

# **SEGURIDAD EN LAS TIC: IDENTIDAD DIGITAL**



---

# **SEGURIDAD EN LAS TIC: IDENTIDAD DIGITAL Aportes desde CENDITEL**

---

**E. Mora, A. Araujo, V. Bravo, R. Sumoza**

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

**CENDITEL**

Ministerio para el Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Innovación



**Publicación de la Fundación CENDITEL**

Copyright ©2014 por Fundación CENDITEL.

Publicado por Fundación CENDITEL - MPPCTI.

Aquí deberíamos escribir la licencia de CENDITEL

***Publicaciones de CENDITEL:***

Seguridad en las TIC: Identidad Digital / Endira Mora . . . [et al.].

p. cm.—(Documentos CENDITEL)

“Licencia CENDITEL.”

Incluye referencias bibliográficas e índice.

ISBN X-YYY-XYXYX-X (pbk.)

1. Referencia—Metodología. 2. Investigación

Impreso en la República Bolivariana de Venezuela.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

*A la creatividad*

# CONTRIBUYENTES

---

SUCERTE Superintendencia de Servicios de Certificación Electrónica

MPPCTI Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Innovación



# LISTA BREVE DE CONTENIDOS

---

## PARTE I SEGURIDAD EN LAS TIC Y LA IDENTIDAD DIGITAL.

<b>1 Bases de la identidad digital</b>	<b>3</b>
A. Araujo, V. Bravo y R. Sumoza	
<b>2 Políticas de Seguridad</b>	<b>47</b>
A. Araujo y V. Bravo	
<b>3 Sistemas Anónimos</b>	<b>85</b>
R. Sumoza	
<b>4 Fundamentos Jurídicos</b>	<b>103</b>
E. Mora	

## PARTE II APORTES DE CENDITEL EN LA SEGURIDAD VINCULADA A LA IDENTIDAD DIGITAL EN LAS TIC

<b>5 Desarrollo de una aplicación para Gestión de una Autoridad de Certificación Raíz bajo Estándar X.509 utilizando Software Libre</b>	<b>115</b>
V. Bravo y A. Araujo	
<b>6 Propuesta de acoplamiento de la firma electrónica avanzada en procesos de negocio</b>	<b>135</b>
V. Bravo y A. Araujo	
<b>7 Modelo de protocolo para un sistema anónimo basado en estrategias bio-inspiradas</b>	<b>151</b>
R. Sumoza	
<b>8 Sistema de medición alternativo</b>	<b>157</b>
R. Sumoza	



# CONTENIDOS

---

Lista de Figuras	xv
Lista de Tablas	xix
Prólogo	xxi
Agradecimientos	xxiii
Acrónimos	xxv
Glosario	xxvii
Lista de Símbolos	xxix
Introducción	xxx
<i>Linus Torvalds, Ing.</i>	

## **PARTE I SEGURIDAD EN LAS TIC Y LA IDENTIDAD DIGITAL.**

<b>1 Bases de la identidad digital</b>	<b>3</b>
A. Araujo, V. Bravo y R. Sumoza	
1.1 Identidad Digital-ID	3
1.1.1 Identidad Parcial	4
1.1.2 Sociedad Digital	4
	<b>ix</b>

**x**    **CONTENIDOS**

1.1.3	Rol	5
1.1.4	Manejo de la ID	5
1.2	Protección de la ID	6
1.2.1	Registro del comportamiento	6
1.2.2	Privacidad vinculada a la ID	7
1.2.3	Certificación Electrónica	13
1.2.4	Firma Electrónica	14
1.3	Legislación vinculada a la ID	14
1.4	Implicaciones Sociales	14
1.5	Implicaciones Económicas	14
1.6	Implicaciones Técnicas	14
1.7	Técnicas de verificación de identidad	14
1.7.1	Contraseñas	15
1.7.2	Certificados electrónicos	17
1.7.3	Firmas electrónicas	23
1.7.4	Dispositivos de usuario	25
	Referencias	45
<b>2</b>	<b>Políticas de Seguridad</b>	<b>47</b>
	A. Araujo y V. Bravo	
2.1	Introducción	47
2.2	Políticas de Seguridad de las Tecnologías de Información y Comunicación	48
2.3	Importancia de la Seguridad de la Información	49
2.4	Seguridad de la Información para Tecnologías Libres	50
2.5	Principio de Defensa en profundidad	51
2.5.1	Los principios generales de la defensa en profundidad	53
2.6	Responsabilidad	54
2.7	Procesos para aumentar la adopción de seguridad de la información	54
2.7.1	Identificación de los riesgos	54
2.7.2	Evaluación de los riesgos de seguridad	56
2.7.3	Selección de los controles	57
2.7.4	Implementar los controles seleccionados	58
2.7.5	Supervisar y mejorar los controles de seguridad	59
2.8	Grupo de seguridad de la información	60
2.9	Gestión de contraseñas	60
2.9.1	Tamaños de contraseñas	61
2.10	Entornos de la Seguridad de la Información	62

2.10.1	Puesto de trabajo	62
2.10.2	Centro de datos	63
2.11	Tipos de Seguridad de la Información	63
2.11.1	Seguridad Lógica	63
2.11.2	Seguridad Física	63
2.12	Cuenta de usuario	63
2.12.1	Cuenta de usuario crítica	63
2.13	Vulnerabilidades de los sistemas de información	63
2.13.1	Causas de las vulnerabilidades de los sistemas informáticos	64
2.14	Herramientas para la seguridad de la información	64
2.14.1	Cortafuegos	64
2.14.2	Utilidad de un cortafuegos	65
2.14.3	Consideraciones para la instalación y configuración de cortafuegos	67
2.14.4	Sistemas de detección de intrusiones (IDS)	68
2.15	Identificación de los riesgos a terceros	69
2.16	Seguridad lógica en los puestos de trabajo	70
2.17	Seguridad lógica en los centros de datos	71
2.18	Seguridad física en los puestos de trabajo	72
2.19	Seguridad física en los centros de datos	73
2.19.1	Servicios que prestan o prestarán los centros de datos	73
2.19.2	Ubicación y condición física de los centros de datos	73
2.19.3	Especificaciones técnicas de los centros de datos	74
2.19.4	Control de acceso físico a los centros de datos	75
2.19.5	Sistema de aire acondicionado	76
2.19.6	Protección, detección y extinción de incendios	77
2.20	Especificación de las Políticas de seguridad de la información en los centros de datos	77
2.21	Políticas de respaldo y recuperación	78
2.21.1	Normas para las políticas de respaldo y recuperación	79
2.22	Gestión de incidentes de seguridad	79
2.22.1	Antes del incidente de seguridad:	80
2.22.2	Durante el incidente de seguridad:	81
2.22.3	Después del incidente de seguridad:	81
2.23	Plan de recuperación ante desastres	82
	Referencias	83

<b>3    Sistemas Anónimos</b>	<b>85</b>
R. Sumoza	
3.1    Técnicas para proporcionar privacidad	87
3.1.1    Bases del Anonimato	88
3.1.2    Técnicas de Anonimato	90
Referencias	101
<b>4    Fundamentos Jurídicos</b>	<b>103</b>
E. Mora	
4.1    El ordenamiento jurídico venezolano y las nuevas tecnologías de la información	103
4.1.1    Caso Latino America	105
4.1.2    Ley de Mensajes de Datos y Firmas Electrónicas, Ley de Infogobierno, Ley de Interoperabilidad y Ley Especial Contra los Delitos Informáticos	109
4.2    La insuficiencia de las regulaciones jurídicas existentes	109
Referencias	111

**PARTE II    APORTES DE CENDITEL EN LA SEGURIDAD VINCULADA A LA IDENTIDAD DIGITAL EN LAS TIC**

<b>5    Desarrollo de una aplicación para Gestión de una Autoridad de Certificación Raíz bajo Estándar X.509 utilizando Software Libre</b>	<b>115</b>
V. Bravo y A. Araujo	
5.1    Introducción	116
5.2    Marco Teórico	117
5.2.1    Seguridad Informática	117
5.2.2    Criptografía	118
5.2.3    Certificados electrónicos	118
5.2.4    Estándar X.509	119
5.2.5    Lenguaje Unificado de Modelado	120
5.2.6    Software Libre	121
5.3    Infraestructura de Clave Pública	121
5.3.1    Componentes de la Infraestructura de Clave Pública (ICP)	122
5.4    Desarrollo de la aplicación	123
5.4.1    Conceptualización	123

5.4.2	Diseño	124
5.4.3	Implementación	126
5.4.4	Pruebas	129
5.4.5	Despliegue y configuración	130
5.5	Conclusiones	130
5.6	Glosario	132
Referencias		133

## **6 Propuesta de acoplamiento de la firma electrónica avanzada en procesos de negocio 135**

V. Bravo y A. Araujo

6.1	Introducción	136
6.2	El modelo actual de Firma Electrónica	136
6.3	Antecedentes	138
6.4	Acoplamiento de la Firma Electrónica Avanzada	139
6.4.1	Componente de Firma Electrónica Avanzada	139
6.4.2	Método de conexión	141
6.5	Casos de estudio	143
6.5.1	Caso OpenERP	144
6.5.2	Caso SAID	144
6.5.3	Caso Flujos de Trabajo	147
6.6	Conclusiones	147
Referencias		149

## **7 Modelo de protocolo para un sistema anónimo basado en estrategias bio-inspiradas 151**

R. Sumoza

7.1	Introducción	151
7.2	Colonias Artificiales de Hormigas en Anonimato	152
7.3	Conclusión	154
Referencias		155

## **8 Sistema de medición alternativo 157**

R. Sumoza

8.1	Introducción	158
8.2	Trabajos Relacionado	158
8.3	Propuesta	159
8.3.1	Raíz del Error Cuadrático Medio - RSME	159

**xiv**    CONTENIDOS

8.3.2	Divergencia de Jennesen-Shannon	160
8.3.3	Resultados	160
	Referencias	163
	<b>Apéndices</b>	<b>163</b>
<b>A</b>	<b>Contenido de un certificado electrónico X.509 Versión 3 en formato de texto plano</b>	<b>167</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

1.1	Seudonimato	9
1.2	Seudonimato con respecto al Anonimato	11
1.3	Conjuntos No Observables	13
1.4	Cédula de identidad de la República Bolivariana de Venezuela.	18
1.5	Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica.	19
1.6	Sistema de banca en línea que utiliza un certificado electrónico.	21
1.7	Detalles de los campos de un certificado electrónico.	24
1.8	Tarjeta de débito magnética.	26
1.9	Tarjeta magnética de telefonía pública.	27
1.10	Tarjeta de chip de telefonía pública.	28
1.11	Tarjetas con microprocesador.	29
1.12	Tarjeta sin contacto.	31
1.13	Tarjeta dual o híbrida.	31

1.14	Lectores de tarjetas inteligentes de contacto.	32
1.15	Lectores de tarjetas inteligentes sin contacto.	32
1.16	Lector de tarjetas inteligentes de interfaz dual.	33
1.17	Token criptográficos.	34
1.18	Token criptográfico en formato MicroSD y SD.	34
1.19	Dispositivos de contraseña de un solo uso.	35
1.20	Chip SIM de telefonía celular.	36
1.21	Lectores biométricos.	38
1.22	Tarjeta electrónica de alimentación.	40
1.23	Tarjeta inteligente para certificado electrónico.	40
1.24	Token USB para certificado electrónico.	41
1.25	Tarjeta inteligente de pasaje estudiantil.	41
1.26	Tarjeta y lector de control de acceso físico.	42
1.27	Muestra de pasaporte electrónico.	43
1.28	Símbolo de pasaporte electrónico según ICAO.	44
2.1	<i>Enfoque tradicional de Seguridad.</i>	52
2.2	<i>Enfoque de defensa en profundidad.</i>	53
2.3	<i>Proceso de percepción de la Seguridad.</i>	55
2.4	<i>Corta fuego por Hardware.</i>	65
2.5	<i>Cortafuegos por Software.</i>	66
2.6	<i>Cortafuegos personal.</i>	67
2.7	<i>Cortafuegos personal combinado.</i>	68
2.8	<i>Estructura funcional básica del IDS.</i>	69
3.1	Configuración del Sistema General	88
3.2	Conjuntos Anónimos	90
3.3	Redes de Mezcla	97
3.4	Topología Mix	98
5.1	Especificación del estandar X.509	119

5.2	Modelo jerárquico de una ICP	123
5.3	Caso de uso principal	125
5.4	Caso de uso para el actor Administrador Autoridad de Certificación	126
5.5	Diagrama de clases	126
5.6	Diagrama de actividades para el caso de uso “Emisión de Certificados“	127
5.7	Sistema de registro de acciones	128
5.8	Configuración de los componentes del nodo raíz de una ICP	131
6.1	Diagrama UML de acoplamiento	141
6.2	Diagrama de flujo para el acoplamiento del ComponenteFEA	142
6.3	Interfaz de usuario OpenERP para el ComponenteFEA	145



## LISTA DE TABLAS

---

1.1	Fabricantes de Tarjetas JavaCard y sus Sistemas Operativos	30
1.2	Proporción de suscriptores por tipo de tecnología móvil.	39



# PRÓLOGO

---

Prólogo



# AGRADECIMIENTOS

---

Le agradecemos a todos: ¡GRACIAS!

E. A. V. R.



# ACRÓNIMOS

---

ISO	International Standard Office
IETF	Internet Engineering Task Force
gvillasana	acro gvillasana
emora	acro emora
rsumoza	acro rsumoza



# GLOSARIO

---

Anonimato	Aun muy incomprendido.
Criptografía	
Identidad	Sinónimo de cultura y algo. hgjgjk hhj jhhhj
Firma electrónica	Rúbrica hecha con ceros y unos
Algoritmo criptográfico	



# SÍMBOLOS

---

- $A$  Amplitud
- $\&$  Símbolo lógico proposicional
- $B$  Número de pulsaciones



# INTRODUCCIÓN

---

VICTOR BRAVO, RODOLFO SUMOZA

Fundación Cenditel

La era digital ha implicado incontables cambios en las vidas de las personas en todo el mundo. Ya sea indirecta o directamente, cada uno de nosotros poseemos vínculos con el entorno digital. Utilizamos las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para desarrollar un sinnúmero de actividades que contribuyen con la estructuración social y cultural vigente. Esto ha involucrado la necesidad de adaptarnos a nuevas formas de percibir y entender la vida, incluyendo la propia forma que nos conocemos o nos damos a conocer, es decir, nuestra forma de hacer sociedad y la manera cómo evolucionan nuestras culturas. Uno de los temas que requiere particular atención en relación con estas ideas es el de la identidad en la Internet, idea de amplio uso en la informática actual y que se ha delimitado y enmarcado bajo el concepto de **Identidad Digital**.

Esta noción toma elementos del término tradicional de identidad. La identidad en su definición más básica implica el reconocimiento de las personas a través del uso de características apreciables de forma física, que generalmente son elementos propios y únicos de cada ser humano, como los son la apariencia, la forma geométrica de la mano o las huellas dactilares. En este sentido, cada país en particular ha adoptado esquemas de identificación para sus ciudadanos que utilizan técnicas estándares menos o más sofisticadas que permiten la interacción social y cultural dentro de una sociedad formada para y en la modernidad. La Identidad Digital promete traer nuevas

posibilidades a las naciones y al mundo en su conjunto, pero también se plantea como una nueva dimensión social y personal que se construye con la práctica informática del día a día involucrando nuevos y diversos aspectos técnicos, jurídicos y sociales. Es por ello, que en este nuevo ámbito llamado ciberespacio, no es obligatorio el uso de elementos biométricos para construir la identidad de un individuo, ya que entre otras consideraciones estos elementos ameritan un andamiaje tecnológico que actualmente puede resultar costoso, excesivo o engorroso. Hoy en día, la Identidad Digital no sólo se acota a un documento de identificación, sino que se amplía a todas las características que definen a un individuo y a través de la cuales se puede dar cuenta de su propia existencia en el ciberespacio.

En los últimos 6 años, en la Fundación CENDITEL (núcleo Mérida) se han estado realizando proyectos de investigación y desarrollo en el área de la Identidad Digital, particularmente se ha trabajado en los temas de Certificación Electrónica, Firma Electrónica, Privacidad y Anonimato, produciendo en este recorrido publicaciones, software y hardware, todo ello bajo las pautas del software libre.

Este libro surge como una iniciativa para dar a conocer los aportes hechos desde la Fundación y con la intención que los lectores que no estén cercanos a estos temas de estudio, les sea posible captar y aprender aspectos importantes de su fundamentación, por medio de la cual conozcan las bases teóricas necesarias para la comprensión de las propuestas hechas en Cenditel.

El libro se divide en dos partes, la primera de ellas orientada a mostrar el tema en estudio desde diferentes perspectivas. Así, en el primer capítulo se describen conceptos estrechamente vinculados a la Identidad Digital, utilizando una estrategia de revisión de términos y tecnologías que se consideran claves dentro del contexto venezolano y latinoamericano. Seguidamente, en el segundo capítulo se desarrolla una propuesta de “Políticas de seguridad de la información en software libre” aplicables directamente a pequeñas y medianas organizaciones, así como también puede ser útil para usuarios particulares que trabajen en ambientes informáticos. En el tercer capítulo se discuten las principales ideas relacionadas con este tema en el área jurídica actual venezolana y sus repercusiones en los ámbitos técnicos y sociales del país. Para finalizar la primera parte se introduce el tema de Anonimato, concepto que abre el espectro de la identidad ya que incluye aspectos sobre el comportamiento y accionar humano.

La segunda parte incluye cinco artículos que fueron publicados en espacios de divulgación científica tales como congresos o revistas científicas, que se quisieron compilar en este libro con el fin de que tuviesen mayor difusión. Bajo este esquema, se presenta un artículo sobre el desarrollo de una aplicación de gestión para Autoridades de Certificación Raíz de una PKI. Un segundo artículo muestra un método para integrar firmas electrónicas en procesos de negocio. El tercer artículo aborda la *ciberseguridad* en el contexto actual y finalmente sobre anonimato se presentan dos artículos: el primero de ellos muestra una propuesta que implica utilizar estrategias bioinspiradas para la optimización en un sistema de anonimato y el segundo propone una nueva forma de medir el rendimiento para este tipo de sistema.

**PARTE I**

---

**FUNDAMENTOS**

---





## CAPÍTULO 1

# BASES DE LA IDENTIDAD DIGITAL

---

A. ARAUJO, V. BRAVO Y R. SUMOZA

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

Con la intención de enfocar el tema de la Identidad Digital (ID) hacia lo que busca explicar este material, a continuación se presentan las definiciones de algunos términos necesarios para tal contextualización. Inicialmente se muestran conceptos sobre la propia *Identidad Digital*, luego se explican términos relevantes como el de *Rol*, *identidad parcial*, *manejo de la identidad*, y la *protección de la identidad*, que involucra el área de la *privacidad*, *anonimato*, *seudonimato*, *certificación* y *firma electrónica*.

### 1.1 Identidad Digital-ID

Los siguientes conceptos se utilizaron como base en el trabajo [1] y se presentan de manera resumida a continuación:

1. Es el conjunto de datos que describen y representan a un sujeto: persona, grupo de personas o cosas de manera única. Puede contener información sobre gustos,

*Seguridad en las TIC: Identidad Digital, Primera Edición.*

By Endira Mora, Antonio Araujo, Víctor Bravo, Rodolfo Sumoza

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc.

creencias, relaciones, tendencias, ideologías, y cualquier otro descriptor vinculado al sujeto.

2. Es la suma de toda la información disponible en formato digital de un sujeto (persona, grupo de personas, cosas).
3. Puede ser explicada como una percepción única o exclusiva de vida, con su integración a un grupo social, y con continuidad, la cual está acotada y formada por una sociedad. La identidad puede estar ligada a cualquier sujeto, ya sean seres humanos, personas jurídicas, y dispositivos electrónicos.
4. La identidad es un conjunto de atributos pertenecientes a un individuo que permiten diferenciarlo del resto de individuos que forman parte de un conjunto determinado. Por esta razón no existe una identidad única y universal, sino que pueden existir varias para un mismo individuo, según el conjunto y contexto al que se haga referencia. Incluso los valores de los atributos y los atributos mismos pueden cambiar en el tiempo.
5. La identidad digital denota la atribución de propiedades a una persona, los cuales son, desde el punto de vista técnico, operacionalmente accesible de forma inmediata, por su característica digital. El identificador de una identidad parcial digital puede ser una dirección de correo electrónico en un grupo de noticias o en una lista de correos.

### 1.1.1 Identidad Parcial

Una identidad parcial es un subconjunto de atributos del conjunto que compone la identidad completa, formada por la unión de todos los atributos de esta persona. Desde un punto de vista técnico, estos atributos constituyen datos. Como se mencionó anteriormente estos atributos y los valores de la identidad parcial pueden variar en el tiempo. Un seudónimo puede considerarse como una identidad parcial. A pesar de que una identidad parcial no permite caracterizar a un individuo de forma única dentro de un conjunto específico, si puede, según la cantidad de atributos contenidos en el subconjunto, hacer posible tener varios contextos de aplicación del anonimato. La identidad de cada persona está compuesta por muchas identidades parciales, las cuales representan a la persona en un contexto o rol específico.

### 1.1.2 Sociedad Digital

Es un concepto moderno de sociedad progresiva que se forma como resultado de la adopción e integración de las TIC en ámbitos de hogar, de trabajo, de educación, de recreación. Las personas interactúan a través de diversos tipos de actividades, como el pago de los diversos servicios públicos, la gestión de sus cuentas, el pago de los impuestos, el acceso a información de su interés, el registro de empresas, obtención de tarjetas de identificación, autenticación, transacciones financieras, registros médicos, situación laboral, revisión de oportunidades de empleo, etc.

### 1.1.3 Rol

Desde el punto de vista de la sociología un rol o rol social constituye un conjunto de acciones conectadas o relacionadas, conceptualizadas por los actores en una situación social. Es frecuente definirlo como un comportamiento esperado en un contexto individual social dado.

El Rol en Informática es un término vinculado a la Seguridad de las TICs y su significado es el de la función que un usuario tiene al utilizar un sistema. Las funciones les dan acceso a diferentes niveles de seguridad.

### 1.1.4 Manejo de la ID

En identidad digital se logra distinguir entre dos instancias de los sujetos (personas, grupos de personas o cosas), la primera es la definición de sí mismo (auto-definición interior y personal), y la segunda que los define en un contexto social con sus respectivos atributos, y que se mantiene para dar la posibilidad del acceso a la comunicación y que los ata de cierta manera a un control y un grado de consistencia con respecto al resto.

El manejo de la ID implica la gestión de varias identidades parciales (usualmente denotadas por seudónimos) de un individuo. El establecimiento de la reputación es posible cuando un individuo re-utiliza las identidades parciales. Un pre-requisito para la selección de una identidad parcial es el de conocer el contexto en el que la persona está actuando.

#### 1.1.4.1 Sistema de manejo de la identidad

Se refiere a la administración y diseño de los atributos de las identidades. Se puede distinguir entre un sistema de manejo de identidad y una aplicación para el manejo de la identidad: La primera puede ser entendida como una infraestructura, y la segunda como un conjunto de componentes coordinados entre sí. Las aplicaciones para el manejo de la identidad son herramientas para manejar individualmente sus comunicaciones relevantes, las cuales pueden ser configuradas y operadas en el lado de los usuarios o en el lado de los servidores. El manejo de la identidad, soportado técnicamente, tiene que autorizar a los usuarios para reconocer diferentes tipos de comunicaciones o situaciones sociales, y acceder a ellas con respecto a su relevancia, funcionalidad y al nivel de riesgo de la privacidad y seguridad en función de hacer y asumir roles de forma adecuada.

