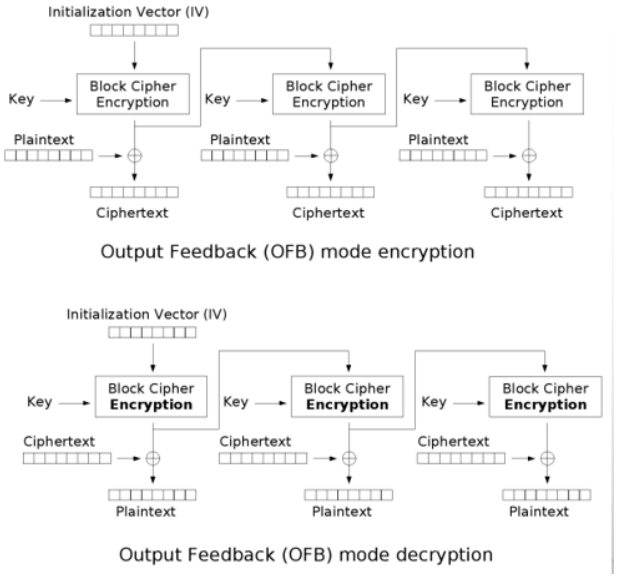
- Los bloques de cifrado también están encadenados pero la salida es muy diferente a los demás.
- Para cada bloque, el cifrado es producido haciendo XOR con el mensaje.
- Una ventaja de implementación es que no es necesaria la operación de descifrar no es necesario.



(a) Diagrama CFB Cifrado

OFB(Output feedback): Similar a CFB, excepto que la entrada al algoritmo de cifrado es la salida DES anterior.

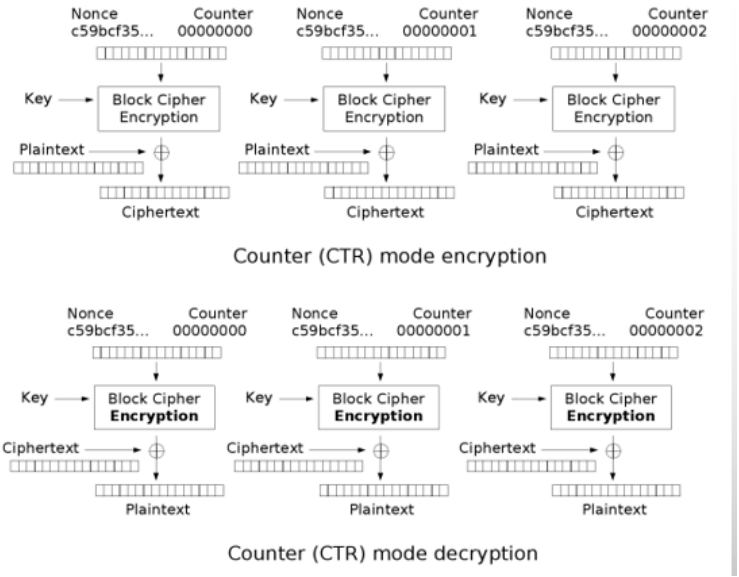
- En OFB la salida del bloque de cifrado es alimentada de nuevo en la siguiente bloque de cifrado.
- El IV es cifrado varias veces para obtener una corriente de bytes aleatorios.
- Estas corrientes de bytes aleatorios se les hace XOR con el texto en plano para generar el texto cifrado.



(a) Diagrama OFB Cifrado

CTR(Counter): Cada bloque de texto sin formato se le aplica XOR con un contador cifrado. El contador se incrementa para cada bloque subsiguiente.

- CTR toma un vector de inicialización (IV) y en cada iteración el valor de IV se incrementa en 1 y queda cifrado.
- Para obtener el mensaje cifrado se hace una XOR con el IV y el bloque de mensaje.
- En términos de eficiencia CTR es mejor que CBC, OFB o CFB, ya que en este modo se pueden hacer las operaciones en paralelo ya que no dependen de algo para poder ser cifradas.



(a) Diagrama CTR Cifrado

2.7. Funciones Hash

A continuación se describirán las características de las *funciones hash*, también conocidas como *funciones de resumen*. Las funciones hash basan su definición en funciones de un solo sentido (*one-way functions*, en inglés). Una función de un sólo sentido es aquella que para un valor x, es muy fácil calcular $f(x)$, pero es muy difícil hallar $f^{-1}(x)$. Es complicado en general, hallar funciones de éste tipo y probar que lo son.

Definición 2.2 *Una función hash, es una función de un sólo sentidocuya entrada m es un mensaje de longitud arbitraria y la salida es una cadena binaria de longitud fija. Al resumen o hash de un mensaje m, se le denotará como $h(m)$. Una función hash debe tener las siguientes propiedades:*

- *Para cualquier mensaje m, debe ser posible calcular $h(m)$ eficientemente.*
- *Dado $h(m)$, debe ser computacionalmente difícil, hallar un mensaje m', tal que $h(m) = h(m')$.*
- *Debe ser computacionalmente difícil, hallar dos mensajes m y m' tales que $h(m) = h(m')$.*

Entre las funciones hash que se usan para criptografía están: MD2, MD4, MD5, donde MD significa *Message Digest*, y el algoritmo estándar al momento de escribir éstas notas es el *Secure Hash Algorithm* por sus siglas en inglés SHA. La MD5 fue diseñada por Ron Rivest, toma como entrada un mensaje de longitud arbitraria y proporciona como salida una cadena binaria de 128 bits. El mensaje de entrada se procesa por bloques de 512 bits. La SHA fue diseñada por en NIST y se estableció como estándar en 1993. Recibe como entrada un mensaje con longitud menor a 2^{64} bits y como salida se obtiene una cadena binaria de 160 bits. Al igual que el MD5, se procesa en bloques de 512 bits [25].