En general, las aplicaciones para el manejo de la identidad, específicamente en cuanto al manejo de las identidades parciales, representan los diferentes seudónimos con su respectivos datos de acuerdo a los diferentes roles que el usuario ha asumido y de acuerdo a los diferentes patrones de comunicación. En los casos donde se hace explícito el flujo de los datos personales, donde se le permite al usuario tener un mayor grado de control, la guía principal es la de “reconocer y escoger” su propia identidad, y se procura minimizar la cantidad de los datos utilizados. De acuerdo a una situación y contexto específico, tal sistema le da soporte al usuario en la selección de seudónimos que representen a sus identidades parciales.

## 1.2 Protección de la ID

### 1.2.1 Registro del comportamiento

#### 1.2.1.1 *Análisis de Tráfico*

Tal como se menciona en [2] el Análisis de Tráfico tuvo sus orígenes durante la Segunda Guerra Mundial, incluyendo su relación con el ataque que se hizo sobre Pearl Harbour. Actualmente Google utiliza los enlaces de incidencia para evaluar la importancia de las páginas web, las compañías de tarjetas de crédito examinan las transacciones para descubrir patrones de gastos fraudulentos. La idea de fondo de esta técnica radica en que durante el tráfico de datos se pueden registrar el tiempo y la duración de la comunicación, y se examina esta información para determinar la forma detallada del flujo de datos, las identidades de las partes que se comunican, y lo que puede ser establecido sobre su ubicación. Incluso los datos pueden ser poco precisos o estar incompletos, y simplemente a través del conocimiento de patrones típicos de comunicación se podría inferir sobre una comunicación en particular que se esté observando.

Esta técnica a pesar de que obtiene información de menor calidad en comparación a la obtenida con las técnicas del criptoanálisis, es mucho más fácil, barata y viable en cuanto a la extracción y procesamiento del tráfico de datos. El Análisis de Tráfico ha inspirado a otras técnicas utilizadas para la protección de sistemas, y para la construcción de sistemas de confianza. En cuanto al Análisis de Tráfico del protocolo de seguridad SSH (cónsola de comandos segura, o SSH por sus siglas en inglés), a pesar que ofrece comunicaciones seguras para acceder a terminales remotos a través de un proceso de autenticación que utiliza mecanismos de clave pública, y que luego de este proceso toda la información viaja cifrada garantizando su confidencialidad e integridad, en [3] se muestra que aun existe gran cantidad de información que aun se deja pasar sin ocultarse. En su modo interactivo, el protocolo SSH transmite cada pulsación de tecla como un paquete distinto y de esta forma la longitud de la clave puede ser trivialmente descubierta. Además, dado que la distribución de los teclados no es aleatoria, y que las claves con frecuencia están basadas en palabras reales, el tiempo exacto de las pulsaciones de teclas está relacionado a qué tan rápido un carácter particular puede ser tipeado después de otro. Esto implica que al haber una suficiente variabilidad entre los patrones de tipeo de las personas entonces existe la posibilidad de identificarlos, particularmente después de observar una secuencia larga.

El Análisis de Tráfico de los protocolos introducidos para proveer accesos web privados (Secure Sockets Layer o SSL y el Transport Layer Security o TLS), se basa en estudiar la información que aun deja escapar este protocolo cuando se establece una comunicación web hacia un servidor. Los navegadores solicitan recursos, que son normalmente páginas HTML, y éstas a su vez están asociadas a otras recursos

adicionales como imágenes, tablas, etc., las cuales pueden ser descargadas a través de enlaces cifrados, pero su tamaño aun puede ser determinado por el observador, quien puede inferir cuáles páginas están siendo accedidas (por ejemplo podrá inferir cuáles reportes de una compañía están siendo descargados). Incluso, estudiando el comportamiento de los sistemas de almacenamiento local de las páginas visitadas en la web (web cache) puede inferirse cuáles sitios web se han accedido con sólo reconocer el patrón de almacenamiento en los cache de cada uno.

Se puede determinar la identificación de los dispositivos en la red sólo con estudiar el comportamiento y las características particulares de los cambios del reloj en cada dispositivo.

### **1.2.2 Privacidad vinculada a la ID**

La privacidad está vinculada a toda la información proveniente de cualquier fuente que se relacione a un individuo y que éste desea que no se divulgue públicamente. Esta información puede estar contenida en los perfiles que se tienen del individuo. Estos perfiles son conjuntos de atributos que se consideran identidades parciales de las personas. Cuando terceros (atacantes) crean a través de ataques como el Análisis de Tráfico, sin autorización, estos perfiles de las personas para realizar hechos negativos (no deseados) contra los mismos, se considera que existe una vulnerabilidad que debe ser protegida. Es por eso que en el contexto de la Idenidad Digital, y su protección, están involucradas las técnicas y procedimientos para proteger la Privacidad, y puntualmente se puede hablar de Anonimato al procurar evitar la creación de dichos perfiles sin autorización.

#### **1.2.2.1 Anonimato**

Este concepto está vinculado a los usuarios (sujetos) que utilizan un sistema de comunicación, y que en general puede decirse que un sujeto es anónimo cuando no puede ser identificado dentro de un conjunto de sujetos, denominado el conjunto anónimo. Este conjunto está conformado por todos los posibles sujetos que pueden causar (o estar relacionados con) una acción. "No ser identificado" significa que ese sujeto no puede ser caracterizado de forma única o particular dentro de ese conjunto. Un sujeto actúa anónimamente cuando, desde el punto de vista del adversario, su acción no puede relacionarse con su identidad, dado que hay un conjunto de sujetos que podrían ser los causantes potenciales de la acción (y el adversario no puede distinguir a su verdadero causante). El anonimato debe permitirle a un sujeto utilizar un recurso o servicio sin revelar su identidad, esto implica que el anonimato por si mismo no procura proteger la identidad de un usuario en un ámbito general, lo que pretende es evitar que otros usuarios o sujetos no puedan determinar la identidad de un usuario cuando éste genera una acción u operación en particular.

#### **1.2.2.2 Seudonimato**

La palabra seudónimo proviene del griego ("pseudonumon") la cual significa "nombre falso", es decir, un nombre distinto al "nombre real". Sin embargo, como el "nombre real" tiene también un origen arbitrario, el nombre de seudónimo puede ser

extendido a todos los identificadores o cualquier otra cadena de bits que identifique a un sujeto. Tal como se expresa en [1], los seudónimos son identificadores (nombres u otras cadenas de bits) de sujetos. Para el caso que se está tratando, son los identificadores de los emisores y receptores de mensajes. Es posible que en algunos casos convenga agrupar los nombres reales en un conjunto distinto al de los “nombres falsos” (no considerados reales), pero en otros casos un “nombre real” puede ser considerado como un seudónimo que resulta de una selección inicial, para la identificación de un sujeto. Incluso, en gran parte de la literatura excluyen la fracción que le da el nombre de “falso” (“pseudo”), y sólo utilizan, para referirse a nombres de seudónimos, la palabra *nym*s. Desde un punto de vista más básico (fundamental), un seudónimo puede ser considerado como un tipo de atributo del sujeto, que puede ser controlado por el diseñador de sistemas o por el mismo usuario.

Se pueden generalizar los seudónimos como identificadores de sujetos particulares o conjuntos de sujetos que son sus contenedores. En las configuraciones tradicionales se asume que cada seudónimo se refiere a un solo contenedor, invariante sobre el tiempo, el cual no puede ser transferido a otros contenedores. Algunos tipos especiales de seudónimos pueden ser solamente extendidos y transferidos a otros contenedores, por ejemplo, un seudónimo de grupo se refiere a un conjunto de contenedores, y un seudónimo transferible puede ser transferido de un contenedor a otro. Utilizando la noción de seudónimo de grupo, se podría inducir el conjunto anónimo: Utilizando la información provista por el seudónimo solamente, un atacante no podría decidir si una acción fue ejecutada por una persona específica dentro del conjunto.

En resumen, utilizando un criterio formal, un seudónimo se puede considerar como el estado de utilizar un “nombre falso” como identificación (ID), y seudonimato se puede definir como el proceso donde se utilizan los seudónimos como identificadores. El seudonimato tiene como uno de sus principales objetivos el permitirle a un usuario utilizar un recurso o servicio sin tener que revelar su verdadera identidad, y sin quitarle la responsabilidad sobre el uso del mismo.

Es evidente, por definición, que el anonimato y la responsabilidad son extremos opuestos con respecto a la relacionabilidad de los sujetos, sin embargo, a través del uso del seudonimato se procura establecer un punto intermedio para cumplir con ambas partes: Responsabilizar a los usuarios (sujetos) de sus acciones y evitar que se revele su identidad. Incluso utilizando el mismo seudónimo, le puede permitir al sujeto tener cierto nivel de reputación (esto suponiendo que existen los mecanismos adecuados para poder autenticar los mensajes enviados por el contenedor del seudónimo). Además, existen configuraciones de sistemas anónimos que permiten evitar el abuso en su utilización, pudiendo revelarse, en ciertos casos, la identidad del usuario que haya incurrido en cualquier tipo de acciones no permitidas (esto en el supuesto que sólo determinadas autoridades certificadas pueden revelar esta identidad).

El seudonimato del emisor se define como el uso de seudónimos por parte del emisor, y el seudonimato del receptor se define como el uso de seudónimos del receptor. En la figura 1.1 se representa esta noción de seudonimato (extraída de [1]).

Cuando se utilizan “nombres falsos” como etiquetas que identifican a un sujeto, es conveniente considerar cómo se trata o maneja la responsabilidad y la autorización. Es decir, los seudónimos digitales pueden ser utilizados para autenticar los mensajes, ya que un seudónimo digital es una cadena de bits que dentro de este contexto es un único ID del sujeto, el cual puede ser utilizado para autenticar el ítem de interés o IDI del contenedor relativo a su seudónimo, esto implica que la responsabilidad puede ser manejada a través del uso de seudónimos. Sin embargo, puede no ser suficiente para alcanzar este tipo de gestión de la responsabilidad, por tal motivo en algunos casos prácticos, es necesario acompañar al seudónimo con otro tipo de pruebas de validez (tales como firmas digitales), y/o utilizar terceras partes (autoridades de certificación digital) que le den validez a los seudónimos.

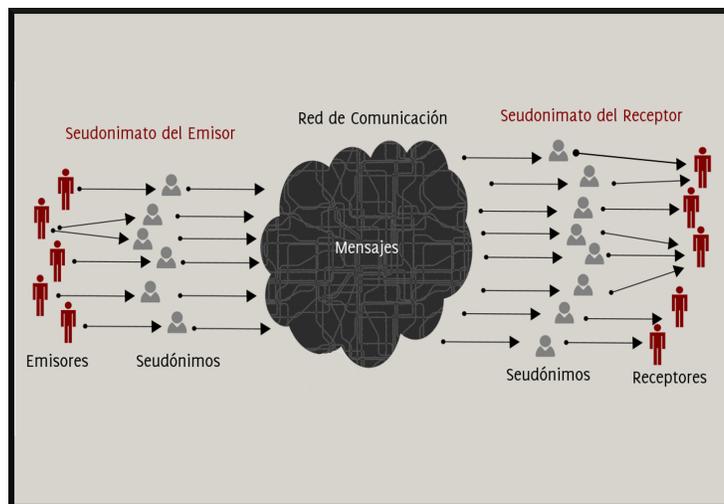


Figura 1.1 Seudonimato

Se pueden considerar las siguientes definiciones del seudonimato con respecto al anonimato:

**Seudónimo público:** La relación entre un seudónimo y su contenedor puede ser de conocimiento público, por ejemplo podría estar en una lista o directorio público.

**Seudónimo no público:** La relación inicial del seudónimo y su contenedor puede ser conocida por ciertas partes (entidades de control o administración centralizada o descentralizada), pero no son del conocimiento público.

**Seudónimo no relacionado inicialmente:** La relación inicial entre un seudónimo y su contenedor es, al menos en el inicio, desconocida para cualquiera, con la posible excepción del contenedor mismo.

Los seudónimos públicos y los seudónimos no relacionados inicialmente son los extremos que pudiesen ser análogos con la responsabilidad y el anonimato mencionados anteriormente, es decir, el anonimato es más fuerte mientras menos se relacione al contenedor con su seudónimo, decrece en caso contrario. Esto quiere decir, que el nivel de anonimato dependerá de la relación relativa que el atacante le de al seudónimo con respecto a su contenedor.

También se pueden considerar otros tipos de seudónimos:

**Seudónimo personal:** Es un subtítulo para el nombre del contenedor el cual está relacionado con su identidad civil por ejemplo el número de la cédula de identidad o pasaporte.

**Seudónimo por rol:** Está limitado a roles específicos, es decir, su asignación está relacionada a los roles que desempeña el contenedor. Por ejemplo, los seudónimos que comúnmente se utilizan bajo el rol de “usuario de Internet” comúnmente son denominados “nombre de usuarios”.

**Seudónimo por relación:** Diferentes seudónimos pueden ser utilizados para establecer las asociaciones en pares dependiendo de los pares conformados para las comunicaciones.

**Seudónimo por relación y por rol:** Son seudónimos asignados según el rol que desempeña cada par que se comunica. Es decir, que un mismo contenedor puede utilizar varios seudónimos, dependiendo del rol que desempeñe tanto él como su homólogo en la comunicación.

**Seudónimo por transacción:** Un mismo contenedor podría tener un seudónimo por cada transacción que realice.

El nivel de anonimato en relación al tipo de estrategia de utilización de seudónimos se representa en la figura 1.2.

En general, el anonimato del seudónimo por rol, y del seudónimo por relación es más fuerte que el anonimato debido al uso de seudónimos personales. La fortaleza del anonimato se incrementa con la aplicación de seudónimos por rol y relación. El último nivel de fortaleza se consigue utilizando los seudónimos por transacción dado que no existe información sobre la relación entre cada una de las transacciones. En ocasiones, se utiliza el nombre de seudónimo de un solo uso para denotar los seudónimos por transacción. La fortaleza del anonimato antes mencionada se refiere a que desde un punto de partida se define que el mayor nivel (fortaleza) de anonimato se logra cuando no se proporciona información sobre la identidad en absoluto. En otras palabras, el anonimato es más fuerte mientras menos datos personales del contenedor puedan ser relacionados al seudónimo, y mientras los seudónimos sean utilizados con menor frecuencia (estos es cuando un mismo contenedor utiliza un mayor número de seudónimos).

Un seudónimo digital se puede conformar con el uso de algún mecanismo de clave pública utilizado para probar las firmas digitales, donde los contenedores del seudónimo pueden probar que son los verdaderos “dueños” del seudónimo solamente

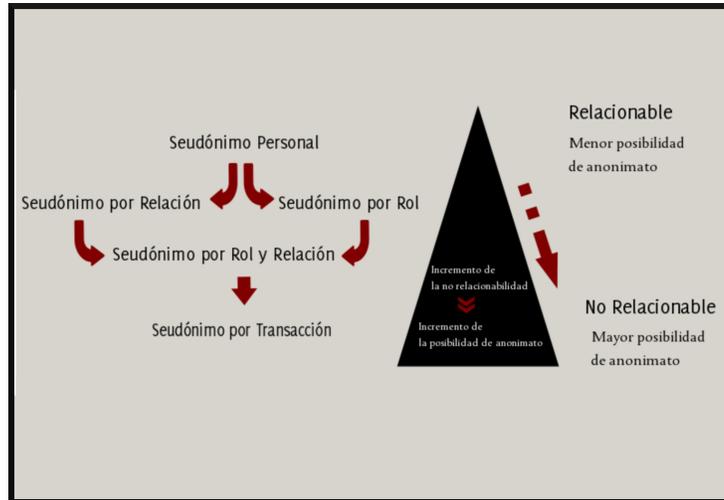


Figura 1.2 Seudonimato con respecto al Anonimato

construyendo una firma digital creada con su clave privada. En la mayoría de los casos los seudónimos digitales son las mismas claves públicas generadas por los propios usuarios.

Un certificado de clave pública contiene una firma digital de una determinada autoridad certificadora que provee algún tipo de seguridad cuando un mismo sujeto utiliza la clave pública para otro de sus seudónimos. En el caso de que el seudónimo provenga del nombre real de un sujeto, se le llama certificado de identidad. Un certificado de atributo es un certificado digital que contiene más cantidad de información (atributos) y claramente se refiere a un certificado específico de clave pública. Independientemente de los certificados, los atributos también pueden ser utilizados como identificadores de conjuntos de sujetos, no sólo de sujetos particulares.

### 1.2.2.3 No relacionabilidad

La no relacionabilidad sólo tiene sentido práctico si previamente se han definido las propiedades del anonimato, seudonimato y no-observabilidad de dichos sistemas, y se han caracterizado las entidades o ítems de interés que se desean relacionar (por parte del atacante). En [1] se menciona que las entidades o ítems de interés (IDI) son sujetos, mensajes, eventos, acciones, etc. La relacionabilidad se considera a la información que se tiene sobre la relación real que existe entre los IDIs, es decir, que en todos los casos reales existirá cierta relación entre ellos y la relacionabilidad es la información respecto a ésta. Por ende, la no relacionabilidad, desde la perspectiva del adversario, significa que la información obtenida después de un ataque es la misma información que se tenía antes del mismo, es decir, los IDIs no están ni más ni menos relacionados comparando el periodo anterior y posterior al ataque. Desde la perspectiva probabilística, la no relacionabilidad significa que la probabilidad de

que dos o más ítems de interés están relacionados (desde la perspectiva del atacante) es la misma antes y después del ataque.

La no relacionabilidad debe implicar que el usuario puede hacer múltiples usos de un recurso o servicio sin que esto conlleve a que el adversario pueda establecer una relación entre estos usos, es decir, requiere que los usuarios y/o los sujetos no tengan la disponibilidad de determinar que cierto usuario fue el causante de cierta acción en el sistema.

Si se considera que el envío y recepción de mensajes son los IDIs, el anonimato puede ser definido como la no relacionabilidad de uno de ellos con cualquier identificador de un sujeto (en este caso un emisor o un receptor). Específicamente, el anonimato de un IDI es la no relación con cualquier sujeto y el anonimato de un sujeto es su no relación con cualquier de ellos. De esta manera se puede considerar anonimato del emisor como las propiedades que hacen que un emisor no pueda ser relacionado a cualquier mensaje, y que un mensaje no pueda ser relacionado a un emisor.

De igual forma, el anonimato del receptor significa que un mensaje no puede ser relacionado a cualquier receptor, y un receptor no puede ser relacionado a cualquier mensaje. La relación de anonimato es la imposibilidad de determinar quién se comunica con quién, es decir, el emisor y el receptor son no relacionables.

La no relacionabilidad es una condición suficiente para el anonimato, pero no es una condición necesaria. Incluso en algunos casos se puede considerar que aún fallando la propiedad de la no relacionabilidad se puede conseguir un nivel de anonimato alto. Esto si se hace referencia a la definición estricta del anonimato: no poder ser identificado dentro de un conjunto de sujetos.

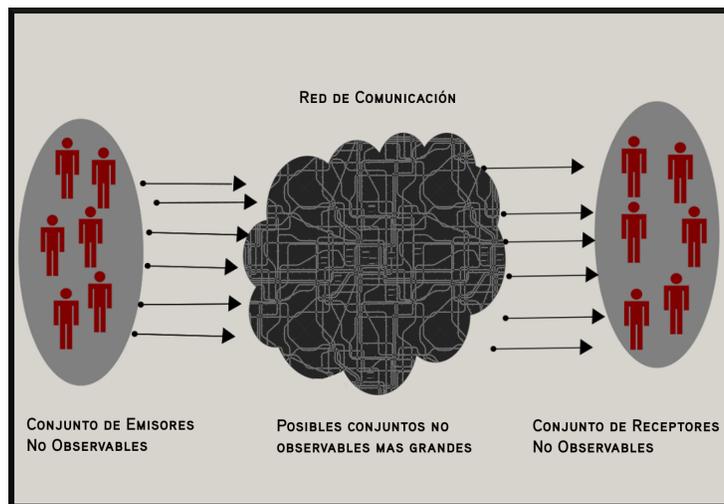
#### **1.2.2.4 No observabilidad**

En contraste con la definición de anonimato, y la de no relacionabilidad, donde se considera la protección de la relación del IDIs con respecto a los sujetos o a otros IDIs, la no observabilidad considera la protección de los IDIs en sí mismos, ya que se define como el estado de que un IDI sea indistinguible entre un conjunto de IDIs del mismo tipo (el “tipo” lo definen la características de interés en cada caso, por ejemplo, considerar la emisión de mensajes como un IDI, tiene su características propias, que hacen que se pueda diferenciar de otro tipo de IDI). Por ejemplo, se podría decir que al ser no observable, no es posible distinguir entre un mensaje y el ruido aleatorio.

Semejante al caso del anonimato, también se tienen conjuntos de sujetos no observables con respecto a esta propiedad, es decir, el conjunto de emisores no observables tiene la propiedad que cada emisor no puede ser distinguido del resto, el conjunto de receptores no observables tiene la propiedad de no poderse distinguir, desde el punto de vista del atacante, a un receptor del resto de los receptores de ese conjunto. La relación de no observabilidad de esta forma significa que no es posible distinguir entre un emisor y un receptor que intercambian un mensaje, es decir, si se considera un mensaje en particular entonces el conjunto de la relación de no observabilidad está compuesto por todos los posibles pares emisor-receptor, entre los cuales

no se podría diferenciar o determinar que existe una relación de envío-recepción. En la figura 1.3 se puede observar gráficamente la configuración de dichos conjuntos.

Desde una perspectiva de usuario, la no observabilidad se podría definir como la propiedad de que un usuario pueda utilizar un recurso o servicio sin que otros (terceras partes) tenga la posibilidad de determinar que el recurso o servicio está siendo utilizado.



**Figura 1.3** Conjuntos No Observables

### 1.2.3 Certificación Electrónica

Uno de los mecanismos comunes para establecer identidades digitales es a través de la certificación electrónica. Esta comprende la gestión de procesos en los que se emplean elementos como software, dispositivos y documentación de políticas que permiten establecer identidad digitales a individuos o dispositivos. La certificación electrónica se usa en organizaciones privadas o públicas, dentro de los países y a nivel mundial.

Los elementos que se gestionan en los procesos de la certificación electrónica se describen con mayor detalle en la sección 1.7. En los capítulos 5 y 6 de la segunda parte de este libro, se presentan aportes concretos de la Fundación CENDITEL sobre certificación electrónica.

## 1.2.4 Firma Electrónica

Similar a la firma autógrafa de un ser humano, la firma electrónica es un mecanismo para establecer la voluntad de aceptación del contenido de un documento en formato electrónico. Se apoya en los procesos y elementos empleados en la certificación electrónica para permitir que un individuo o dispositivo pueda firmar electrónicamente cualquier documento, archivo o cadena de bytes.

En la sección 1.7 se presenta con mayor detalle la noción de firma electrónica y el valor agregado que se obtiene al emplearla en las comunicaciones electrónicas. En el capítulo 6 de la segunda parte de este libro, se presenta un aporte de la Fundación CENDITEL sobre el uso de firmas electrónicas avanzadas en la gestión de procesos de negocios.

## 1.3 Legislación vinculada a la ID

## 1.4 Implicaciones Sociales

### 1.4.0.1 *Ámbito Local*

### 1.4.0.2 *Ámbito Nacional*

### 1.4.0.3 *Ámbito Latinoamericano*

### 1.4.0.4 *Ámbito Mundial*

## 1.5 Implicaciones Económicas

Aquí se describen las implicaciones económicas

## 1.6 Implicaciones Técnicas

Aquí se describen las implicaciones técnicas

## 1.7 Técnicas de verificación de identidad

Hasta ahora se han descrito conceptos básicos sobre la identidad digital. También se ha visto que es posible asignar una identidad digital a seres humanos, personas jurídicas y hasta dispositivos electrónicos para realizar acciones en distintos entornos. En general, las acciones que se pueden realizar están supeditadas a la verificación de la identidad digital, ya sea al momento de su ejecución o después de ejecutada.

Al momento de realizar una acción se verifica la identidad digital de un usuario (individuo o dispositivo electrónico) para garantizar que ésta es reconocida como válida dentro del universo de usuarios existentes. Por ejemplo, un usuario puede enviar un correo electrónico en una red de computadores si tiene su identificador de correo y su respectiva contraseña. Existe toda un área de investigación sobre mecanismos para establecer lo que una entidad puede hacer luego de demostrar su identidad digital en sistemas informáticos, ésta corresponde con los sistemas de autorización.

La verificación de la identidad digital de un usuario luego de ejecutada una acción, puede ser utilizada para establecer responsabilidades legales de un individuo ante acciones realizadas en sistemas informáticos o en comunicaciones electrónicas. La identidad digital apoyada en el uso de distintas técnicas y mecanismos permite que un ser humano pueda interactuar con el amplio abanico de servicios que en la actualidad se despliegan de manera electrónica.

Así como en el mundo físico una persona utiliza algún mecanismo para demostrar su identidad, ya sea por un documento, una tarjeta de afiliación u otro mecanismo, en los entornos digitales se utilizan distintos mecanismos para demostrar y verificar la identidad digital de las personas o dispositivos electrónicos. En las siguientes secciones se describen algunas técnicas empleadas para tales fines y ejemplos de aplicaciones comunes.

### 1.7.1 Contraseñas

Una contraseña es una palabra secreta que se utiliza generalmente en combinación con un nombre de usuario o correo electrónico para obtener acceso a determinados recursos de un sistema informático. El sistema informático puede estar en la web, funcionar en un computador sin acceso a red, o ser un hardware dedicado tal como un cajero automático de banco, o un mecanismo de control para el acceso a un lugar físico.

Las contraseñas son quizás, el método más utilizado para identificar a personas en el mundo digital. El acceso al correo electrónico, a una sesión en una computadora, al sitio de un banco en internet, la acción para desbloquear un teléfono móvil, así como actividades que hacemos a diario con los dispositivos lo utilizan como sistema primigenio y en muchas ocasiones como único procedimiento disponible para este fin.

En primer lugar, para construir un sistema de contraseñas se necesita un almacén de datos, en el cual se guarden los elementos de información vinculados con la clave, y que pueden representar el ámbito de operación de un usuario dentro de un sistema informático, lo cual incluye esquemas de autorización para operar sobre objetos o generar acciones.

Generalmente los almacenes de datos para los esquemas de contraseñas se construyen usando archivos de texto (por ejemplo, el usado por los sistemas Linux o Unix que es un archivo */etc/shadow*), o también es muy frecuente utilizar un conjunto de relaciones u objetos en una base de datos.

Algunas de las reglas básicas para almacenar contraseñas se muestran a continuación:

- Utilizar esquemas de seguridad para el resguardo de la base de datos acorde con las reglas generales de administración de servidores, sistemas de cómputo embebido o cualquier otro tipo de sistema donde resida el almacén de datos.
- No guardar las contraseñas en texto plano, en su lugar utilizar algoritmos (con la suficiente fortaleza contra ataques) de una sola vía para transformar las claves que ingrese el usuario.
- Implementar políticas y protocolos de creación y asignación de claves tales como: vinculación a dos o más correos electrónicos; prueba de fortaleza de contraseñas; monitorear los accesos de los usuarios por lugar, frecuencia; operaciones entre otras.
- Realizar auditorias periódicas a todo el proceso de gestión de claves.

Uno de los objetivos que debe tener cualquier sistema de protección es proveer al usuario de instrumentos para mejorar su interacción con los sistemas informáticos, evitándole hacer tareas engorrosas o difíciles, sin que esta prerrogativa desmejore significativamente los niveles de seguridad. En este sentido, actualmente están disponibles varias tecnologías vinculadas con la gestión de contraseñas, que generalmente son implementadas por todos los navegadores para la Internet, entre ellas están:

- **cookies**: son pequeñas porciones de información sobre los datos de acceso a una aplicación (sesión) .
- **listas de claves**: Es una lista donde se encuentran asociadas las claves y usuarios con los sitios que se visitan en la Internet. Cuando el usuario visita un sitio que se encuentra en la lista, el navegador ingresa automáticamente el nombre de usuario y su clave en el formulario.
- **Sistemas centralizados o locales de gestión de claves**: son aplicaciones en la web o de uso local (computadora,tableta o teléfono móvil) para gestionar las claves de todos los sistemas al que los usuarios ingresan desde sus dispositivos digitales.

Por otro parte, para que una contraseña sea resistente a ataques de fuerza bruta, debe contar con varias propiedades. Muchos sistemas validan las claves antes de que sean asignadas, pero no pueden asegurar de forma completa que la contraseña es inviolable dado que mucho de la responsabilidad de uso reside en el propietario de la clave: el usuario.

Generalmente para que una contraseña sea considerada fuerte, debe tener por lo menos las siguientes propiedades:

- Ser lo suficiente larga. Hoy en día, se considera ocho (8) caracteres la extensión mínima de una contraseña para la mayoría de los sistemas informáticos, este número puede disminuir si se acompaña con el uso de una tarjeta o elemento físico seguro (*token*).

- No ser una palabra de diccionarios.
- Estar compuesta por letras minúsculas, mayúsculas y caracteres especiales.

Muchos sistemas informáticos cuentan entre sus políticas el cambio periódico de claves por parte de los usuarios, con respecto a ello Schneier en [?] considera que la política citada puede ser contraproducente y no se recomienda, debido a que si ya se cuenta con una contraseña fuerte no existe la necesidad de cambiarla.

Las contraseñas como método de control de acceso seguirá siendo por lo menos por unos cuantos años más el método más popular, por lo tanto se hace necesario prestar atención en los aspectos de gestión organizacional y técnica de este tipo de herramienta, logrando conectar de manera eficiente las políticas con las aplicaciones y con las personas, tomando en cuenta que no se debe disminuir la ergonomía significativamente en pro de la seguridad.

### 1.7.2 Certificados electrónicos

A una persona que desea realizar un trámite o solicitar un servicio en una institución pública o privada generalmente se le exige que demuestre su identidad para ser atendido. La manera común en la que se demuestra la identidad de un individuo es a través de su documento de identidad o Cédula de Identidad. Por ejemplo, un pensionado del seguro social debe presentar su cédula de identidad para retirar dinero de su cuenta de banco, así como un solicitante de un préstamo para adquisición de vivienda principal debe presentar, entre otros requisitos, su cédula de identidad. En general todas las personas utilizan la cédula de identidad como un documento físico que garantiza su identidad ante otras personas, instituciones, empresas e inclusive ante otros países. En la figura 1.4 se muestra una cédula de identidad de un ciudadano de la República Bolivariana de Venezuela.

En la sociedad digital en la que se desenvuelven los individuos en la actualidad, es necesario utilizar algún mecanismo que permita establecer su identidad digital. Una alternativa es el certificado electrónico. Éste es un documento electrónico que asocia un conjunto de datos digitales a un usuario para establecer su identidad. Así como la cédula de identidad incluye datos de una persona como nombres, apellidos, fecha de nacimiento y estado civil, los certificados electrónicos incluyen campos que permiten establecer la identidad digital de su titular y tienen un periodo de validez.

La cédula de identidad es emitida por una institución pública en la que los ciudadanos confían siguiendo estándares que la hacen difícil de falsificar. En el caso de los certificados electrónicos se busca mantener estas mismas características al ser emitidos por una entidad con la que tanto individuos como sistemas informáticos tienen una relación de confianza.

Los certificados electrónicos son un elemento fundamental en el modelo de confianza denominado *Infraestructura de Clave Pública (ICP)*. Este modelo describe una tecnología utilizada para establecer identidades a través de certificados electrónicos y permitir el intercambio de información segura entre partes que se comunican. La ICP agrupa programas o software, piezas de hardware y documentación de políticas para establecer lo que se puede hacer o no con un certificado electrónico.



**Figura 1.4** Cédula de identidad de la República Bolivariana de Venezuela.

Los certificados electrónicos están basados en la **criptografía** de clave pública. Este tipo de criptografía aprovecha el uso de un par de claves con características muy particulares para transmitir información de manera segura entre entidades que se comunican.

En una comunicación entre dos personas cada una genera un par de claves. El par de claves es tal que se complementan entre ellas; una de las claves va a ser conocida por las personas con quien se desea establecer la comunicación, llamada *clave pública*, y la otra clave va a ser secreta y protegida por el titular, llamada *clave privada*. El objetivo de un certificado electrónico es asociar la clave pública de un usuario con su identidad. De esta manera, una persona presenta su certificado electrónico ante un sistema informático para demostrar su identidad digital.

En la República Bolivariana de Venezuela existe una ICP jerárquica denominada *Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica*. Constitucionalmente se fundamenta en la Providencia Administrativa Número 016 del 05 de Febrero de 2007 de la Gaceta Oficial Número 38.636<sup>1</sup>. Esta jerarquía es supervisada y controlada por la Superintendencia de Servicios de Certificación Electrónica (SUSCERTE)<sup>2</sup>, organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación.

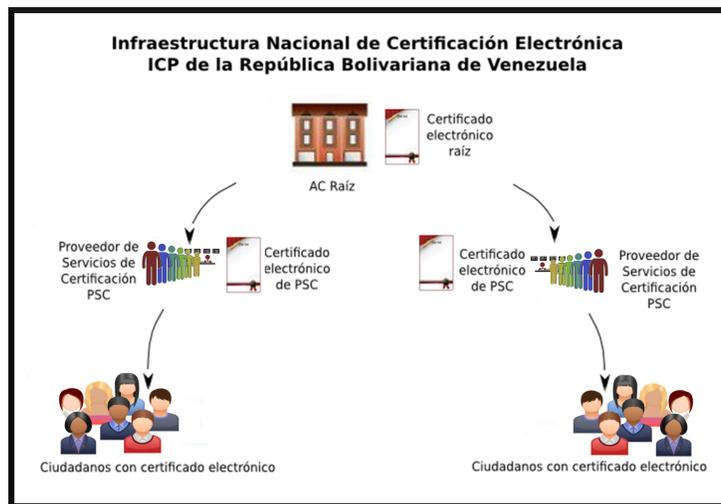
La *Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica* incluye los siguientes elementos:

<sup>1</sup><http://www.tsj.gov.ve/gaceta/gacetaoficial.asp>

<sup>2</sup><http://suscerte.gob.ve/>

- Autoridad de Certificación (AC) Raíz del Estado Venezolano<sup>3</sup>. Es la base sobre la cual se inicia la relación de confianza de la *Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica*. Se encarga de emitir, renovar, revocar y suspender los certificados electrónicos de los Proveedores de Servicios de Certificación.
- Autoridades de Certificación de los Proveedores de Servicios de Certificación (PSC). Entidades subordinadas a la Autoridad de Certificación Raíz del Estado Venezolano y se encarga de emitir, renovar, revocar y suspender los certificados electrónicos a los signatarios y a sus Autoridades de Certificación subordinadas, en caso de tenerlas.
- Autoridades de Registro de los Proveedores de Servicios de Certificación. Entidades encargadas de controlar la generación de los certificados electrónicos de sus Autoridades de Certificación y comprobar la veracidad y exactitud de los datos suministrados por los signatarios. Generalmente las Autoridades de Registro y las Autoridades de Certificación de los PSC son vistos como una sola entidad de la ICP.
- Signatarios o titulares de certificados electrónicos emitidos por los PSC.

En la figura 1.5 se muestra un bosquejo de la Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica.



**Figura 1.5** Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica.

Cuando una persona necesita una identidad digital en la Internet, puede recurrir a un PSC para que le venda y/o asigne un certificado electrónico de acuerdo a sus

<sup>3</sup><http://acraiz.suscerte.gob.ve/>

respectivos documentos de políticas de certificados y declaración de prácticas de certificación. Estos documentos establecen las normas y usos de los certificados electrónicos emitidos por cada Autoridad de Certificación. Hasta el momento de publicación de este libro, los PSC acreditados ante la SUSCERTE son los siguientes:

- Fundación Instituto de Ingeniería para Investigación y Desarrollo Tecnológico<sup>4</sup>, organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Proveedor de Certificados (PROCERT<sup>5</sup>), C.A., primera entidad privada dentro de la República Bolivariana de Venezuela en ser acreditada ante el Estado Venezolano.

Los certificados electrónicos se utilizan principalmente para:

- Autenticación de usuarios. Los certificados electrónicos permiten demostrar la identidad de un usuario.
- Enviar y recibir información cifrada con terceros. Con los certificados electrónicos se puede enviar información cifrada que sólo podrá ser vista por destinatarios específicos a través de algoritmos criptográficos. Esto proporciona confidencialidad entre las partes que se comunican.
- Firmar electrónicamente documentos. La clave privada asociada a un certificado electrónico se utiliza para firmar electrónicamente cualquier documento electrónico. Esto proporciona una verificación de la autoría de un documento y su integridad.

En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, el Decreto con Fuerza de Ley Sobre Mensajes de Datos y Firmas electrónicas promulgado en el año 2001<sup>6</sup>, crea mecanismos para que la firma electrónica tenga las misma eficacia y valor probatorio de la firma escrita mediante el uso de certificados electrónicos de la Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica. El concepto de firma electrónica se tratará con mayor detalle en la siguiente sección.

Una característica de los certificados electrónicos es que pueden ser emitidos tanto para individuos como para dispositivos de red. Uno de los usos más populares de los certificados es la validación de dominios en la Internet, por ejemplo: *www.gobiernoenlinea.gob.ve*. Esto es considerado como una defensa contra acciones de falsificación que buscan tomar datos de los usuarios de estos sitios de manera masiva y que generalmente se coordinan como parte de ataques como el *phishing*. En este tipo de ataque se suplanta la identidad de servidores en la Internet y se obtiene información como datos personales, números de tarjetas de crédito, contraseñas de acceso y otros tipos de información sin el consentimiento del usuario.

<sup>4</sup><https://ar.fii.gob.ve>

<sup>5</sup><https://www.procernet.net.ve/acprocert.asp>

<sup>6</sup><http://www.tsj.gov.ve/legislacion/dmdfe.htm>

Una de las herramientas comunes para navegar en la Internet son los navegadores web. Tanto en computadores de escritorio como en dispositivos móviles, los navegadores están preparados para identificar los servidores que alojan una página web particular en el caso que se esté usando un certificado electrónico. Con el uso del certificado se intercambia información de manera segura con sus visitantes y además se garantiza que se están comunicando con el servidor correcto y no uno fraudulento.

La información que un usuario intercambia con un servidor a través de las páginas web sigue un conjunto de reglas y formatos que se especifican en protocolos de transferencia. El protocolo de transferencia de hipertexto (*HTTP* por sus siglas en inglés) en conjunto con una capa de cifrado proporcionada por el protocolo Capa de Conexión Segura/Seguridad de la capa de transporte (*SSL/TLS* por sus siglas en inglés), que forman el *HTTP(S)*, es el que permite la comunicación segura entre un usuario y un servidor. Las direcciones de la Internet que utilizan certificados electrónicos tienen como prefijo *https://*.

En la figura 1.6 se muestra una captura de pantalla del sistema de banca en línea de un banco de la República Bolivariana de Venezuela que utiliza un certificado electrónico.

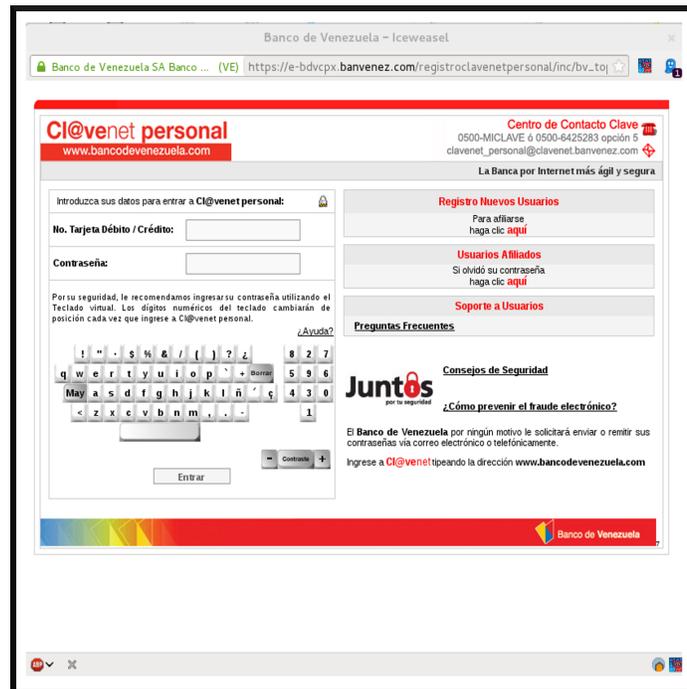


Figura 1.6 Sistema de banca en línea que utiliza un certificado electrónico.

Los navegadores web mantiene un almacén de certificados de autoridades de certificación en las que confían para la emisión de certificados electrónicos. En el caso de la figura 1.6, el navegador muestra un indicador de color verde sobre la barra de dirección para mostrar al usuario que el certificado electrónico presentado es reconocido como válido por estas autoridades. En el caso de que un usuario esté conectado a una página web con un certificado electrónico que el navegador no reconoce, éste último mostrará un mensaje que alerta al usuario de una posible comunicación con un sitio no confiable. El indicador puede variar de un navegador a otro pero mantiene su función de alertar al usuario.

Un certificado electrónico está compuesto por un conjunto de campos definidos por el estándar X.509 versión 3<sup>7</sup>. Algunos campos son obligatorios y otros son extensiones que pueden o no aparecer en un certificado particular. A continuación se listan los campos comunes de un certificado electrónico X.509.

- Versión: Describe la versión del certificado codificado. La versión actual es la 3.
- Número de serie: Es un identificador único para el certificado electrónico emitido por una autoridad de certificación.
- Algoritmo de firma: Identificación del algoritmo criptográfico utilizado por la autoridad de certificación para firmar el certificado.
- Emisor: Identificación de la autoridad de certificación que emitió el certificado electrónico.
- Validez: Intervalo de tiempo durante el cual la autoridad de certificación mantiene información sobre el estado del certificado. El período de validez está representado por dos fechas: una fecha a partir de la cual la validez del certificado comienza y otra en la que termina. La validez de un certificado electrónico está definida en la documentación de políticas de certificado de una autoridad de certificación.
- Sujeto: Identificación del titular del certificado electrónico. Los campos sujeto y emisor de un certificado electrónico están definidos utilizando convenciones que se definen en el estándar X.500. Esto permite establecer un nombre único mediante la definición de un concepto conocido como un nombre distinguido [3]. En general un nombre distinguido incluye los siguientes valores:
  - CN: Nombre Común del titular. En general se utiliza el nombre y apellido de la persona titular del certificado o nombre del servidor en caso de ser un certificado electrónico para un dispositivo.
  - E: Correo electrónico del titular.
  - L: Localidad donde reside el titular.

<sup>7</sup><http://www.ietf.org/rfc/rfc3280.txt>

- ST: Estado donde reside el titular.
  - OU: Unidad organizacional de la que depende el titular.
  - O: Organización a la que pertenece el titular.
  - C: País en el que reside el titular.
- Información de clave pública del sujeto: Mantiene la clave pública del sujeto e identifica el algoritmo con el cual se utiliza la clave.
  - Extensiones: Secuencia de una o más extensiones que sirven para asociar atributos adicionales del sujeto.
  - Algoritmo de firma de certificado: Identificador del algoritmo criptográfico utilizado por la autoridad de certificación para firmar el certificado electrónico.
  - Firma electrónica del certificado: Representación de la firma electrónica de la autoridad de certificación sobre el certificado utilizando una codificación particular.

En la figura 1.7 se muestran los detalles de los campos de un certificado electrónico de la Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica visto en un navegador web.

Una forma de distribuir los certificados electrónicos es a través de dispositivos de usuario que permiten proteger los elementos del certificado; en particular la clave privada. En la sección 1.7.4 se presentan algunos dispositivos como tarjetas inteligentes y token criptográficos utilizados con certificados electrónicos.

En el capítulo 5 se describe el proceso de desarrollo de una aplicación para gestionar una autoridad de certificación raíz en una ICP utilizando tecnologías libres.

En el apéndice A se muestra el contenido de un certificado electrónico X.509 Versión 3 en formato de texto plano.

### **1.7.3 Firmas electrónicas**

La firma electrónica es un algoritmo criptográfico que otorga a un documento digital la propiedad de integridad vinculada con la voluntad de aceptación de una entidad jurídicamente hábil. Se puede decir que la firma electrónica pretende obtener en cada comunidad o país las mismas propiedades legales y culturales que tiene la firma manuscrita, por lo tanto, se puede decir que es un concepto que se trasladó del ámbito físico (papel) al ámbito digital o ciberespacio.

La realización de la firma electrónica se apoya en los algoritmos de una sola vía, tales como SHA256, SHA224, o MD5, como también en la criptografía de Clave Pública. El algoritmo más general tiene dos pasos: 1) la generación de una reseña de un documento (a firmar) utilizando un algoritmo de una sola vía que asegure integridad del documento digital y 2) el cifrado de la reseña generada en el paso 1 utilizando la clave privada del firmante. Para la verificación de la firma solo se necesita obtener la Clave Pública del firmante, cuyo certificado generalmente es validado

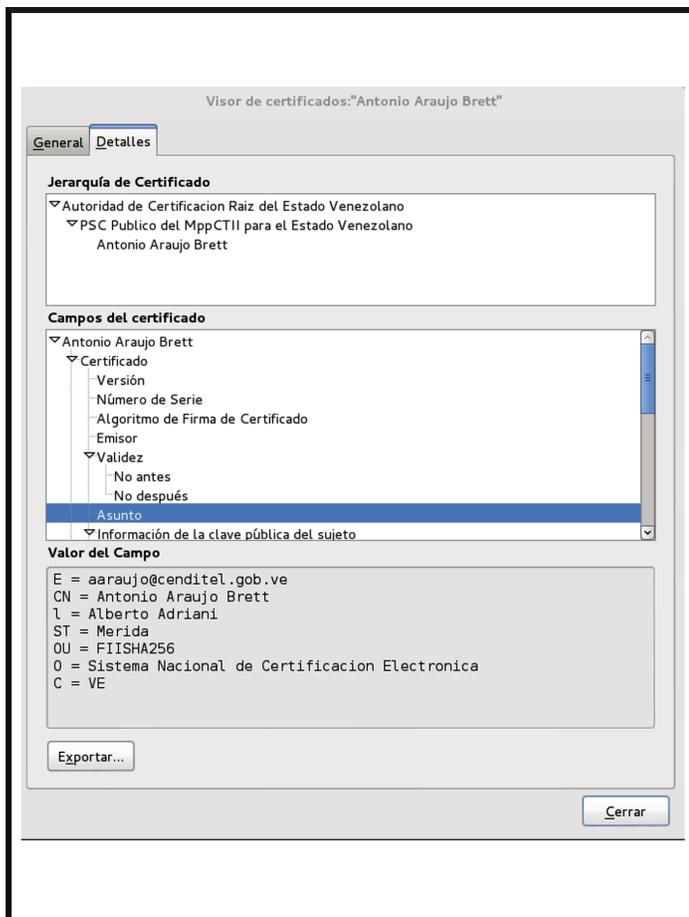


Figura 1.7 Detalles de los campos de un certificado electrónico.

por una Autoridad de Certificación confiable, posteriormente descifrar el contenido y comparar la reseña con una nueva generada en el momento de validación, si son iguales se puede asegurar el documento no ha sufrido ninguna alteración.