Referencias

[1] Cifrado simetrico. Guía de Gnu Privacy Guard, 2015. https://www.gnupg.org/gph/es/manual/c190.html#AEN201.

[2] em client. eM Client web page, 2015. http://www.emclient.com/.

[3] Opera mail. Opera Mail web pages, 2015. http://www.opera.com/es-419/computer/mail.

[4] Post box. Post Box web page, 2015. https://www.postbox-inc.com/.

[5] Thunderbird. Thunderbird web pages, 2015. https://www.mozilla.org/es-ES/thunderbird/.

[6] Zimbra. Zimbra web pages, 2015. https://www.zimbra.com/.

[7] R. Allenby. *Rings, fields, and groups: an introduction to abstract algebra*. E. Arnold, 1983.

[8] Alonsojpd. Montar un servidor de correo electrónico mail en linux ubuntu. AJPDsoft, 2015. http://www.ajpdsoft.com/modules.php?name=News&file=article&sid=506.

[9] T. Brehm. The perfect server - ubuntu 15.10 (wily werewolf) with apache, php, mysql, pureftpd, bind, postfix, dovecot and ispconfig 3. How to Forge, 2015. https://www.howtoforge.com/tutorial/ubuntu-perfect-server-with-apache-php-myqsl-pureftpd-bind-postfix-doveot-and-ispc

[10] M. Brodsky. Reflexiones jurídicas sobre el e-marketing en chile. Interactive Advertising Bureau, 2015. http://www.iab.cl/reflexiones-juridicas-sobre-el-e-marketing-en-chile/.

[11] D. Chakraborty and F. Rodríguez-Henríquez. Block cipher modes of operation from a hardware implementation perspective. In Ç. K. Koç, editor, *Cryptographic Engineering*, pages 321–363. Springer, 2009.

[12] S. Diaz-Santiago and D. Chakraborty. On securing communication from profilers. In P. Samarati, W. Lou, and J. Zhou, editors, *SECRYPT 2012 - Proceedings of the International Conference on Security and Cryptography, Rome, Italy, 24-27 July, 2012, SECRYPT is part of ICETE - The International Joint Conference on e-Business and Telecommunications*, pages 154–162. SciTePress, 2012.

[13] P. Golle and A. Farahat. Defending email communication against profiling attacks. In *Proceedings of the 2004 ACM Workshop on Privacy in the Electronic Society, WPES 2004, Washington, DC, USA, October 28, 2004*, pages 39–40, 2004.

[14] A. Gulbrandsen and N. Freed. Internet Message Access Protocol (IMAP) - MOVE Extension. RFC 6851, 2015.

[15] D. Jurafsky and J. H. Martin. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 1st edition, 2000.

[16] D. J. C. Klensin. Simple Mail Transfer Protocol. RFC 5321, 2015.

[17] J. Klensin. Simple Mail Transfer Protocol. RFC 2821 (Proposed Standard), April 2001. Obsoleted by RFC 5321, updated by RFC 5336.

[18] W. Koch. The gnu privacy guard. GnuPG web page, 2016. `https://www.gnupg.org/index.html`.

[19] D. P. Martínez. Postgresql vs. mysql. geekWare, 2015. `https://danielpecos.com/documents/postgresql-vs-mysql/`.

[20] J. Myers and M. Rose. Post Office Protocol - Version 3. RFC 1939 (Standard), 1996. Updated by RFCs 1957, 2449.

[21] J. Peralta. Anillos y cuerpos. Campus Virtual Univesidad de Almería, 2016. `http://www.ual.es/personal/jperalta/anilloscuerpos.pdf`.

[22] N. Roshanbin and J. Miller. A survey and analysis of current captcha approaches. *J. Web Eng.*, 12(1-2):1–40, 2013.

[23] sawiyati. How to install apache, php and mariadb on ubuntu 15.04. Server Mom, 2015. `http://www.servermom.org/install-apache-php-mariadb-ubuntu-15-04/2208/`.

[24] A. Shamir. How to share a secret. *Commun. ACM*, 22(11):612–613, 1979.

[25] W. Stallings. *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Pearson Education, 5a edition, 2002.

[26] D. R. Stinson. *Cryptography Theory and Practice*. Chapman & Hall/CRC, 3a edition, 2006.

[27] O. Tezer. Sqlite vs mysql vs postgresql: A comparison of relational database management systems. Digital Ocean, 2014. `https://www.digitalocean.com/community/tutorials/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql-a-comparison-of-relational-database-management-syst`

[28] M. R. S. Villanueva. Aritmética del reloj. Departamento de Matemáticas de la Universidad de Puerto Rico en Aguadilla, 2016. `http://math.uprag.edu/milena/4.5%20ARITMETICA%20DEL%20RELOJ.pdf`.

[29] Wikipedia. Ciphertext-only attack — Wikipedia, the free encyclopedia, 2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Ciphertext-only_attack.

[30] Wikipedia. Email — Wikipedia, the free encyclopedia, 2015. http://en.wikipedia.org/wiki/Email.

[31] Wikipedia. Pretty good privacy — Wikipedia, the free encyclopedia, 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Pretty_Good_Privacy.

[32] L. G. G. y Dr. Sergio Rajsbaum. Critofrafía. Temas selectos de la web, 2015. http://www.matem.unam.mx/rajsbaum/cursos/web/presentacion_seguridad_1.pdf.

[33] E. A. M. y M.C. Ma. Jaquelina López Barrientos. Fundamentos de critofrafía. Universidad Nacional Autonoma de México Facultad de Ingenieria, 2015. http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/criptografia/criptografia/.