De la definición de firma electrónica se han propuesto diversos estándares (con sus respectivas implementaciones). Entre los estándares más importantes están:

- Estándar Criptográfico de Clave Pública 7 (**PKCS#7[7]**): es uno de los formatos más básicos de firma electrónica, es un pequeño archivo anexo a un documento firmado que contiene la reseña cifrada con la clave privada del firmante. Este formato se encuentra disponible en los motores criptográficos más usados tales como OpenSSL, Microsoft CryptoAPI <sup>TM</sup> o Java Cryptography Architecture (JCA).

- Firma PDF (**PADES o A/1**): formato para firma de documentos para impresión Adobe <sup>TM</sup>PDF:
- Firma XML **XMLSig**: forma en lenguaje XML para firmas electrónicas.
- Firma Electrónica Avanzada (con sufijo proveniente de su nombre en inglés **AdES**): formato de firma que cumple ciertos criterios de seguridad para que pueda ser validado como documento probatorio en trámites dentro de la Unión Europea.

Aunque la firma electrónica no está ligada de forma unívoca con el modelo PKI (Basado en autoridades de certificación), la mayor cantidad de aplicaciones funcionan bajo este modelo de confianza y no con el PGP/GPG (baso).

El uso de la firma electrónica para muchas implementaciones está asociada con el uso de una tarjeta inteligente o *token* criptográfico, lo que implica que si una persona desea firmar debe insertar una tarjeta inteligente que le ha sido asignada con anterioridad y en la cual se le colocó el certificado de firma vinculado al firmante en un lector conectado a su vez a una computadora o dispositivo móvil, luego escribir una contraseña o PIN que ejecuta finalmente la acción de firma.

La firma electrónica actualmente es utilizada por organizaciones e administraciones públicas de todo el mundo para mejorar la ejecución de sus procesos, puede ver algunos ejemplos de ello en la segunda parte del libro.

#### 1.7.4 Dispositivos de usuario

Una de las formas en que las personas demuestran su identidad en distintos entornos es a través de dispositivos tecnológicos. Los certificados de nacimiento, los documentos de identidad, las actas de matrimonio, los contratos y hasta los pasaportes utilizan algún tipo de tecnología; en este caso la palabra impresa sobre un papel.

Con el devenir de nuevas tecnologías, las personas han tenido que emplear mecanismos distintos para demostrar su identidad. Ahora es común tratar con sistemas informáticos en los cuales se realizan tareas tan cotidianas como comprar comida en un abasto o supermercado, pagar el servicio de agua, teléfono o energía eléctrica y hasta pagar los impuestos. El cambio en la forma de realizar las actividades cotidianas ha exigido que las personas empleen algún tipo de dispositivo para demostrar su identidad. En esta sección se describen algunos dispositivos de usuario que se emplean en la actualidad.

##### 1.7.4.1 Tarjetas como medio de almacenamiento seguro

Uno de los medios más comunes para demostrar la identidad de las personas es a través de tarjetas de plástico PVC. Con un bajo costo, características de ergonomía y con mayor durabilidad que el papel, las tarjetas de plástico PVC son las más empleadas en la actualidad. Generalmente, la información asociada a la identidad de las personas está impresa en la tarjeta, y en algunos casos se agrega una fotografía. Esta

tarjeta es emitida por la entidad que desea establecer la identidad de la persona y es intransferible.

Existen distintos tipos de tarjetas empleadas para demostrar la identidad de las personas. A continuación se describen las más comunes.

#### 1. Tarjetas con cintas magnéticas.

Este tipo de tarjetas emplea una banda o cinta magnética en la cual se codifican datos digitales. El estándar ISO 7811<sup>8</sup> en sus partes 2, 4 y 5 especifican las propiedades de la cinta magnética, las técnicas de codificación y la ubicación de las pistas magnéticas. Desde sus inicios las tarjetas débito y crédito, tanto de instituciones financieras públicas como privadas, utilizaban este tipo de tarjetas. En la figura 1.8 se muestra una tarjeta de débito con cinta magnética.

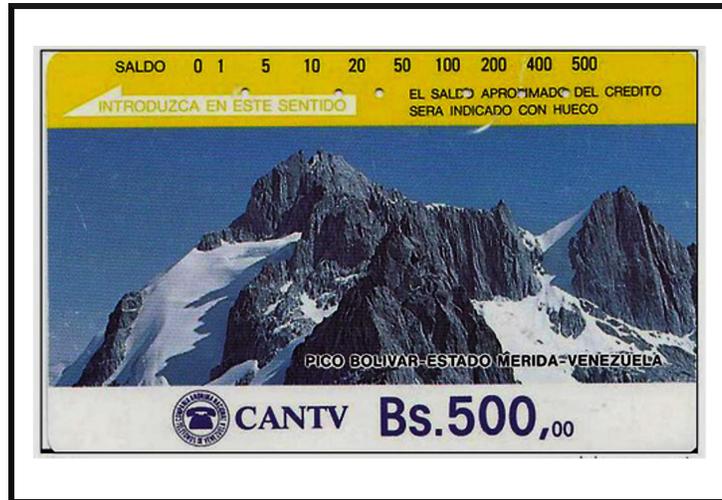


**Figura 1.8** Tarjeta de débito magnética.

Otro uso de las tarjetas con cintas magnéticas se pudo ver en la telefonía pública. En Venezuela, durante los años 80 y 90 la Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela, CANTV, emitía tarjetas magnéticas de distintas denominaciones para teléfonos públicos. En la figura 1.9 se muestra una de las tarjetas emitidas por la CANTV.

A pesar de su uso masivo, a las tarjetas con cinta magnética se le atribuyeron serias debilidades que permitían leer los datos almacenados, borrarlos e inclusive modificarlos si un atacante poseía el equipo necesario. Uno de los ataques más comunes en estas tarjetas es la llamada “clonación de tarjeta”, en la que

<sup>8</sup>[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=31440](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=31440)



**Figura 1.9** Tarjeta magnética de telefonía pública.

el atacante podría copiar los datos de la cinta magnética con un dispositivo especializado e insertarlos en una nueva tarjeta usurpando la identidad del titular. Ante esta situación, este tipo de tarjetas ha sido sustituido por otras con nuevos mecanismos de seguridad que se describen más adelante.

## 2. Tarjetas inteligentes o tarjetas con chip

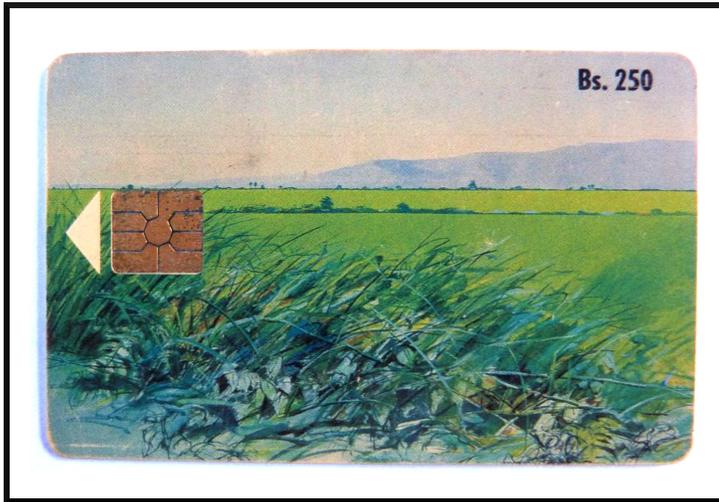
A diferencia de las tarjetas con cintas magnéticas, las tarjetas inteligentes tienen como característica principal el uso de un circuito integrado o chip insertado en la tarjeta que tiene componentes para transmitir, almacenar y procesar datos [?]. Las tarjetas inteligentes ofrecen varias ventajas con respecto a las tarjetas con cintas magnéticas, principalmente la capacidad de almacenamiento, la protección de datos contra acceso no autorizado y manipulación y la eventual ejecución de aplicaciones o programas en el chip.

De acuerdo al tipo de chip que utilizan las tarjetas inteligentes se pueden dividir en dos grupos: tarjetas con chip de memoria y tarjetas con chip microprocesador.

### ▪ Tarjetas con chip de memoria.

Permiten almacenar datos protegidos en un chip de circuito integrado y son útiles en aplicaciones donde el costo es una consideración principal. Fueron las primeras tarjetas inteligentes utilizadas de forma masiva para aplicaciones de telefonía. En el chip se almacenaba electrónicamente la cantidad de dinero de la que disponía el usuario para hacer llamadas.

En Venezuela, la CANTV distribuía tarjetas de memoria prepagadas de distintas denominaciones para la telefonía pública. En la figura 1.10 se muestra una tarjeta de memoria con chip.



**Figura 1.10** Tarjeta de chip de telefonía pública.

Las tarjetas de memoria también pueden ser reutilizadas en algunas aplicaciones, por ejemplo para recargar el saldo de un usuario y mantener el plástico. Otros usos de estas tarjetas se describen en secciones posteriores de este capítulo.

- Tarjetas con chip microprocesador.

A diferencia de las tarjetas de memoria, permiten almacenar claves y ejecutar algoritmos criptográficos en el microprocesador del chip. Las tarjetas con microprocesador utilizan un sistema operativo, similar al de los computadores, para realizar las operaciones internas. Son utilizadas en telefonía celular, sistemas de pagos electrónicos, cifrado de datos y en firmas electrónicas (ver sección 1.7.3).

Entre las principales ventajas de este tipo de tarjetas están una mayor capacidad de almacenamiento, la posibilidad de mantener datos confidenciales y la habilidad de ejecutar algoritmos criptográficos.

Estas tarjetas tienen mecanismos de seguridad para mitigar los ataques como la mencionada “clonación de tarjetas”. En general, el acceso a datos protegidos en el chip está restringido por dos características importantes: el Número de Identificación Personal (PIN por sus siglas en inglés) y la Clave de Desbloqueo Personal (PUK por sus siglas en inglés).

- El PIN es un código de seguridad que le permite bloquear y desbloquear la tarjeta para evitar que otro usuario pueda tener acceso a su contenido.
- El PUK es un código que sirve para desbloquear la tarjeta y definir un nuevo PIN. Se emplea como mecanismo de seguridad cuando se introduce erróneamente el PIN más de un número establecido de veces.

En la figura 1.11 se muestran varias tarjetas con microprocesador.



**Figura 1.11** Tarjetas con microprocesador.

Las características fundamentales y funciones de las tarjetas inteligentes o de microprocesador están especificados en la familia de estándares ISO/IEC 7816<sup>9</sup> de la Organización Internacional para Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC por sus siglas en inglés).

#### *Tarjetas Java Card*

Un tipo de tarjetas inteligentes que se encuentra en muchas aplicaciones son las Java Card. Estas tarjetas utilizan la tecnología Java<sup>10</sup> sobre un chip para ejecutar múltiples aplicaciones. Los fabricantes de tarjetas inteligentes generalmente desarrollan su propia versión del sistema operativo Java o siguen especificaciones abiertas. Algunos fabricantes de tarjetas inteligentes y sistemas operativos conocidos se muestran en la tabla 1.1.

<sup>9</sup>[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=54089](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=54089)

<sup>10</sup><http://www.java.com>

**Tabla 1.1** Fabricantes de Tarjetas JavaCard y sus Sistemas Operativos

<b>Fabricante</b>	<b>Sistema Operativo</b>
Gemalto <sup>11</sup>	JavaCard
NXP <sup>12</sup>	JCOP
Giesecke & Devrient <sup>13</sup>	Sm@rtCafé Expert
Atos <sup>14</sup>	CardOS
Consorcio MULTOS <sup>15</sup>	MULTOS

También es posible encontrar proyectos de software libre que permiten interactuar con tarjetas Java Card. El movimiento para el uso de tarjetas inteligentes en ambientes Linux<sup>16</sup> (MUSCLE por sus siglas en inglés), es un proyecto que define un marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones con tarjetas inteligentes en entornos Linux.

#### *Método de transmisión de datos en tarjetas inteligentes*

Las tarjetas inteligentes pueden utilizar distintos métodos para comunicarse con los terminales o lectores para el acceso a la información protegida. De acuerdo al método de transmisión de datos las tarjetas inteligentes pueden dividirse en tarjetas con contacto, tarjetas sin contacto y tarjetas duales o híbridas.

En las tarjetas con contacto el chip de la tarjeta entra en contacto físico con el terminal o lector. En la figura 1.11 se muestran algunas tarjetas con contactos.

En las tarjetas sin contactos el chip de la tarjeta no entra en contacto físico con el terminal o lector ya que se utiliza una comunicación inalámbrica entre ellos. Este tipo de tarjetas son utilizadas en entornos y aplicaciones donde las personas deben ser identificadas rápidamente. Algunos ejemplos de uso incluyen controles de acceso, transporte público, identificación de equipajes, entre otros. Las tarjetas sin contacto además de un chip poseen una antena incrustada que le permite establecer la comunicación con los lectores. En la figura 1.12 se muestra una tarjeta sin contacto.

El estándar principal de comunicaciones en tarjetas sin contacto es el ISO/IEC 14443<sup>17</sup>.

<sup>11</sup><https://www.gemalto.com/>

<sup>12</sup><http://www.nxp.com/>

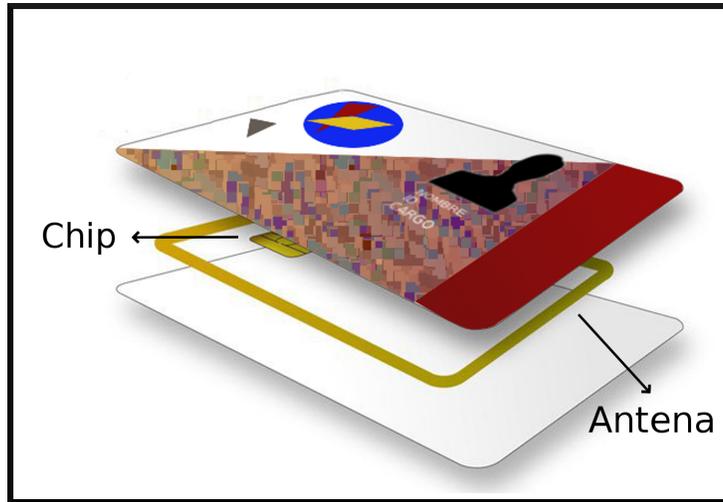
<sup>13</sup><http://www.gi-de.com>

<sup>14</sup><http://atos.net/en-us/home.html>

<sup>15</sup><http://www.multos.com/>

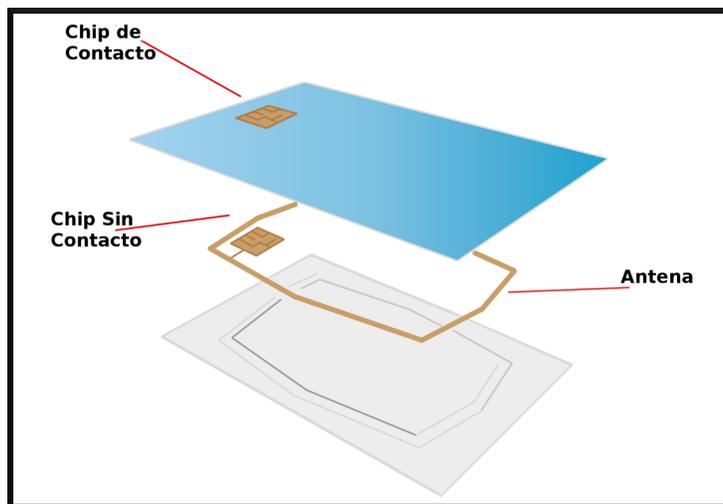
<sup>16</sup><http://www.musclicard.com>

<sup>17</sup>[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=39693](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=39693)



**Figura 1.12** Tarjeta sin contacto.

En las tarjetas duales o híbridas se utiliza un chip con contacto y sin contacto en la misma tarjeta. En la figura 1.13 se muestra una tarjeta con chip de contacto y sin contacto.



**Figura 1.13** Tarjeta dual o híbrida.

#### 1.7.4.2 Lectores de tarjetas

Los lectores son dispositivos electrónicos de entrada que leen datos de medios de almacenamiento en forma de tarjetas. Existen lectores para tarjetas de memoria, tarjetas magnéticas y tarjetas inteligentes con interfaces de contacto, sin contacto o de interfaz dual (ambas interfaces en un mismo lector).

Los lectores de tarjetas pueden conectarse a los computadores a través de distintos puertos como por ejemplo USB o serial. En las figuras 1.14, 1.15 y 1.16 se muestran algunos lectores de contacto, sin contacto y dual respectivamente.



**Figura 1.14** Lectores de tarjetas inteligentes de contacto.



**Figura 1.15** Lectores de tarjetas inteligentes sin contacto.



**Figura 1.16** Lector de tarjetas inteligentes de interfaz dual.

Al igual que las tarjetas inteligentes, para los lectores también existen estándares que especifican su operación. Entre estos estándares se encuentran: PC/SC (Personal Computer / Smart Card) con especificaciones para la integración de tarjetas inteligentes en computadores personales definidas por el PC/SC Workgroup<sup>18</sup> y el USB-CCID (Integrated Circuit(s) Cards Interface Device) con especificaciones para dispositivos USB que se comunican con tarjetas de circuitos integrados como tarjetas inteligentes definidas por el Grupo de Trabajo de Dispositivos (DWG por sus siglas en inglés) del Foro de Implementadores de USB<sup>19</sup> (USB-IF por sus siglas en inglés).

#### **1.7.4.3 Token Criptográfico**

También llamado token de seguridad, token de autenticación o simplemente token USB, es un dispositivo similar a las tarjetas inteligentes en su arquitectura. Poseen un microprocesador criptográfico que permite realizar las mismas operaciones criptográficas y de autenticación que las tarjetas inteligentes a través de un puerto USB.

A diferencia de las tarjetas inteligentes no utilizan un lector pero sí requieren la instalación de un controlador de *hardware* en el computador para que sea reconocido. En la figura 1.17 se muestran algunos token criptográficos utilizados en aplicaciones como certificación electrónica y firmas electrónicas.

También es posible encontrar tokens criptográficos en formato de tarjetas MicroSD o SD como se muestra en la figura 1.18. Las tarjetas MicroSD con certificados electrónicos almacenados se pueden utilizar en teléfonos celulares para propósitos de autenticación o firma electrónica.

#### **1.7.4.4 Dispositivos de autenticación con contraseñas de un solo uso**

<sup>18</sup><http://www.pcscworkgroup.com>

<sup>19</sup><http://www.usb.org/about/>



Figura 1.17 Token criptográficos.



Figura 1.18 Token criptográfico en formato MicroSD y SD.

Los dispositivos de autenticación con contraseñas de un solo uso (OTP por sus siglas en inglés), generan un código único y aleatorio que permite a un usuario autenticarse y tener acceso a sistemas informáticos. Estos dispositivos representan una variación del mecanismo de autenticación común de usuario y contraseña ya que esta última es válida para una sola sesión. La generación de los códigos se realiza, principalmente, de acuerdo a varios enfoques existentes:

- Mediante algoritmos matemáticos con un reto que propone un servidor de autenticación al dispositivo.
- Basada en sincronización de tiempo entre el servidor de autenticación y el dispositivo.

Tal como en las tarjetas inteligentes existen distintos fabricantes de dispositivos de contraseñas de un solo uso. En la figura 1.19 se muestran algunos de estos dispositivos.



**Figura 1.19** Dispositivos de contraseña de un solo uso.

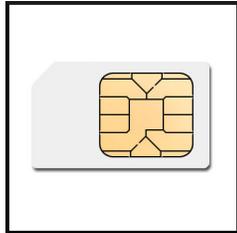
#### 1.7.4.5 Chip SIM

Es una tarjeta o chip que posee información relacionada al cliente o suscriptor de cada empresa prestadora de servicio de telefonía en el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM por sus siglas en inglés). El chip o módulo de identificación de suscriptor (SIM por sus siglas en inglés) almacena datos como la clave del cliente usada para identificarse en la red.

En general, el chip SIM está diseñado para proveer las siguientes funciones básicas:

- Seguridad (identificación del cliente, autenticación de SIM y cifrado de datos).
- Almacenamiento de datos (números de contactos, mensajes cortos, configuración del teléfono celular e información del suscriptor).
- Administración del cliente.

En la figura 1.20 se muestra un chip SIM.



**Figura 1.20** Chip SIM de telefonía celular.

#### **1.7.4.6 Autenticación de dos factores**

El proceso de autenticación de una persona permite que ésta tenga acceso a un computador, a un sitio web de la Internet o a sistemas informáticos. Generalmente, el proceso de autenticación ocurre en una sola etapa en la cual la persona presenta algún tipo de credencial para demostrar su identidad, por ejemplo un nombre de usuario y contraseña. Este tipo de autenticación es conocida como autenticación de un solo factor. Para mejorar los niveles de seguridad en el proceso de autenticación se agrega una segunda etapa en la que la persona debe presentar una credencial adicional para demostrar su identidad. Este tipo de autenticación es conocida como autenticación de dos factores.

En la actualidad existen organizaciones y empresas que proveen servicios en línea como correo electrónico, redes sociales, mensajería instantánea y banca electrónica entre otras, que emplean alguna o varias formas de autenticación de dos factores con la intención de que sus usuarios tengan acceso a sus recursos y se disminuya la suplantación de identidad.

Aunque no es exactamente un dispositivo físico, la autenticación de dos factores utiliza distintos mecanismos para validar la identidad de un usuario al solicitarle alguna prueba adicional. Entre los mecanismos utilizados están el Servicio de Mensajes Cortos (SMS por sus siglas en inglés), una llamada telefónica, un correo electrónico, un token o dispositivo de hardware o una implementación de software<sup>20</sup>. Cuando una persona desea autenticarse en un sistema informático presenta un identificador y contraseña como primer factor de autenticación. Luego el sistema envía un código, a través de uno de los mecanismos mencionados, que el usuario debe introducir como segundo factor de la autenticación. Si el código introducido es el correcto, el sistema permite el acceso al usuario a sus recursos.

La autenticación de dos factores puede ser utilizada en entornos como:

- Integración de sistemas.
- Acceso remoto y redes privadas virtuales (VPN por sus siglas en inglés).
- Administración de contraseñas.

<sup>20</sup><http://twofactorauth.org/>

- Cifrado de discos.
- Protección de servidores.

Desde Febrero de 2013 la Alianza de Identidad Rápida en Línea (FIDO Alliance<sup>21</sup> por sus siglas en inglés) agrupa a un conjunto de organizaciones y empresas que tienen como objetivo establecer estándares de interoperabilidad entre dispositivos de autenticación así como enfrentar el problema de crear y recordar múltiples nombres de usuarios y contraseñas para sistemas informáticos.

#### **1.7.4.7 Lectores biométricos**

Son dispositivos electrónicos capaces de leer características inherentes a los seres humanos para identificar y autenticar usuarios en un entorno particular. Con estos es posible dar acceso a un espacio físico y/o recursos informáticos a través de lectores biométricos.

Entre las características humanas empleadas por los lectores biométricos están:

- Huella digital
- Geometría de la mano
- Patrones de líneas del Iris
- Patrones de las venas encontradas en la parte trasera del ojo
- Forma de la oreja
- Rasgos faciales
- Escritura

Es común encontrar lectores biométricos de huellas digitales en aeropuertos, computadores portátiles e inclusive en registros electorales. En la figura 1.21 se muestran algunos lectores biométricos.

Uno de los registros biométricos más conocidos es el que mantienen algunos países al momento de emitir los documentos de identidad a sus ciudadanos. En la República Bolivariana de Venezuela, se solicitan las huellas digitales a todos los ciudadanos al momento de emitirle la Cédula de Identidad y el Pasaporte. Estas son registradas en un sistema de identificación de huellas automatizado (AFIS por sus siglas en inglés). La información puede ser consultada por las instituciones de gobierno para verificar la identidad de los ciudadanos venezolanos.

#### **1.7.4.8 Usos comunes de dispositivos de usuario**

En esta sección se presentan algunos usos y aplicaciones los dispositivos de usuario como elementos que apoyan el proceso de autenticación.

<sup>21</sup><https://fidoalliance.org/>



**Figura 1.21** Lectores biométricos.

### 1. Telefonía móvil.

Entre las tecnologías predominantes de telefonía móvil en Venezuela se encuentran la de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA por sus siglas en inglés) y GSM que emplea un chip en el teléfono para el acceso a la red. De estas, GSM tiene mayor penetración en el país. En la tabla 1.2 se muestra la proporción de suscriptores por tipo de tecnología de acuerdo a las estadísticas preliminares del Sector Telecomunicaciones realizadas por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones de la República Bolivariana de Venezuela (CONATEL), para el cuarto trimestre de 2013<sup>22</sup> con base en 31.909.692 suscriptores totales de telefonía móvil.

De acuerdo a los indicadores del servicio de telefonía móvil a nivel nacional generados por la CONATEL, correspondientes al cuarto trimestre del 2013, el porcentaje de penetración de usuarios activos había sido de 102,59%. Se estimaron 103 líneas en uso del sistema de telefonía móvil por cada 100 habitantes.

El despliegue masivo de la telefonía móvil con la tecnología GSM en la República Bolivariana de Venezuela y el impulso de iniciativas de gobierno electrónico se pueden aprovechar para formular y ejecutar proyectos en los que los teléfonos móviles sirvan como dispositivos de autenticación de usuarios.

### 2. Banca electrónica.

<sup>22</sup>[http://www.conatel.gob.ve/files/Indicadores/indicadores\\_2013/PRESENTACION\\_IV\\_TRIMESTRE\\_2013\\_2.pdf](http://www.conatel.gob.ve/files/Indicadores/indicadores_2013/PRESENTACION_IV_TRIMESTRE_2013_2.pdf)

**Tabla 1.2** Proporción de suscriptores por tipo de tecnología móvil.

Tecnología	Proporción de suscriptores (%)
GSM	69,21
CDMA	30,79

Para el año 2014 todos los bancos de la República Bolivariana de Venezuela migraron su plataforma de tarjetas de débito, crédito y demás tarjetas de financiamiento de pago electrónico a tecnología de tarjetas con chip.

En el año 2010, la Superintendencia de las Instituciones Bancarias (SUDEBAN) inició el proyecto de la incorporación del Chip electrónico en las tarjetas de débito, crédito y demás tarjetas de financiamiento de pago electrónico.

En marzo del año 2012 la SUDEBAN exhortó a los usuarios de la banca a canjear sus tarjetas de débito y crédito por aquellas con el sistema de chip electrónico antes del 01 de Julio de ese año<sup>23</sup>. Este requerimiento de la SUDEBAN exigió la adaptación de cajeros automáticos y puntos de ventas para el soporte de las nuevas tarjetas en búsqueda de una reducción de los índices por fraude de clonación.

Instituciones públicas que dependen del Gobierno Bolivariano y empresas privadas utilizan tarjetas inteligentes para brindar a sus empleados el beneficio del bono de alimentación. A través de estas tarjetas los empleados pueden adquirir productos en abastos y supermercados con un mayor nivel de seguridad comparado con la emisión de tiquetes en papel. La figura 1.22 muestra una de las tarjetas emitidas por uno de las entidades bancarias del Estado Venezolano.

### 3. Certificación electrónica

Con el despliegue de la Infraestructura Nacional de Certificación Electrónica la República Bolivariana de Venezuela cuenta con los Proveedores de Servicios de Certificación (PSC) que emiten certificados electrónicos a los ciudadanos. Como medida de seguridad la emisión de estos certificados se realiza en algún dispositivo de hardware como tarjetas inteligentes o token USB (ver sección 1.7.2). En las figuras 1.23 y 1.24 se muestra una tarjeta inteligente y un token USB utilizado por un PSC acreditado de la República Bolivariana de Venezuela.

### 4. Tarjeta inteligente de pasaje estudiantil

El Gobierno Bolivariano a través del Ministerio del Poder Popular para Transporte Terrestre gestiona el Proyecto Pasaje Preferencial Estudiantil como instrumento social para garantizar el acceso de los estudiantes al sistema de transporte público. El proyecto entrega a los estudiantes una tarjeta inteligente como sistema de pago electrónico a través del débito del pasaje, en sustitución del ticket

<sup>23</sup><http://sudeban.gob.ve/webgui/root/documentos/notas-de-prensa/np-chip.pdf>



Figura 1.22 Tarjeta electrónica de alimentación.



Figura 1.23 Tarjeta inteligente para certificado electrónico.

o boleto de papel. La figura 1.25 muestra una tarjeta inteligente de un estudiante.

Cada tarjeta inteligente cuenta con la identificación del alumno, cédula de identidad y nombre de la institución donde cursa estudios. Es intransferible y tiene una vigencia de 4 años. Además es renovable y también recargable.

##### 5. Tarjetas para control de acceso físico



**Figura 1.24** Token USB para certificado electrónico.



**Figura 1.25** Tarjeta inteligente de pasaje estudiantil.

Otro de los principales usos de las tarjetas inteligentes es el control de acceso físico. Se utiliza en oficinas, salones, bancos e instituciones públicas o privadas en las cuales se desea controlar el acceso a espacios físicos. Generalmente estas tarjetas tienen una interfaz sin contacto que utiliza la tecnología RFID. En la figura 1.26 se muestra una tarjeta de control de acceso físico y su respectivo lector.



**Figura 1.26** Tarjeta y lector de control de acceso físico.

## 6. Pasaporte Electrónico

Cada país emplea un documento con validez internacional para establecer la identidad de sus ciudadanos: el pasaporte. En la República Bolivariana de Venezuela la emisión del pasaporte para los ciudadanos está a cargo del Servicio Administrativo de Identificación, Migración y Extranjería (SAIME) organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para Relaciones Interiores y Justicia en el marco de la legislación existente: La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Gaceta oficial N0. 5.908 de 19/02/2009 y la Ley Orgánica de Identificación (Artículos 29, 30, 31), Gaceta Oficial No. 34.458 del 14/06/2006.

Como resultado de un proceso de transformación iniciado en el año 2005, el Ejecutivo Nacional aprueba la ejecución del Proyecto de Transformación y Modernización de la Oficina Nacional de Identificación y Extranjería (ONIDEX) que se convirtió en el actual SAIME. Así mismo se inició la emisión del Pasaporte Electrónico para los ciudadanos en el año 2007.

El Pasaporte Electrónico de la República Bolivariana de Venezuela es un documento similar a cualquier pasaporte de papel pero con un conjunto de medidas de seguridad adicionales. Se utiliza una lámina de policarbonato con un circuito electrónico incrustado en ella. En la figura 1.27 se muestra un pasaporte electrónico.

A diferencia del pasaporte impreso en papel, en el electrónico todos los datos del ciudadano se encuentran también almacenados en formato electrónico en un chip criptográfico sin contacto. Para garantizar la integridad de los datos así como el origen de los mismos se emplea la tecnología de firma electrónica (ver



**Figura 1.27** Muestra de pasaporte electrónico.

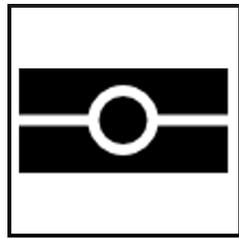
sección 1.7.3). SAIME firma electrónicamente toda la información asociada a un ciudadano y esta puede ser leída en cualquier oficina o punto de inmigración de un país para verificar su identidad.

Todas las especificaciones que deben cumplir los pasaportes electrónicos están definidas por la Organización de Aviación Civil Internacional<sup>24</sup> (ICAO por sus siglas en inglés).

El Pasaporte Electrónico de la República Bolivariana de Venezuela posee en su anverso el símbolo que se muestra en la figura 1.28 . Este es un indicador visual de que el pasaporte es electrónico y que contiene un circuito integrado sin contacto, con capacidad de almacenamiento de datos de al menos 32Kb.

Los esfuerzos de la República Bolivariana de Venezuela en el proceso de actualización del pasaporte electrónico, permiten a los ciudadanos venezolanos entrar en algunos países del mundo sin necesidad de tramitar visas.

<sup>24</sup><http://www.icao.int/>



**Figura 1.28** Símbolo de pasaporte electrónico según ICAO.

## REFERENCIAS

---

1. Rodolfo Sumoza. Sistemas anónimos en escenarios globales. Master's thesis, Universidad Complutense de Madrid, 2008.
2. J. F. Raymond. Traffic analysis: Protocols, attacks, design issues, and open problems. In H. Federrath, editor, *Designing Privacy Enhancing Technologies: Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability* - Springer-Verlag, LNCS, 2000.
3. Dawn Xiaodong Song; David Wagner; Xuqing Tian. Timing analysis of keystrokes and timing attacks on ssh. In USENIX Association, editor, *Proceedings of the 10th USENIX Security Symposium*, 2001.
4. Hansen M. Pfitzmann, A. Anonymity, unobservability, and pseudonymity: A consolidated proposal for terminology. [http://dud.inf.tu-dresden.de/Anon\\_Terminology.shtml](http://dud.inf.tu-dresden.de/Anon_Terminology.shtml), 2000.
5. Pkcs#7.cryptographic message syntax. <https://tools.ietf.org/html/rfc2315>, 2013.
6. Antonio Araujo. *Trasteando con la bibliografía*. CENDITEL, Mérida, 2014.





## CAPÍTULO 2

# POLÍTICAS DE SEGURIDAD

---

A. ARAUJO Y V. BRAVO

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

### 2.1 Introducción

Las políticas de seguridad de la información deben seguir un proceso de actualización periódica sujeta a cambios pertinentes en la organización y relacionados con actividades tales como la contratación y alta rotación del personal, la realización de cambios en la infraestructura, la diversificación de las actividades y/o servicios, el desarrollo de nuevos servicios, la aparición de vulnerabilidades y el incremento o decremento de los niveles de confianza o de incidentes de seguridad.

Ya que los seres humanos son los que realizan las actividades dentro de las organizaciones, es importante que las políticas de seguridad no se conviertan en una forma de restricción o carga para ellos.

Hay que tener en cuenta, que todas las soluciones tecnológicas implementadas por una organización: cortafuegos, sistemas de detección de intrusos, dispositivos biométricos, entre otros, pueden resultar inútiles ante el desconocimiento, falta de información, mal uso de los controles de seguridad de la información, el no cumplim-

imiento de las políticas de seguridad, desinterés o animo de causar daño de algún miembro desleal de la organización.

Es por ello, que se debe disponer de documentación sobre las reglas y normas vinculadas a la seguridad de la información. El objetivo de un documento de políticas es proponer lineamientos generales a considerar desde el momento de definir las directrices de seguridad de la información de una organización de acuerdo a las necesidades, limitaciones que existan en ella, de manera de concretar las ideas en documentos que orienten las acciones de la organización.

Todo proceso de la organización debe documentarse y clasificarse para su rápido y fácil acceso, de tal manera que no existan vacíos que se susciten en la práctica y que den pie a la improvisación o la aparición de una o más vulnerabilidades asociadas a sistemas informáticos. El establecimiento de un archivo físico y/o virtual con una normativa estricta es recomendable para la documentación de las políticas.

El seguimiento de las políticas de seguridad y su documentación son elementos claves cuando una organización desea obtener una certificación, por lo tanto corresponde a uno de los pasos básicos en el proceso de maduración (mejora constante) de las políticas de seguridad.

En este capítulo se describen los fundamentos y elementos principales asociados a las políticas de seguridad de la información tales como los conceptos de riesgos y amenazas, niveles de seguridad, puesto de trabajo y centro de datos, como también algunos temas más técnicos como el concerniente al respaldo y recuperación de los activos de información. También se propone un conjunto de consejos sobre la gestión de la seguridad en una organización considerando aspectos tales como el uso de las tecnologías libres, la gestión de contraseñas y el funcionamiento de un grupo dedicado a la seguridad de la información adaptado a una visión dinámica de la organización.

## 2.2 Políticas de Seguridad de las Tecnologías de Información y Comunicación

Las políticas de seguridad de la información en una organización representan una herramienta para mostrar a sus miembros la importancia y sensibilidad que se debe tener sobre este tema. Estas políticas deben describir las características clásicas de la seguridad de la información, que se definen sobre los conceptos de confidencialidad, integridad, disponibilidad, autenticación y responsabilidad (no repudio); logrando de esta manera, permitir la adaptación a nuevos paradigmas.

Sin embargo, es necesario establecer un concepto, definición o contexto sólido respecto a la *Seguridad* [4], tema del cual pueden enumerarse a través de las siguientes características:

- **Confidencialidad:** condición en la que sólo los usuarios autorizados tienen acceso al contenido de los datos.
- **Disponibilidad:** condición en la que se puede acceder a información o utilizar un servicio siempre que se necesite.

- **Integridad;** condición en la que se garantiza que la información o mensaje no han sido alterado.
- **No repudio,** condición en la que se previene que una entidad involucrada en una comunicación niegue luego su participación en la misma.
- **Control de acceso,** se controla el acceso a recursos de usuarios autorizados.

Las políticas de seguridad de la información deben seguir un proceso de actualización periódica sujeta a cambios pertinentes en la institución y relacionados a la contratación de personal, alta rotación del personal, cambio en la infraestructura, cambio o diversificación de las actividades y/o servicios de la institución, desarrollos de nuevos servicios, vulnerabilidades de algunos sistemas, nivel de confianza entre los miembros de la institución, número de incidentes de seguridad, entre otras.

Ya que los seres humanos son los que realizan las actividades dentro de las organizaciones, es importante que las políticas de seguridad no se conviertan en una forma de restricción o carga para ellos. Hay que tener en cuenta, que todas las soluciones tecnológicas implementadas por una organización: cortafuegos, sistemas de detección de intrusos, dispositivos biométricos, entre otros, pueden resultar inútiles ante el desconocimiento, falta de información, mal uso de los controles de seguridad de la información, el no cumplimiento de las políticas de seguridad, desinterés o ánimo de causar daño de algún miembro desleal de la institución.

Las personas representan el eslabón más débil de la seguridad de la información, ellas pueden seguir o no las políticas de seguridad que fueron definidas y aprobadas por la directiva, pueden realizar acciones que provoquen un agujero de seguridad en la red a través de instalación de software malicioso en las computadoras, revelación de información sensible a terceros entre otros. Según especialistas de la materia, el mayor porcentaje de fraudes, sabotajes, accidentes relacionados con los sistemas informáticos son causados desde lo interno [4], ya que las personas que pertenecen a la institución pueden conocer perfectamente los sistemas, sus barreras y sus puntos débiles.

El objetivo entonces, es proponer lineamientos generales a considerar desde el momento de definir las directrices de seguridad de la información de una institución de acuerdo a las necesidades, limitaciones que existe en ella, de manera de concretar las ideas en documentos que orienten las acciones de la institución.

### 2.3 Importancia de la Seguridad de la Información

Las instituciones deben entender que la seguridad de la información es un proceso que puede desarrollarse en ciclos iterativos, y no como una receta. Esto último, es entendido en los términos que no se genera una relación vivencial con la tecnología y sus actores y no se construye una experiencia que modifique nuestra visión como institución y seres humanos.

En este sentido, se pueden definir los objetivos más importantes a seguir en el área de la seguridad de la información:

- Minimizar y gestionar los riesgos, detectando los posibles problemas y amenazas a la seguridad de la información.
- Garantizar la adecuada utilización de los recursos y de las aplicaciones en los sistemas.
- Limitar la pérdida de información y recuperar sistemas en caso de un incidente de seguridad de la información.

Para cumplir con estos objetivos las instituciones deben contemplar tres planos de actuación: Técnico, Humano e Institucional.

**Dentro del plano *técnico* se tienen las siguientes actividades:**

- Evaluación de los activos físicos y de información de la organización.
- Selección, instalación, configuración y actualización de las soluciones de hardware y software.
- Incorporación de elementos criptográficos a los procesos y aplicaciones.
- Desarrollo seguro de aplicaciones.

**Dentro del plano *humano* se tienen las siguientes actividades:**

- Promoción de buenas prácticas de actuación vinculadas con la seguridad de la información.
- Sensibilización y formación del personal y directivos de la institución.
- Funciones, obligaciones, responsabilidades del personal.

Y dentro del plano *institucional* se deben definir e implementar políticas, normas, procedimientos de seguridad de la información y planes de contingencias en casos de desastres en el contexto de los activos de información.

## 2.4 Seguridad de la Información para Tecnologías Libres

En el ámbito de las tecnologías libres y específicamente en el software libre, la noción de seguridad ha sido objeto de controversias. Entusiastas del software libre promueven las potencialidades de éste tipo de software en contraste con el software propietario. Asimismo, los partidarios del software propietario y que están detrás de los desarrollos de este tipo, promueven sus aplicaciones y herramientas tomando como un especial elemento de protección el uso de actualizaciones.

Las potencialidades intrínsecas del software libre permiten incorporar elementos de seguridad en sistemas informáticos de instituciones, organizaciones y hasta usuarios finales. Entre estas potencialidades se incluyen:

- La capacidad de analizar y estudiar las tecnologías subyacentes a las aplicaciones.

- La posibilidad de auditoría de los códigos fuente.
- La frecuente corrección de errores y publicación de software gracias al apoyo de comunidades de usuarios y desarrolladores alrededor de las aplicaciones y herramientas.
- El rompimiento del paradigma de la seguridad por obscuridad, el cual determina que el funcionamiento de procedimientos de seguridad (criptográficos) deben ser secretos, y por lo tanto la seguridad solo reside en la capacidad de ocultarlos.

La seguridad de la información en software libre sigue un modelo de desarrollo de software basado en cooperación, así como la creación de comunidades de seres humanos en torno a una tecnología. En el mundo del software libre existen aplicaciones y herramientas con características y funcionalidades similares a las existentes en el software propietario; inclusive en algunos casos, se reconocen herramientas de software libre como mejores opciones como por ejemplo el caso del servidor Web apache<sup>1</sup>. La adopción de software libre como alternativa para mejorar la seguridad de la información en organizaciones implica un cambio de pensamiento; un cambio del modelo imperante basado en compras de soluciones, por un modelo que incorpora tecnologías abiertas en búsqueda de la mejora continua de los procesos.

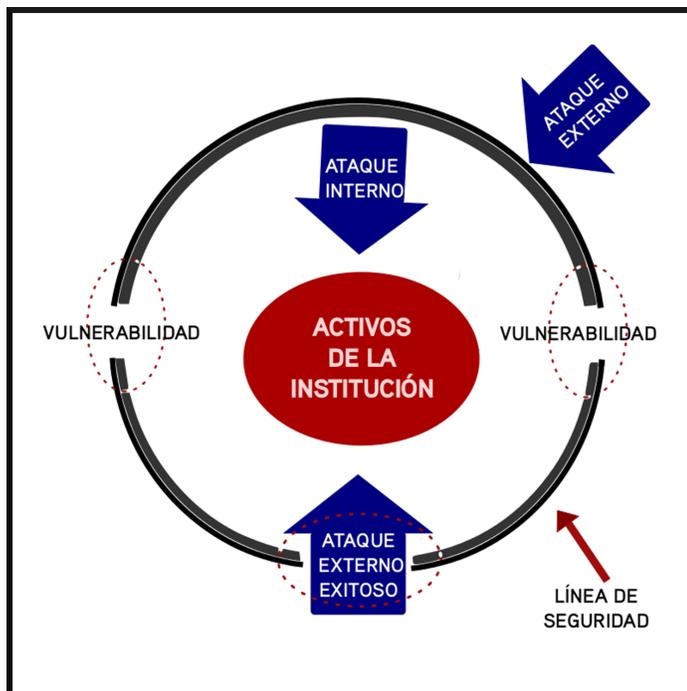
## 2.5 Principio de Defensa en profundidad

Se refiere a una estrategia militar que tiene por objetivo hacer que el atacante pierda el empuje inicial y se vea detenido en sus intentos al requerir superar varias barreras en lugar de una [1]. En informática consiste en el diseño e implementación de varias líneas de seguridad independientes dentro del mismo sistema informático. De este modo, si una de las líneas de seguridad logra ser traspasada por los atacantes, conviene disponer de líneas de seguridad adicionales que dificulten, debiliten, retrasen y que pueda ser detectado su acceso o control, no autorizado a los activos de la institución.

El enfoque tradicional de seguridad, que se presenta en la figura 2.1, establece una sola línea de seguridad alrededor de los activos de manera que cubra la mayor área posible. Los problemas que presenta este enfoque, es que la línea de seguridad es susceptible a tener vulnerabilidades dadas por una mala configuración del sistema de protección o la ocurrencia de fallas en los sistemas. Es necesario subrayar que una vez que una amenaza supera esta línea de seguridad, las formas de detener el ataque son mínimas.

Por otro lado el enfoque de defensa en profundidad, como muestra la figura 2.2, establece múltiples líneas de seguridad, donde las vulnerabilidades de una línea de seguridad son cubiertas por las fortalezas de las otras.

<sup>1</sup>Ver el software en la dirección web <http://www.apache.org>



**Figura 2.1** *Enfoque tradicional de Seguridad.*

Cada vez que un atacante atraviesa una de las líneas de seguridad existe la posibilidad que se generen alertas y el ataque pueda ser detectado. Se pudiese obtener información sobre su origen, naturaleza, anomalías y con esto se puede reforzar las otras líneas de seguridad, que podrían detener el ataque o que el mismo no genere pérdidas mayores a la organización, además permite, corregir en cierta medida la o las vulnerabilidades de las líneas de seguridad que fueron traspasadas.

Este enfoque permite cubrir varios de los puntos de riesgos de un sistema y dependiendo de la estructuración de las líneas de seguridad, también funciona para proteger a los activos de información de los ataques internos.

Dentro de una organización existen múltiples grupos de usuarios con diferentes actividades y responsabilidades, por lo que se requiere estructurar las líneas de seguridad, de manera que para cada grupo de usuario le corresponda una línea de seguridad y de esta manera, se logra incrementar la protección contra atacantes internos.

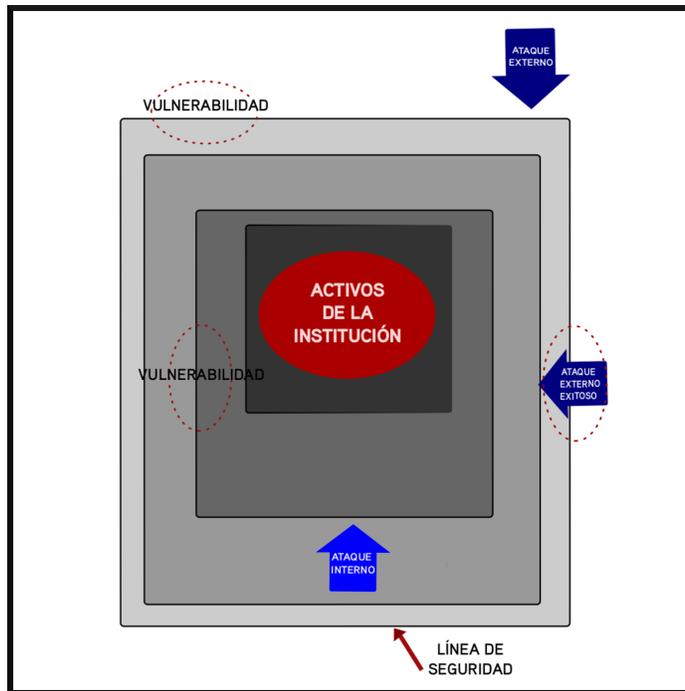


Figura 2.2 Enfoque de defensa en profundidad.

### 2.5.1 Los principios generales de la defensa en profundidad

Este enfoque basado en una visión en cascada, se puede describir en base a las siguientes consideraciones:

- Engloba todos los aspectos de gestión, de organización, técnicos, y de ejecución.
- Las acciones a tomar deben estar coordinadas. Los medios implementados actúan gracias a una capacidad de alerta y difusión, tras una correlación de los incidentes.
- Las acciones a tomar deben ser dinámicas, en evaluación constante del contexto. Las políticas de seguridad contemplan la capacidad de reacción y planificación de acción ante incidentes.
- Las acciones a tomar deben ser suficientes. Cada medio de protección (humano o técnico) debe contar con protección propia, medios de detección, procedimientos de reacción.

- Los activos deben protegerse en función a su sensibilidad y nivel de importancia en la organización, y tener como mínimo, tres líneas de seguridad, ya que dos o menos no se considera defensa en profundidad.

## 2.6 Responsabilidad

Antes de que se apliquen las políticas de seguridad en una organización deben ser aprobadas, publicadas, documentadas, y comunicadas a todos sus miembros, ya que estos son los responsables de la aplicación y cumplimiento de las políticas de seguridad en cada una de sus áreas.

Todos los roles y responsabilidades de la seguridad de la información deberían estar claramente definidas y documentadas. Su asignación debería realizarse en concordancia con las políticas de seguridad. Las personas con responsabilidades en la seguridad de la información pueden delegar las tareas de seguridad a otros. No obstante, ellos siguen siendo responsables y debieran determinar si cualquier tarea delegada ha sido realizada correctamente.

No se recomienda que todas o la mayoría de las responsabilidades de la seguridad de la información y el manejo de las actividades críticas de la organización estén sobre un grupo pequeño de personas. Esta situación generaría una debilidad en la seguridad de la información, que por ejemplo podría afectar al normal funcionamiento de la organización si este grupo pequeño de personas por alguna razón no pueden atender sus compromisos.

## 2.7 Procesos para aumentar la adopción de seguridad de la información

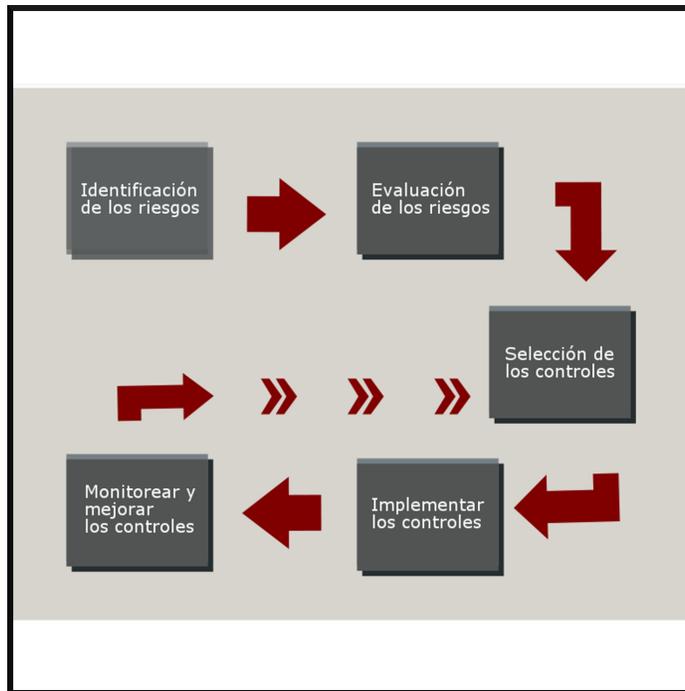
Es esencial que las organizaciones identifiquen claramente sus requisitos de seguridad. La figura 2.3 muestra la relación entre los procesos a incluir para lograr esta acción de manera de alcanzar el objetivo de cumplir con metas sobre seguridad de la información. Entre los procesos se encuentran: la identificación y evaluación de los riesgos, la revisión, el monitoreo y la selección e implementación de controles.

### 2.7.1 Identificación de los riesgos

Es una medida que busca encontrar vulnerabilidades en los activos que puedan ser explotados por terceros. Es necesario la identificación de los riesgos que puedan existir en la organización. Es importante considerar los distintos ámbitos de la implementación de la seguridad alrededor de donde se encuentra la información.

Entre los aspectos a considerar se encuentran:

1. **Técnico:** que se refiere al conocimiento que se tiene de la configuración de los componentes de toda la infraestructura tecnológica de respaldo, comunicación,



**Figura 2.3** *Proceso de percepción de la Seguridad.*

procesamiento, tránsito y almacenamiento de la información. Los activos en este ámbito son aplicaciones, equipo informáticos y de comunicación, datos, documentación, manuales, consumibles, servicios ofrecidos a usuarios internos como externos, requiriendo la realización de un inventario de los activos antes mencionados que permite:

- Tener un registro actualizado de los activos de la organización.
- Facilitar el análisis de las vulnerabilidades.
- Conocer la sensibilidad de la información que se manipula, clasificándola en función al grado de importancia para la institución.
- Identificar los posibles objetivos de los ataques o de los intentos de intrusión.
- Utilizar en caso de recuperación frente a un incidente grave de seguridad.

De la misma forma se hace necesario identificar los distintos puntos de accesos a la red y los tipos de conexiones utilizadas.

2. **Humano:** referido a las maneras en que las personas se relacionan con los activos de información, como también de las prácticas que se tienen en materia

de seguridad de la información. De esta manera es posible detectar cuáles vulnerabilidades provienen de acciones humanas para dirigir recomendaciones y garantizar la continuidad de las actividades de la organización.

Este proceso pretende inicialmente identificar vulnerabilidades en los activos de usuario y de la organización, el nivel de acceso que las personas tienen en la red o en las aplicaciones, las restricciones y permisos que deben tener para realizar sus tareas con los activos. El nivel de capacitación y formación educativa que necesitan tener acceso para manipularlos, uso de buenas prácticas de claves y contraseñas, nivel de responsabilidad y sensibilización de los miembros de la institución. Para su identificación debemos:

- Determinar la formación del personal en materia de seguridad
- Determinar las prácticas en materia de seguridad de la información.

3. **Físico:** pretende identificar la infraestructura física. El enfoque principal de este ámbito de análisis son los activos de la organización, pues son los que proveen el soporte físico al entorno en que está siendo manipulada la información. Para lograr este objetivo se deben realizar las siguientes acciones:

- Identificar las condiciones físicas y ubicación donde se encuentran los equipos computacionales.
- Identificar los servicios requeridos como electricidad, comunicación, agua, entre otros.
- Identificar los controles de accesos físicos existentes
- Identificar los controles de protección y extinción de incendios

### 2.7.2 Evaluación de los riesgos de seguridad

Una vez identificados los riesgos de seguridad, se deben someter a evaluaciones para determinar, cuantificar, y priorizar los riesgos de la institución de acuerdo a los objetivos relevantes de la institución. La evaluación de los riesgos tiene como resultado recomendaciones para la selección y/o corrección de los controles sobre los activos para que los mismos puedan ser protegidos. La evaluación de los riesgos de seguridad deben tener claro y definido el alcance que va a tener para que la misma sea efectiva.

La evaluación de los riesgos procura determinar:

- Amenazas al normal funcionamiento de la institución.
- El impacto que tendría el riesgo en la institución si llegara a ocurrir una amenaza.
- La posible frecuencia con la que podrían ocurrir amenazas.

Los resultados de la evaluación deben guiar y determinar las acciones en el tratamiento de los riesgos. Esta evaluación puede que requiera ser realizada periódicamente,

cuando se tengan cambios significativos; nuevos requerimientos de los sistemas, situaciones de riesgos, amenazas, vulnerabilidades, o cualquier cambio que podría influir en los resultados de la evaluación de los riesgos.

Las evaluaciones se pueden aplicar a toda la institución, parte de ella, un sistema información en particular, componentes específicos del sistema. Los riesgos deben ser aceptados por toda la institución de manera objetiva y con conocimiento. De ser necesario hay que transferir los riesgos a terceros como los son proveedores y/o aseguradores.

Hay herramientas para la evaluación de vulnerabilidades, que permiten conocer la situación real de un sistema y mejorar su seguridad, verificando que los mecanismos de seguridad funcionen correctamente. Con esta información obtenida es posible justificar la implantación de nuevas medidas de seguridad, así como de priorizar las medidas a implementar en función a las vulnerabilidades detectadas.

Dentro de las evaluaciones de la seguridad de los sistemas informáticos se realizan las pruebas de penetración internas y externas. Una prueba de penetración consta de las siguientes etapas:

- Reconocimiento del sistema para averiguar qué tipo de información podría obtener un atacante o usuario malicioso.
- Detección y verificación de las vulnerabilidades en los servidores y aplicaciones desarrolladas por la organización.
- Intento de utilizar las vulnerabilidades detectadas.
- Generación de informes, con el análisis de los resultados.

### 2.7.3 Selección de los controles

Luego de evaluar los riesgos de seguridad se decide el tratamiento que se debe seguir para evitar la aparición de fallas en los sistemas informáticos. Este procedimiento se conoce como mitigación de riesgos, y se realiza seleccionando los controles que aseguren un nivel adecuado de seguridad para la organización. Se realiza una investigación sobre las posibles soluciones existentes para cada uno de los riesgos identificados de cada ámbito, por ejemplo, en el ámbito técnico se hace una investigación de las tecnologías existentes que cubra los riesgos identificados (cortafuegos, redes privadas virtuales, protocolos de comunicación seguros, sistemas de detección de intrusos de red y estaciones de trabajo, sistemas de escaneo de puertos, entre otros).

En el ámbito humano, una medida efectiva es el dictado de charlas y de cursos de seguridad de tal manera que se puedan sensibilizar a las personas que interactúan con los sistemas informáticos.

En el ámbito físico, la instalación de circuitos de cámaras de cerradas, instalación de controles físicos, remodelación o reforzamientos del centro de datos.

Es importante considerar el gasto de los controles de seguridad, ya que este debe equilibrarse con el daño probable que resulta de las debilidades en la seguridad de la información. Si el gasto del o los controles es mucho mayor al posible daño que

podiera resultar, la institución pudiera asumir el riesgo de ocurrencias de incidentes de seguridad por esa debilidad en la seguridad de la información y no colocar el o los controles de seguridad.

Existen controles que se consideran principios orientativos y esenciales, que proporcionan un punto de partida adecuado para implementar la seguridad de la información como son las políticas de seguridad. En este sentido se deben considerar las siguientes acciones:

- Aprobar, documentar, publicar y comunicar las políticas de seguridad a todos los miembros de la organización de forma adecuada, utilizando como herramientas charlas y/o cursos en materia de seguridad.
- Asignar las responsabilidades de seguridad a miembros de la organización, en concordancia con las políticas de seguridad.
- Identificar los procedimientos de seguridad asociados a los activos de información.
- Definir y documentar los niveles de autorización.
- Registrar las incidencias y mejoras de seguridad.
- Desarrollar e implementar procedimientos de gestión de continuidad de actividades para disminuir la interrupción causada por los desastres y fallas de seguridad.
- Salvaguardar los registros de la organización. Se deben proteger los registros importantes de la organización frente a su pérdida, destrucción y/o falsificación.
- Sensibilización y formación de los miembros de la institución en materia de seguridad de la información

#### **2.7.4 Implementar los controles seleccionados**

Es recomendable que los controles en el plano técnico de seguridad se implementen en un ambiente de pruebas antes de colocarlos en el ambiente de producción para no producir inconvenientes en los servicios informáticos.

Se deben configurar e implementar los controles de tal manera que existan varias líneas de seguridad independientes dentro del mismo sistemas informático para dar cabida al concepto de seguridad en profundidad .

Hay otros controles esenciales en el plano institucional que dependen de la legislación aplicable en la institución, como por ejemplo la protección de datos y privacidad de la información personal.

Los controles en el plano humano como la sensibilización y formación de todos los miembros de la institución deben recibir una adecuada formación en seguridad, desde la directiva hasta los obreros e incluyendo cuando sea relevante, a los contratista y a terceras personas.

Se recomienda organizar charlas, cursos que permitan la formación en materia de seguridad de la información de acuerdo al área de actuación de los miembros de la que permitan informar lo siguiente:

- El uso correcto de mecanismos y herramientas para procesar información.
- Actualización de nuevos controles y políticas de seguridad.
- El conocimientos de las vulnerabilidades existentes.

Esto permite aumentar la conciencia y conocimiento a los miembros de la institución con el objetivo de que puedan reconocer los problemas e incidentes de seguridad de la información, y responder adecuadamente a las necesidades según su rol dentro de la institución.

### **2.7.5 Supervisar y mejorar los controles de seguridad**

Los controles de seguridad deberían ser revisados en períodos planificados o cuando ocurran cambios significativos que puedan afectar la eficiencia y eficacia de los controles.

Se recomienda la realización de pruebas y auditorías periódicas de seguridad. Esto constituye un elemento de gran importancia para poder comprobar la adecuada implantación de los controles de seguridad y medidas definidas en las políticas de seguridad de la información. Para ello se debe realizar:

- Un análisis de posibles vulnerabilidades de los sistemas informáticos, para localizar de forma automática la más conocidas.
- Pruebas de intrusión, en las que no sólo se detecten las vulnerabilidades, sino que se trata de explotar las que se hayan identificados.
- Registros de incidentes de seguridad de la información.

Con esta información es posible justificar la implantación de nuevas medidas de seguridad, así como de priorizar las medidas a ejecutar en función a las vulnerabilidades detectadas.

Una de las herramientas para realizar lo antes descrito, es realizar pruebas de penetración. Una prueba de penetración consta de las siguientes etapas:

- Reconocimiento del tipo de información que podría obtener un atacante o usuario malicioso.
- Detección y verificación de las vulnerabilidades en los servidores y en aplicaciones desarrolladas por la institución.
- Intento de explotación de las vulnerabilidades detectadas
- Generación de informes, con el análisis de los resultados

## 2.8 Grupo de seguridad de la información

Se propone la formación de un grupo de personas con conocimientos y formación profesional en ciencias de la computación e informática, que tendrá entre sus responsabilidades:

- La supervisión y la realización de pruebas de seguridad en los puestos de trabajo y servidores de la institución, con el objetivo de detectar vulnerabilidades y generar reportes y recomendaciones.
- La investigación en temas relevantes y actuales en el área de seguridad de la información.
- El diseño de mecanismos para detección de ataques, prevención y recuperación de datos en casos de fallas.
- La coordinación de la implementación de controles de seguridad.
- La promoción del uso de herramientas y buenas prácticas en materia de seguridad de la información.
- La realización de auditorías de seguridad, revisión de los registros y actividades de los sistemas para verificar y asegurar que se cumplen las políticas de seguridad y los procedimientos operativos establecidos. Detectar las infracciones y recomendar oportunamente modificaciones en los controles, políticas y procedimientos de seguridad.
- El cumplimiento y adecuación de la institución a los estándares más conocidos en seguridad de la información tal como el *ISO 27001*.

## 2.9 Gestión de contraseñas

El objetivo de la gestión personal de contraseñas es seleccionar palabras lo suficientemente difíciles de "romper", es decir, que no puedan ser generadas paralelamente por un procedimiento que utilice otra persona ajena a los activos de información que la contraseña protege.

El uso de contraseñas es el mecanismo más utilizado para la autenticación en los sistemas y que representa uno de los puntos más débiles en la seguridad de la información cuando se revelan las contraseñas, ya sea por robo, espionaje, ingeniería social, engaño, extorsión, fuerza bruta, se puede acceder a los sistemas y provocar daños o alteraciones significativas a los activos de información.

Hay muchos usuarios que eligen contraseñas muy cortas o de fácil asociación con datos personales. Otras veces se asignan contraseñas con un tamaño mínimo (por ejemplo 8 caracteres) y cuyos caracteres son seleccionados aleatoriamente, es decir, que cumplen con las condiciones para una buena contraseña pero también son de difícil recordación para la mayoría de los usuarios.

Existen algunas recomendaciones generales para la generación de las contraseñas que pueden ser útiles para cualquier persona. A continuación se describen algunas reglas a seguir para tener contraseñas de difícil rompimiento:

- No solo se conformen con letras o números, es mejor utilizar la combinación de ambos grupos y que incluyan mayúsculas, minúsculas y caracteres especiales (símbolos de puntuación, monedas, entre otros).
- Usar siempre diferentes contraseñas para los distintos servicios.
- No utilice palabras que puedan encontrarse en un diccionario (de inglés, español u otro idioma popular).
- No repita el mismo símbolo seguido en la contraseña, por ejemplo evitar palabras del tipo "aaaaa" o "zzzzz".
- Use contraseñas mayor o iguales a 8 símbolos (caracteres). Este es un número mínimo para que la contraseña no sea considerada de débil rompimiento.
- Pruebe la fortaleza de la contraseña con algún servicio certificado (que utilice protocolo https y sea reconocido) en internet.
- No comparta las contraseñas con otras personas. En lugar de ello solicite al administrador del sistema informático que active procedimientos de delegación de tareas donde se le otorga un permiso generalmente temporal a un tercero sin compartir la contraseña personal.

Ahora bien, cualquier persona se puede formular la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede generar una clave que sea fácil de recordar, que cumpla las recomendaciones descritas anteriormente, que no pueda ser descubierta por cualquier atacante, y que además, no genere una carga para el usuario; en su generación, recordación, resguardo y utilización?.

En respuesta a esta pregunta se han desarrollado sistemas de software integrados con los navegadores web que facilitan la generación y resguardo de claves. Sin embargo, el principal elemento para contar con una buena gestión de contraseñas es la responsabilidad de las personas para generar y resguardar sus claves, y es de tomar en cuenta que esto depende de sus costumbres, el contexto social, el uso consciente, el tipo de información que resguarda y el nivel de riesgo que implica el acceso a los activos de información.

### 2.9.1 Tamaños de contraseñas

Suponga que existen 96 caracteres posibles a utilizar en una clave (letras minúsculas y mayúsculas, números, símbolos). En una clave con 8 dígitos existen  $96^8$  (más de 7 trillones) posibilidades para descubrirla y analizando 1.000.000 posibilidades por segundo tardaría 228 años, en probarlas todas (peor de los casos)[?].

Probablemente no se dispone de esa cantidad de tiempo para verificarlos por el método de fuerza bruta. Existen métodos que reducen el tiempo de descubrimiento

de las contraseñas, como probar primero con palabras de diccionarios, palabras que tenga relación con el usuario, ya que la mayoría de las contraseñas de los usuarios se conforman de esta manera.

Existen técnicas básicas para la selección de contraseñas. Se les puede explicar a los usuarios la importancia de usar palabras difíciles como contraseñas, sensibilizándolos en las posibles implicaciones de una mala gestión de las contraseñas. Recomendaciones para la selección de las contraseña fuertes.

Seleccionar una oración que sea fácil de recordar y a partir de ella generar la contraseña. Por ejemplo:

- Oración 1, *Mi hermana Sofía me regaló una poderosa computadora*
- Oración 2, *Pase todas las materias con 20 puntos*

Si tomamos los primeros caracteres de cada palabra de la oración nos resultaría:

- Oración 1, MhSmr1pc
- Oración 2, Ptlmc20p

Si a esto se le incorpora reglas como por ejemplo, cambiar la p por algún símbolo, que para este caso será (%), entonces las oraciones quedarían:

- Oración 1, MhSmr1%c
- Oración 2, %tlmc20%

Como se puede notar, de esta manera se generaría una buena contraseña, que es difícil de romper por un tercero, y fácil de recordar para la persona ya que es generada a partir de oraciones particulares que generalmente están asociadas con el usuario autorizado.

## 2.10 Entornos de la Seguridad de la Información

En una organización se pueden establecer claramente dos ambientes de trabajo asociados a la infraestructura informática y que tienen características bien definidas, y por lo tanto tienen sus especificidades a tomar en cuenta. Estos ambientes son los concernientes a los puestos de trabajo y a los centros de datos. En los párrafos siguientes se describen conceptos y herramientas vinculados con estos entornos desde la perspectiva de la seguridad de la información.

### 2.10.1 Puesto de trabajo

Un puesto de trabajo es el lugar físico y/o lógico donde al usuario se le asignan ciertos privilegios de accesos a los recursos. El puesto de trabajo es el lugar que le permite al usuario autorizado el desarrollo y cumplimiento de las tareas, funciones y actividades que ejecuta para la institución. Los puestos de trabajos forman parte de los bienes/activos de la institución y debe existir una responsabilidad por parte de la persona asignada para su mantenimiento, correcto uso y funcionamiento.

### 2.10.2 Centro de datos

El Centro de procesamiento de datos se define como una infraestructura y plataforma tecnológica (cómputo, almacenamiento y comunicaciones), que tiene como objetivo prestar la mayoría de los servicios informáticos y de comunicaciones a la institución. En el centro de datos se concentra y procesa todos los recursos lógicos con que opera la institución.

## 2.11 Tipos de Seguridad de la Información

### 2.11.1 Seguridad Lógica

Se refiere a la aplicación de mecanismos y procedimientos para mantener el resguardo, la integridad de activos informáticos (archivos, sistemas, datos, entre otros) y el acceso a personas autorizadas a los activos lógicos de la institución

Un activo lógico o activo de información de la institución es un conjunto de datos estructurados que tiene un valor directo o potencial para la institución, y que su alteración o eliminación no autorizada representa un daño para esta.

### 2.11.2 Seguridad Física

La seguridad física se refiere a los mecanismos de seguridad que generan barreras físicas y de control de los equipos computacionales como medida de prevención y protección de los activos informáticos de la institución, evitando el acceso no autorizado a los equipos y a los medios de almacenamiento de datos o cualquier desastre o contingencia.

## 2.12 Cuenta de usuario

Se refiere al conjunto de autorizaciones para ejecutar acciones sobre un sistema informático asociadas a un nombre de usuario que está vinculado con una persona natural o jurídica a través del registro de una serie de datos personales.

### 2.12.1 Cuenta de usuario crítica

Son aquellas cuentas que dan accesos a recursos, servicios e información que se consideran importantes o vitales para el normal funcionamiento de los recursos o servicios de la institución como por ejemplo: cuentas de administración de los equipos de computación (que en algunos sistemas se denomina *root*),

## 2.13 Vulnerabilidades de los sistemas de información

Se refieren a los riesgos que tiene los sistemas informáticos, y que pueden afectar los niveles de confidencialidad, integridad, disponibilidad de los datos y aplicaciones.

### 2.13.1 Causas de las vulnerabilidades de los sistemas informáticos

Entre las causas que se consideran responsables de las vulnerabilidades que afectan a los sistemas informáticos se tienen:

- Debilidad en el diseño de los protocolos utilizados en las redes, como por ejemplo los protocolos de transmisión de datos en texto claro.
- Fallos en los diseños y/o codificación de los programas.
- Configuración inadecuada de los sistemas informáticos.
- Políticas de seguridad deficientes o inexistentes.
- Desconocimiento y falta de sensibilidad de los usuarios y de los responsables de informática. Todas las soluciones tecnológicas que la organización pueda implementar (sistemas de detección de intruso, cortafuego, entre otros) resultan inútiles antes el desinterés, falta de información, falta de preparación en materia de seguridad. La falta de sensibilización de los directivos y responsables de la organización, que deben estar conscientes de la necesidad de destinar recursos a esta función.
- Poca disponibilidad de herramientas, de fácil instalación, utilización, con detallada documentación.
- La incorrecta instalación, configuración y mantenimiento de los equipos.

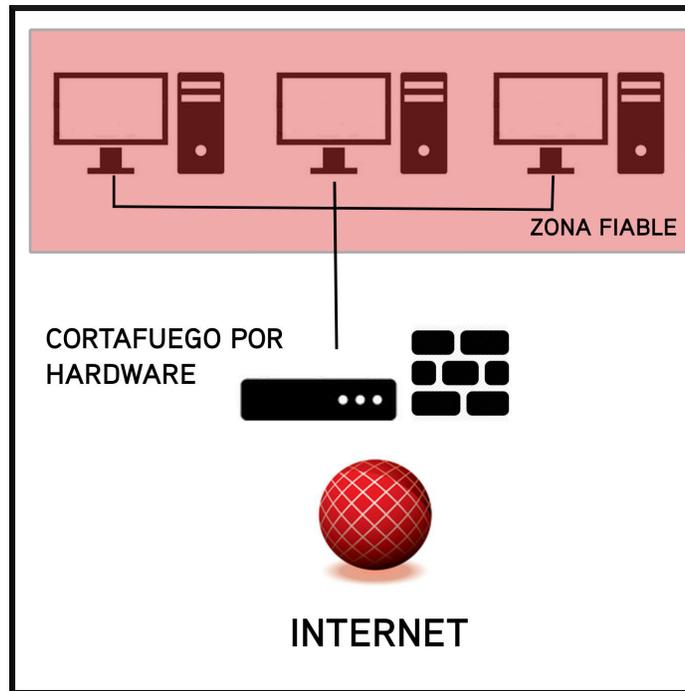
La institución podría utilizar herramientas para realizar análisis y evaluación de vulnerabilidades, que permitan conocer la situación real de los sistemas y de acuerdo con esa información se podrían reajustar las políticas de seguridad, implantación de mecanismos o medidas de seguridad.

## 2.14 Herramientas para la seguridad de la información

### 2.14.1 Cortafuegos

Un cortafuegos es un sistema que permite filtra las comunicaciones entre dos o más redes (por ejemplo la red de una institución (red privada) e Internet) a partir de unas reglas definidas de acuerdo con las políticas de seguridad de la institución, en procura de proteger la red y activos de la institución de ataques provenientes de una red que no es confiable como la Internet.

Existen cortafuegos por software y por hardware (Figura 2.4). En el cortafuegos por software, hay que definir y probar la mayoría de las reglas, ocupa espacio y procesamiento en el servidor donde esta instalado, son mucho más baratos y por lo general son utilizados en instituciones pequeñas.



**Figura 2.4** Corta fuego por Hardware.

Todo el tráfico entrante y saliente de la institución debe pasar a través del cortafuegos por lo que el administrador puede permitir o denegar el acceso a la Internet y a los servicios de la institución: un segmento de la red interna, una máquina en específico, de manera selectiva.

También se puede instalar un cortafuegos en un computador dentro de la red interna – *cortafuegos personal* – (Ver figuras 2.6, 2.7 ) que sólo controle el tráfico que entra y sale desde y hacia esa computadora respectivamente, de esta manera se pueden agregar reglas de filtrados de acuerdo a la necesidad del usuario.

Cortafuegos personal: es el término utilizado para los casos donde el área protegida se limita sólo al computador donde está instalada la protección contra atacantes.

#### **2.14.2 Utilidad de un cortafuegos**

Esta una herramienta de seguridad, que ofrece los siguientes servicios:

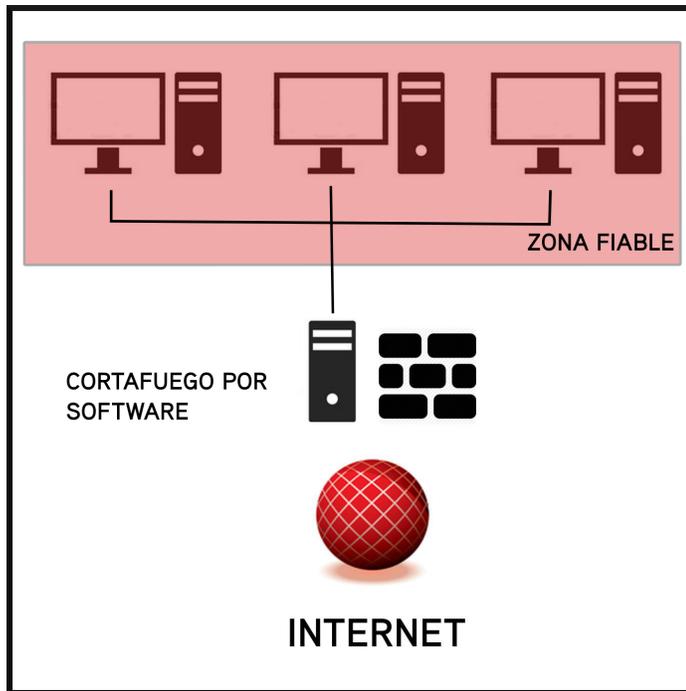


Figura 2.5 Cortafuegos por Software.

- Restringir el acceso a determinados programas, segmento de red de la organización, servicios de internet, ciertas paginas web, bloqueando el tráfico no autorizado por la organización y no permitiendo ataques a las computadoras desde el exterior e interior de la red.
- Ocultar de los equipos internos de la institución, de forma que éstos no puedan ser detectados ante ataques que provengan del exterior. Asimismo pueden ocultar información sobre la topología de la red interna, los nombres de los equipos, tipo de protocolos utilizados, etc.
- Auditar y registrar el uso de la red de datos.
- Mejorar el aprovechamiento del ancho de banda utilizado en la institución
- Coadyuvar en la supervisión sobre ataques e intentos de intrusión a la red de la institución.

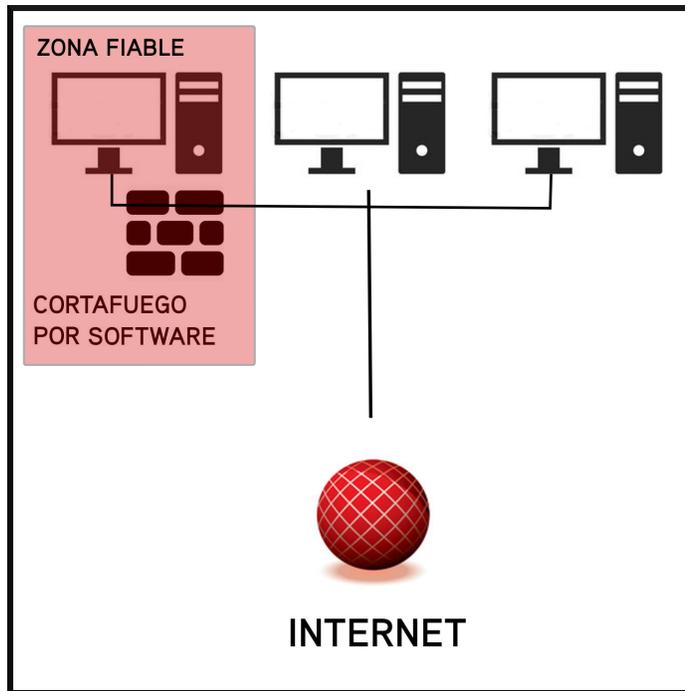


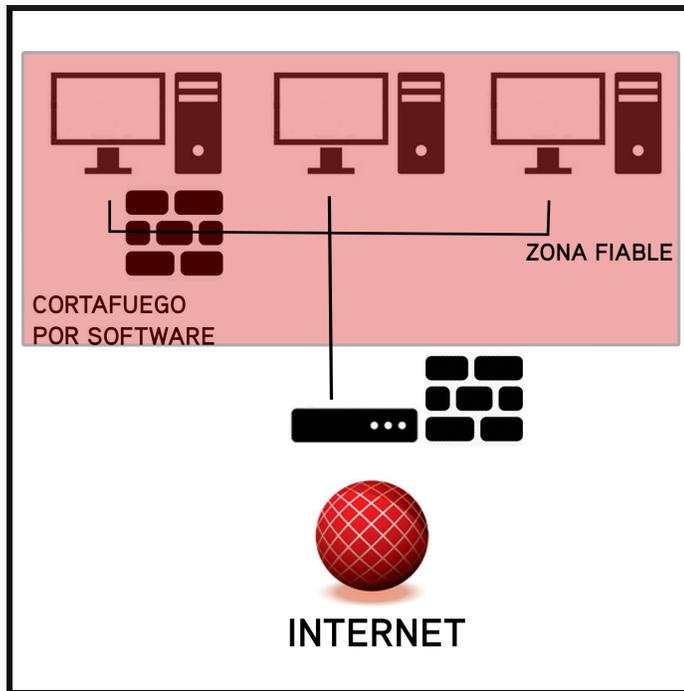
Figura 2.6 Cortafuegos personal.

### 2.14.3 Consideraciones para la instalación y configuración de cortafuegos

Dentro de las políticas de seguridad de la información se deben considerar el uso de cortafuegos, donde se especifique configuración y la persona responsable de la administración.

Consideraciones para la Configuración de un cortafuegos:

- Conocer los protocolos y servicios de internet.
- El equipo debe encontrarse libres de virus, de programas espías (*spyware*), programas maligno (*malware*).
- Análisis de los servicios requeridos de Internet y de la información que se maneja en los puestos de trabajos o servidores.
- Clasificación o estructuración de la red interna por zonas (de red) de acuerdo a las necesidades de seguridad.
- Mantener actualizado el software del cortafuegos.



**Figura 2.7** Cortafuegos personal combinado.

Las reglas de filtrado son difíciles de definir y de verificar, por lo que deberían ser revisadas frecuentemente por los administradores de la red.

#### 2.14.4 Sistemas de detección de intrusiones (IDS)

Estos sistemas se encargan de detectar y reaccionar de forma automática antes los incidentes de seguridad que tienen lugar en las redes y computadoras, que de acuerdo a unos patrones (comportamiento de actividades sospechosas) establecidos por defecto y los definidos por el administrador del sistema (de acuerdo a las políticas de seguridad), detectan y permiten prevenir la intrusión.

Funcionamiento básico de los **IDS**:

Un IDS lo conforman los siguientes elementos:

- Una fuente de eventos del sistema.
- Una base de datos con los patrones de comportamiento que se consideran como normales, así como los perfiles de posibles ataques.
- Motor de análisis de los eventos para detectar las evidencias de intento de intrusión.

- Módulo de respuesta que de acuerdo al análisis de los eventos realice determinadas acciones.

La figura 2.8 muestra la estructura funcional básica del IDS.



**Figura 2.8** Estructura funcional básica del IDS.

Un IDS puede presentar problemas y limitaciones, podría generar falsas alarmas, ya sean falsos negativos, que se producen cuando no pueden detectar algunas actividades relacionadas con incidentes de seguridad que están ocurriendo en la red o en los equipos informáticos, o bien falsos positivos, que se presenta cuando los sistemas registran y generan alertas sobre determinadas actividades que no resultan problemáticas, ya que son normal en el funcionamiento de los sistemas.

### 2.15 Identificación de los riesgos a terceros

Cuando se da acceso a terceras personas ajenas al funcionamiento rutinario de un sistema informático, en primer lugar, se debe llevar a cabo una evaluación de los riesgos para determinar las implicaciones en la seguridad y los requerimientos de controles. Para cada grupo de terceras personas se debería llevar la evaluación y definición de los controles de seguridad. Se debe considerar el tipo de acceso requerido (físico, lógico) de acuerdo a las actividades que va a realizar en la organización. Si se va a requerir del uso de activos lógicos de la institución, y/o acceso a determinadas áreas, que pueden ser vitales a la institución, y de acuerdo a esto, tener la certeza de permitirlo o no.

Para este tipo de riesgos se recomienda registrar los siguientes datos:

- Los medios de procesamientos de información a las cuales necesita tener acceso (equipos muy especializados, delicados, sensibles, costosos).
- Evaluar los datos a la que se accede, medido en diferentes aspectos (Económicos, sociales, morales, entre otra).
- Especificarle a las terceras personas las costumbres de la institución y de las personas que trabajan en ella en materia de la seguridad de la información, en relación con a las costumbres de la comunidad, y otros visitantes.
- Evaluar el nivel de confianza, entendido como qué tanto se confíe en que terceros no dañen o usufructúen los activos de información de la institución. Esto puede realizarse utilizando una historia detallada de incidentes de seguridad, a la cuál pueda aplicarse herramientas estadísticas.
- Configurar los recursos informáticos requeridos.
- Cargar los procesos en la realización de la actividades para el cumplimiento de las políticas de seguridad.
- Especificar el nivel de seguridad físico (espacio físico) en su estancia en la institución y en realizar las actividades de acuerdo con los niveles de confianza,
- Disponibilidad de una red inalámbrica o cableada con sólo determinados servicios de acuerdo a las necesidades de las personas.
- Establecer las responsabilidades de la institución por actos de las personas que utilicen recursos de la institución como el uso del correo institucional, acceso a la información confidencial de la institución a terceros, ataques o intento de intrusión contra equipos utilizando la red de la institución.

## 2.16 Seguridad lógica en los puestos de trabajo

Entre las recomendaciones de controles para los puestos de trabajo se debe proponer al personal:

- Determinar y clasificar el grado de criticidad de la información que se maneja en los sistemas de almacenamiento ubicados en los puestos de trabajo.
- La contraseña o contraseñas de administración de los equipos computacionales sólo deben ser conocidas por las personas responsables del puesto de trabajo. La contraseña debe ser seleccionada siguiendo las recomendaciones propuestas en la sección 2.9.
- Realizar cambios de las contraseñas cuando se tenga el menor indicio de vulnerabilidad o se sospeche que personas no autorizadas tenga acceso o conocimiento de datos confidenciales.

- Definir políticas para generar, eliminar, y modificar las claves de usuarios en los puestos de trabajo evitando la carga de trabajo para las personas.
- Mantener el sistema operativo y aplicaciones actualizadas.
- Utilizar herramientas y procedimientos que verifiquen la integridad y la fuente de los paquetes a instalar (mecanismos de verificación de integridad y autoría).
- Utilizar el correo institucional con la activación de métodos criptográficos para proteger la confidencialidad e integridad de los mensajes.
- Establecer políticas referentes al bloqueo automático de las sesiones de trabajo cuando no se encuentre el responsable del puesto en éste.
- Recomendar la instalación y configuración de cortafuegos personales para incrementar la seguridad en el puesto de trabajo.

## 2.17 Seguridad lógica en los centros de datos

- Seleccionar los protocolos de comunicación en función a las necesidades de la institución.
- Segmentar la red de la institución por grupos de usuarios, servicios internos y externos.
- Utilizar sistemas de detección de intrusos, para detectar el acceso no autorizado a los activos de información de la institución.
- Respalidar la información local y de los servidores de forma periódica.
- Cerrar todas las sesiones de red después de ser utilizadas, se pueden utilizar programas que automáticamente realicen este tipo de acciones.
- Controlar el acceso remoto a los equipos de la red institucional a través de herramientas seguras.
- Utilizar sistemas de controles de cambios para verificar las modificaciones realizadas en los equipos de computación.
- Utilizar buenas prácticas de seguridad en el uso y selección de las contraseñas (ver sección 2.9).
- Utilizar contraseñas para proteger el acceso a la configuración de hardware.
- Configurar los servidores de manera segura, en este particular se pueden realizar las siguientes acciones:
  - Desactivar servicios y cuentas que no vayan a ser utilizadas.

- Instalar los últimos parches de seguridad y actualizaciones publicadas por el fabricante. Convendría comprobar su correcto funcionamiento en otra máquina de pruebas antes de la máquina de producción.
  - Utilizar sólo los protocolos y servicios necesarios.
  - Activar los registros de actividades de los servidores (*logs*).
  - Disponer de una copia de seguridad completa del sistema operativo de cada servidor tras una configuración correcta.
  - Instalar herramientas que permitan comprobar la integridad de los archivos del sistema.
  - Modificar el mensaje de inicio de sesión para evitar que no se pueda mostrar información sobre la configuración y recursos del sistema a un posible atacante.
- Llevar un control de registro y des-registro de los usuarios con sus respectivos roles y niveles de acceso a los activos de la institución
  - Eliminar o bloquear inmediatamente los privilegios de acceso de los usuarios que han cambiado de área, departamento o han dejado la institución.

## 2.18 Seguridad física en los puestos de trabajo

En el área de seguridad física referida a los puestos de trabajo, se pueden seguir estas recomendaciones:

- De acuerdo a la información que se maneje se determinará la ubicación y seguridad física de los puestos de trabajo. La información que es confidencial y con un limitado acceso de personas, se recomienda que los puestos de trabajo deben estar ubicados en locales cerrados, utilizando perímetros de seguridad.
- Los equipos deben contar con fuentes o suministros de poder (*UPS*), para regular la corriente y proporcionar energía eléctrica continua. Un pico de tensión alta puede ocasionar que se dañe algún componente eléctrico de la computadora, o los pequeños y repetidos picos de voltajes pueden acortar la vida útil de sus componentes.
- Los equipos deben estar ubicados en un ambiente de trabajo adecuado (temperatura, humedad, polvo, según las características de las computadoras).
- La ubicación de los equipos y el cableado no deben ser golpeados. Los cables no pueden ser pisados ni cortados, ni se les colocar otros objetos encima o contra ellos.
- Mientras se esté trabajando en el puesto, se debe tener cuidado al consumir alimentos y/o ingerir líquidos.

- Contar con planes de mantenimiento de los equipos de los puestos de trabajos, en concordancia especificaciones de valores y servicios recomendadas por el proveedor de los equipos. De esta manera se pueda alargar su la vida útil y se pueden detectar a tiempos fallas graves.

## 2.19 Seguridad física en los centros de datos

Para establecer la seguridad física se deben tener en consideración varios aspectos (físico, lógico y ambiental) que permitirán una configuración apropiada y segura para el centro de datos. En esta área por lo general se encuentra un alto porcentaje de los activos de información de la institución. En él concentran y se procesan todos los recursos lógicos con que opera la institución. Para configurar un centro de datos confiable y seguro se debe considerar:

### 2.19.1 Servicios que prestan o prestarán los centros de datos

- Tipos de servicios a prestar tanto a los usuarios internos como externos.
- Cantidad de usuarios que requiere ingresar y permanecer en el centro. Tipo de usuarios que se beneficiarán de los servicios prestados.
- Estimación de crecimientos: incluir nuevos servicios internos, externos que requiera la instalación de nuevos equipos computación.
- Especificar las características y especificaciones técnicas de los equipos.

Con esta información se pueden establecer las relaciones con la capacidad de procesamiento, cantidad de equipos computacionales requerido, espacio físico y acondicionamiento del espacio (aire acondicionado, capacidad de la planta eléctrica, entre otros.)

### 2.19.2 Ubicación y condición física de los centros de datos

La selección de la ubicación de un centro de datos, es un factor determinante en su correcto funcionamiento, puesto que de esto depende la mayor protección y seguridad de una de las áreas más importantes de cualquier institución.

Para la ubicación del centro de datos se recomienda que:

- Se encuentre alejado de instalaciones eléctricas como radares, microondas, u otro equipo que genere ondas electromagnéticas. para que no influyan en el funcionamiento de los equipos de computación del centro de datos.
- Se encuentre lejos de estaciones de materiales volátiles, estaciones de servicio (bombas de gasolina), por que representan peligros por incidentes intencionado o fortuitos.

- Se encuentren en lugares no desolados o desprotegidos.

Entre los factores inherentes a la localidad se debe que considerar:

- Que el terreno donde se encuentra ubicado no presente problemas de hundimiento.
- Que no existan condiciones climatológicas adversas: áreas de constantes lluvias y descargas eléctricas, altas temperaturas, u otra condición similar.
- Que el centro de datos no esté ubicado en un área con constantes actividades sísmicas.
- Que el centro de datos no esté ubicado en áreas propensas a inundaciones.

Además se debe contar con todos los servicios que requiere el centro de datos para comunicación, procesamiento y almacenamiento de datos, tales como:

- Líneas telefónicas.
- Instalaciones eléctricas.
- Antenas de comunicación.

### 2.19.3 Especificaciones técnicas de los centros de datos

Con respecto a las especificaciones técnicas se debe considerar:

- Espacios amplios disponibles por la institución con todos los servicios que requiere el centro de datos.
- El acceso a los equipos de computación y del personal al centro de datos, debe ser lo más cómodo y seguro posible, para evitar que se presenten incidentes, como por ejemplo en los traslados de los equipos de computación desde y hacia el centro de datos.
- Buen diseño de las instalaciones de suministro eléctrico, que garantice el suministro y la disponibilidad de la energía eléctrica estable, y además sea independiente del resto de las instalaciones del edificio de la institución.

Se deben evaluar al momento de diseñar un centro de datos el suministro eléctrico, ya que si no se efectúa un buen cálculo sobre la carga que se va a utilizar, podría ocasionar serios problemas al utilizar los equipos.

Se requiere de la disposición de planta generadora de corriente para evitar la paralización de las actividades del centro de datos en los periodos de corte de energía eléctrica. Las características de las plantas eléctricas y su instalación, estará en función a las necesidades eléctricas del centro de datos.

Contar con sistemas de puesta a tierra, que permiten absorber las descargas eléctricas. Por último, contar con fuentes o suministro de poder (*UPS*) para proteger a los equipos electrónicos por fluctuaciones de poder.

- Se debe contar con un acondicionamiento térmico del local que controle la humedad y la temperatura requeridas por los equipos computacionales del centro de datos.
- Instalación de pisos falso, para evitar que las descargas eléctricas afecten a los equipos por su característica conductiva, y para una óptima distribución de cableado. canaletas, aire acondicionado.
- Se debe considerar la resistencia del piso falso que soporte el peso de los equipos de computación y personal que se encuentra en el centro de datos.
- Se debe preservar las condiciones térmicas del local de los centros de datos y para evitar la entrada de cualquier sustancias extraña que pueda generar algún incidente.
- Para las paredes y techos de los centros de dato se recomienda usar pintura plásticas lavables para ser limpiados fácilmente y evitar las erosión.
- La altura del techo debe estar entre los 2,70m y 3,30m para permitir la movilidad del aire dentro del centro de datos.
- Se debe contar con ductos lisos y sin desprendimiento de partículas con el paso del aire que pudiera afectar a los equipos de computación
- El cableado del centro de datos se recomienda que esté dispuesto por debajo del piso falso, ubicado de forma separada en función al tipo de cable ( de alto voltaje, de bajo voltaje, de telecomunicación, y los de señales para dispositivos de detección de fuego).
- Evitar conectar múltiples dispositivos en el mismo toma corriente para evitar sobrecargas en los circuitos eléctricos del centro de datos.

#### **2.19.4 Control de acceso físico a los centros de datos**

Los sistemas de control de acceso deben ser flexibles y confiables para el control, supervisión, registro, verificación de los datos de acceso para permitir el acceso solo al personal autorizado a las instalaciones o áreas restringidas de la institución. Los sistema de control de acceso, involucran al personal de seguridad, a la política de seguridad, al hardware y el software.

Se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

- Identificar el personal que entra y sale del centro de datos.
- Durante la noche, el fin de semana o los descansos o cambios de turnos el control debe ser tan estricto como en el horario normal.
- Identificar, controlar y vigilar las actividades que realizan las terceras personas durante su estadía en el centro de datos. Entre las personas que se consideran

como terceras personas están, los visitantes, personal de limpieza, personal de mantenimiento de los diferentes equipos.

- Instalación de Torniquetes.
- Utilizar cerraduras electromagnéticas.
- Utilizar circuitos cerrados de televisión.
- Utilizar detectores de movimiento.
- Utilizar tarjetas de identificación o cualquier otro mecanismo de por lo menos Nivel 2<sup>2</sup> .
- Utilizar control de aperturas de puertas.
- Utilizar control de acceso mediante sistemas electrónicos con tarjetas de proximidad

### 2.19.5 Sistema de aire acondicionado

Los equipos modernos de computación generan grandes cantidades de calor. Se debe contar con un sistema de aire acondicionado para mantener una temperatura o clima adecuado que permita que los equipos funcionen bien. En este sentido, se tiene que considerar lo siguiente:

- El aire acondicionado debe ser exclusivo para el centro de datos por las condiciones especiales que se requieren.
- Se debe contar con aire acondicionado de respaldo, en el caso que el principal presente problemas. Con esto se evita que se tengan que apagar los equipos computacionales.
- Tener los controles y las alarmas de temperatura y humedad que permitan la detección y la acción oportuna de corrección de los niveles de temperatura y humedad sin afectar los equipos de computación del centro de datos.
- Tener la suficiente capacidad de los equipos de aire acondicionado en función de las necesidades de los equipos instalados en el centro de datos y su posible tasa de crecimiento.
- Considerar los riesgos que representa los aires acondicionado, el mal funcionamiento ocasiona que los equipos sean apagados, se pueden producir incendios e inundaciones.

<sup>2</sup>El Nivel 2 indica que el usuario autorizado para ante un sistema de control debe presentar algo que sabe (contraseña) y algo que tiene (tarjeta)

### 2.19.6 Protección, detección y extinción de incendios

Para evitar los incendios se debe tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Los materiales de las paredes y techos deben ser resistentes al fuego.
- Canales y aislante resistentes al fuego.
- Sistema de drenaje en el piso firme.
- Detectores de fuego alejado del aire acondicionado.
- Alarmas de fuego conectado al sistema de detección temprana de humo.
- Equipos contra fuego como extintores.

### 2.20 Especificación de las Políticas de seguridad de la información en los centros de datos

Para especificar las políticas de seguridad de los sistemas informáticos para el personal de la institución se deben contemplar los siguientes aspectos:

- Especificar los procedimientos para la creación de nuevas cuentas críticas.
- Especificar niveles de acceso físico y lógico de los recursos computacionales de la institución, para establecer quiénes están autorizados para realizar determinadas actividades y operaciones; a qué datos, aplicaciones y servicios, desde qué máquina puede acceder, quiénes pueden acceder al centro de datos.
- Especificar los procedimientos para eliminar/bloquear las cuentas y los posibles escenarios que puedan incurrir en esta medida.
- Establecer el personal que delegará la responsabilidad del control de: usuarios, claves, entre otros, en los momentos cuando no esté el responsable principal.
- Especificar políticas de respaldo y recuperación ante incidentes para garantizar el continuo funcionamiento de los sistemas de la institución.
- Especificar los procedimientos para respaldar o eliminar información o sistemas de los equipos de computación (ver sección 2.21).
- Especificar las posibles violaciones y consecuencias derivadas del incumplimiento de las políticas de seguridad. **revisar**.
- Especificar las sanciones a los responsables por la violación de las políticas de seguridad.
- Clasificar la información e identificar los activos de la institución.

Entre las actividades y responsabilidades que se deben delegar y considerar para las políticas de seguridad se tienen:

- Mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de la red para garantizar su disponibilidad.
- Revisar periódicamente el estado físico del cableado horizontal y vertical de la red de la institución.
- Realizar periódicamente mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos de telecomunicaciones. Se recomienda que el mantenimiento se realice semestral, además deberá ser registrado en bitácoras.
- Supervisar y mantener adecuadamente las instalaciones de la infraestructura de red.
- Solucionar los problemas relacionados con conflicto de direcciones IP.
- Administrar y operar los Servidores de la Red.
- La red institucional no será instrumento de experimentos que pongan riesgo la integridad de la información.
- Configurar y supervisar los equipos de comunicaciones.
- Construir un mapa de red y actualizarlo ante cambios.
- Asegurar las contraseñas críticas como: administrador (*root*), aplicaciones como cortafuegos, servidores, entre otros.
- Ubicar los equipos en salas (centro de datos) con acceso restringido y medidas de seguridad física, utilizando estándares o certificaciones.

### **2.21 Políticas de respaldo y recuperación**

Son imprescindible contar con políticas de respaldo y recuperación para garantizar el continuo funcionamiento de los sistemas de la organización. La recuperación de los sistemas posterior a la interrupción de índole natural o accidental como incendios, mal funcionamiento de los sistemas, errores humanos, entre otros, resulta necesario, requiriendo de una acción rápida para poner nuevamente disponible el servicio y de esta manera asegurar la disponibilidad.

Con el objetivo de garantizar la disponibilidad de los servicios es necesario contar con planes de contingencias ante desastres y para esto se requiere aplicar las políticas de respaldo y recuperación.

### 2.21.1 Normas para las políticas de respaldo y recuperación

Entre las normas a aplicar en el campo del respaldo y la recuperación se pueden listar las siguientes:

- Las copias de respaldo de datos y archivos de servidores deben ser realizadas y supervisadas por personal debidamente autorizado.
- Debe existir para todo los activos de información de la institución, la documentación de los procedimientos de respaldo y recuperación.
- Planificar las copias de respaldo que se deben realizar en función del volumen y del tipo de información generada por los sistemas informáticos.
- Todas las copias de respaldo y medios de almacenamiento utilizados, deben estar bien identificadas con información tal como: a qué equipo de computación pertenece, contenido de la copia de respaldo, fecha y hora de ejecución del respaldo, cronogramas de ejecución del respaldo, tipo de respaldo (completos, incrementales, diferenciales), cuantos medios de almacenamiento fueron utilizados, identificación de la persona que ejecuta el respaldo, ubicación asignada para su almacenamiento, personas responsables del almacenamiento.
- Establecer los sistemas técnicos que se van a emplear para garantizar la privacidad e integridad de los datos que se almacenen.
- Contar con un lugar de resguardo para los respaldos, físicamente seguro y que posean controles de acceso.
- Generar en un tiempo determinado dos copias de los respaldos, unas de esas copias, se debe resguardar en otros sitio fuera del edificio, este sitio debe igualmente cumplir con determinados características de seguridad al sitio principal. Además el acceso y traslado de las copias deben ser realizados por personal debidamente identificado y autorizado para ejecutar el procedimiento.
- Efectuar las pruebas de recuperación en un tiempo determinado y definido para verificar el estado de los soportes y el correcto funcionamiento de las copias de respaldo.
- Para los casos de aplicaciones críticas se recomienda implementar técnicas de sincronización automática, por hardware y software de forma que si la aplicación principal deja de funcionar la otra aplicación espejo tome el control inmediatamente o en un tiempo mínimo requerido para su ejecución, este procedimiento es llamado redundancia.

### 2.22 Gestión de incidentes de seguridad

Cualquier evento que pueda ocasionar la interrupción o degradación de los servicios de los sistemas. Estos incidentes pueden ser intencionados, por error de aplicación de

las políticas y procedimientos de seguridad, de desastre natural o del entorno como las inundaciones, incendios, tormentas, fallos eléctricos entre otros.

Entre las actividades y tareas que se deben tener en cuenta están las siguientes:

### 2.22.1 Antes del incidente de seguridad:

- Se debe contar con un equipo de personas para la solución del incidente, que será el equipo encargado de activar y coordinar el plan de contingencia. Este equipo debe estar constituido por personas que cuenten con la experiencia y formación necesaria que pueda dar respuesta ante cualquier incidente de seguridad. Debe existir una lista de números telefónicos y direcciones actualizadas para la ubicación de las personas que conforman este equipo en el momento que ocurra un incidente de seguridad.
- Identificación de las áreas críticas y/o operativas de la institución, para la misma se consideran los servicios, equipos, aplicaciones, infraestructura, existentes dentro de la institución.
- Hacer inventario de los equipos y servicios. Se requiere de una descripción detallada de la ubicación, configuración, características, y procedimientos de respaldo y recuperación.
- Considerar los posibles escenarios de incidentes de seguridad que puedan ocurrir en cada área crítica identificada. Los mismos deben estar bien documentados.
- Describir clara y detalladamente los planes de contingencia de todos los posibles escenarios de incidentes de seguridad, donde se indiquen los procedimientos de actuación necesarias para la restauración rápida, y eficiente.
- Efectuar reuniones al menos una vez al año para la revisión del plan de contingencia, en función de evaluar y/o actualizar las condiciones del sistema informático.
- Detectar incidentes de seguridad. La institución debe prestar especial atención a los indicadores de incidentes de seguridad, como una actividad a contemplar dentro del plan de respuesta a incidentes. Entre estos indicadores se tienen:
  - Cambio de configuración de los equipos de red con acciones tales como la activación de nuevos servicios, la verificación de puertos abiertos no autorizados, entre otros.
  - Caída en el rendimiento de la red o algún servidor debido a un incremento inusual del tráfico de datos.
  - Caída o mal funcionamiento de servidores como: reinicio inesperado, fallos en algún servicio.
  - Existencias de herramientas no autorizadas en el sistema.

- Aparición de nuevas cuentas de usuarios o registro de actividades inusuales en algunas cuentas como: conexión de usuarios en horarios poco usuales.

### **2.22.2 Durante el incidente de seguridad:**

Cuando ya se tiene certeza del incidente a través de datos que lo confirman, se debe actuar de forma oportuna y diligente. En esta fase del incidente, se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

- Analizar del incidente de seguridad con el objetivo de determinar el alcance (aplicaciones afectadas, información confidencial comprometida, equipos afectados, entre otras), para ayudar al equipo de solución a tomar soluciones adecuadas y permitan establecer prioridades en las actividades que se deben llevar a cabo.
- Poner en marcha el plan de contingencia de acuerdo al incidente de seguridad presentado.
- Contener, erradicar y recuperar. El equipo de solución debe de llevar a cabo una rápida actuación para evitar que el incidente de seguridad vaya a tener mayores consecuencias a la institución.

### **2.22.3 Después del incidente de seguridad:**

Después de la ocurrencia del incidente de seguridad, es decir, cuando ya se encuentre en pleno funcionamiento el sistema informático, se recomiendan ejecutar las siguientes actividades:

- Análisis y revisión del incidente. Causas del incidente, valoración inicial de los daños y sus posibles consecuencias
- Una completa documentación del incidente facilitará su posterior estudio. Entre los aspectos que debe tener reflejado la documentación se tiene:
  - Descripción del tipo de incidente: ataque a la seguridad, procedimientos de seguridad, desastres naturales.
  - Hechos registrados (como por ejemplo: logs de los equipos)
  - Daños producidos en los sistemas informáticos
  - Decisiones y actuación del equipo de respuesta
  - Lista de evidencias obtenidas durante el análisis y la investigación
  - Posibles actuaciones y recomendaciones para reforzar la seguridad y evitar incidentes similares en un futuro
- Actualización de los planes de contingencia de ser necesario

- Realizar un seguimiento o supervisión del sistema en búsqueda de vulnerabilidades omitidos o recreados luego de la recuperación de los sistemas.
- Aplicación de *informática forense*. Esta proporciona los principios y técnicas que facilitan la investigación de los eventos informáticos ocurridos, mediante la identificación, captura, reconstrucción y análisis de evidencias. Entre las etapas para el análisis forense se tienen:
  - Identificación y captura de las evidencias
  - Preservación de las evidencias
  - Análisis de la información obtenida
  - Elaboración de informe con las conclusiones del análisis forense

### 2.23 Plan de recuperación ante desastres

El "Plan de recuperación ante desastre" es un elemento que contribuye a la práctica efectiva de medidas de seguridad para garantizar una adecuada recuperación de la operatividad mínima luego de una contingencia, en donde se vean afectados los procesos y recursos informáticos que funcionen en la Institución.

Los desastres pueden ser naturales o accidentales como incendios, inundaciones, corte en el suministro de energía eléctrica, entre otros eventos no planificados. El plan de recuperación antes desastres debe especificar los objetivos y prioridades a tener en cuenta por las instituciones. Es necesario contemplar la disponibilidad de los recursos y medios adecuados que permitan restaurar el funcionamiento de los sistemas informáticos de la institución, así como de la recuperación de los datos, aplicaciones y servicios básicos. La practica de recuperación que se acostumbra a realizar es:

- Disponibilidad de un centro alternativo para la ubicación de los principales recursos informáticos (servidores, aplicaciones, bases de datos, entre otros). Este centro debe contar con las mismas medidas de seguridad que las instalaciones principales de la institución.
- Existencia de políticas de respaldo y recuperación.
- Herramientas para llevar a cabo una replicación de los documentos y las bases de datos.
- Detección y respuesta al desastre en el centro principal, adoptando las medidas de contención previstas dependiendo del tipo de desastre: incendio, inundación, explosión, entre otros.
- Traslado de las actividades a un centro alternativo, junto con el personal necesario para la puesta en marcha de los servicios, equipos informáticos, copias de seguridad más recientes y con las medidas de seguridad que correspondan, entre otros.

## REFERENCIAS

---

1. Antonio Araujo. *Trasteando con la bibliografía*. CENDITEL, Mérida, 2014.





## CAPÍTULO 3

# SISTEMAS ANÓNIMOS

---

R. SUMOZA

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

Tal como se plantea en [1], se puede indicar que la Privacidad se trata de una necesidad natural inherente de los seres humanos, la cual responde a la libre voluntad de escoger con quienes se quiere relacionar, o se trata de elegir la información que se desea sea conocida en esa relación. Esto se deriva de la intimidad humana, como espacio de crecimiento y desarrollo personal, y de protección del ámbito privado personal, en el que la personas se pueden comportar y expresar de forma libre y sin temor o reticencia ante la presencia o intervención indeseada de terceras personas. Esto implica que se puede representar como la contraparte al ámbito público, el cual es un espacio en el que las interacciones sociales son constantes y necesarias, y se encuentran influenciadas y limitadas por normas y regulaciones jurídicas, sociales, culturales, religiosas, entre otras, las cuales determinan en todo momento las conductas a seguir y por lo general se establecen sanciones en los casos de violación de alguno de esos preceptos.

La Privacidad también se puede pensar como una necesidad que se ha adquirido en el transcurso del tiempo, debido principalmente a factores como:

1. El reconocimiento y protección de los derechos humanos fundamentales en el mundo. Históricamente, se observa que desde tiempos antiguos se manejaba la noción de un espacio de propio de cada persona, que permitiera su crecimiento personal. Se penalizaban las violaciones a ese espacio, pero más por razones de seguridad pública y por relacionarlo a derechos patrimoniales.
2. Las discusiones acerca de un derecho a intimidad, a la vida privada, a la privacidad se presentan con mayor fuerza luego del surgimiento de la prensa escrita, ya que es el medio que empieza a posibilitar la transmisión de una misma información a gran número de personas.
3. Se ha planteado como una necesidad que se ha visto influenciada y potenciada por la aparición, crecimiento y masificación de las TIC (computadores personales, Internet, televisión, telefonía fija y móvil, etc), ya que éstas permiten la fácil divulgación de gran cantidad de información en poco tiempo.

Sin embargo, no es necesario apelar a los artículos de la carta sobre los Derechos Humanos establecida por la Organización de las Naciones Unidas para darse cuenta que cada una de las personas que habitan este planeta tiene el derecho de decidir sobre el destino de su información privada. Esto incluye no sólo decidir quién, cómo, dónde y cuándo terceras partes puedan tener acceso a sus datos en general, sino que se debe prestar una particular atención a los que están relacionados con la identidad, el perfil social, cultural, personal, etc.

Tanto en las organizaciones privadas, como en las públicas, y a nivel individual, la protección de la información no sólo debe incluir los aspectos típicamente enmarcados dentro de la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos, sino que debe ampliarse al resguardo de la privacidad donde, entre otros, se procura evitar que se revele la identidad de las partes comunicantes. Se han desarrollado varias estrategias, mecanismos, técnicas y sistemas que tienen esto como objetivo, y que pueden enmarcarse en lo que se denomina las tecnologías que mejoran la privacidad (se conoce en inglés como *Privacy Enhancing Technologies*).

Este tipo de tecnologías han tenido sus frutos en escenarios de diversa índole, que van desde aplicaciones militares, donde se procura evitar que el enemigo pueda descubrir las conexiones estratégicas, pasando por aplicaciones científicas/comerciales, que evitan revelar información sobre las comunicaciones hechas entre socios científico/comerciales, hasta las aplicaciones de particulares que le ayudan a mantener en privado sus datos personales: los referentes a su salud, su estado financiero, sus preferencias de consumo, etc. Uno de los puntos críticos de la privacidad es el encubrimiento de la identidad de las partes comunicantes, es decir, es la procura de que las comunicaciones sean anónimas: Anonimato.

Cada una de las técnicas y mecanismos utilizados tienen sus ventajas y desventajas en cuanto al perfil de ataque considerado. Es decir, dependiendo del tipo de atacante que se considere, cada una de éstas posee un conjunto de fortalezas y debilidades asociadas. Adicional al perfil del atacante, se debe incluir su radio de acción, esto quiere decir, que se debe considerar su capacidad para manejar ciertos volúmenes de usuarios, su heterogeneidad, su distribución y localización.

Además se debe considerar el tipo de comunicación anónima que se desea o necesita entablar: mensajería instantánea, correos electrónicos, servicios web, etc.

En las siguientes secciones se presentan algunas técnicas, sistemas y mecanismos que se orientan a proporcionar privacidad basado en el Anonimato.

### 3.1 Técnicas para proporcionar privacidad

Tal como se menciona en [2] las personas en general utilizan Internet para poder comunicarse, para el envío de correo electrónico, para la investigación en diversas áreas de interés, para la interacción con distintos organismos públicos y/o privados, etc. Al mismo tiempo, gran cantidad de estos organismos públicos y privados en distintas regiones del planeta buscan maximizar la interacción electrónica en todos los niveles entre los usuarios y sus centros tecnológicos, intercambiando información a través del uso de bases de datos controladas por ellos mismos, buscando utilizar el poder de la informática para tener el control de la información concerniente a innumerables aspectos relacionados a los individuos, tales como las preferencias en sus consumos diarios, la interacción con su alrededor, sus estilos de vida, sus opiniones, sus preferencias, y todo esto en niveles que en gran medida son desconocidos por los mismos usuarios. En respuesta a lo anterior, y procurando minimizar este tipo de control, se han propuestos diferentes mecanismos y sistemas que buscan reforzar o mejorar la privacidad (Privacy Enhancing Technologies) del individuo (visto en un contexto amplio, es decir, pudiéndose considerar como individuo a un conjunto de personas, e incluso a organizaciones completas). Este tipo de tecnologías pueden asistir a los organismos en su cumplimiento de los principios de protección de la privacidad establecido en los derechos humanos [3], dándole a los usuarios mayor poder para controlar su información, pudiendo éstos decidir cómo y cuándo puede ser utilizada por terceras partes. Existen sistemas tales como los navegadores web anónimos y servicios especiales de correo electrónico que le permiten comunicarse sin necesidad de revelar su verdadera identidad. Los sistemas para el manejo de la identidad potencialmente le permiten a los individuos acceder a los servicios y recursos sin tener que proveer información sobre ellos. Esto implica involucrar a una o varias organizaciones sobre las cuales se deba tener cierto grado de "confianza", y que puedan verificar la identidad de los usuarios, y además puedan generar cierto tipo de certificación electrónica que no contenga información sobre la identidad, pero que permita acceder a los recursos y servicios ofrecidos por terceras partes.

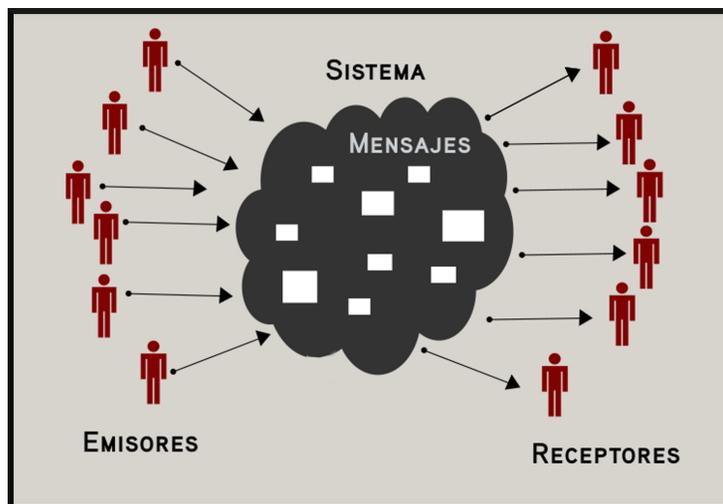
Las tecnologías que mejoran o refuerzan la privacidad no son sólo aquellas destinadas a proveer un cierto grado de anonimato, sino que se extienden a la protección y mejora de la privacidad en general del individuo, incluyendo el cumplimiento de sus derechos sobre la protección de sus datos, en este sentido se pueden mencionar como ejemplos de este tipo de tecnología los siguientes:

- Los sistemas de acceso biométrico cifrado, que permite el uso de las huellas dactilares como mecanismo para autenticar la identidad de un individuo sin necesidad de retener su huella dactilar actual.

- Los accesos seguros a los datos personales de los usuarios en línea.
- Programas que permiten a los navegadores detectar automáticamente las políticas de privacidad de los sitios web y las comparan con las preferencias expresadas por los usuarios.
- Sistemas de alertas y avisos que son anexados a la misma información y que previenen su uso en caso del no cumplimiento de las políticas de privacidad.

### 3.1.1 Bases del Anonimato

En la sección 1.2.2 se habla sobre los conceptos y bases del Anonimato, y para comprenderlo de manera general es conveniente utilizar la configuración de un sistema general de comunicación tradicionalmente compuesto por un emisor, un receptor, quienes utilizan una red de comunicación para transmitir un mensaje. En la figura 3.1 se muestra el diagrama general de este modelo.



**Figura 3.1** Configuración del Sistema General

Este sistema está delimitado por los componentes antes mencionados, por lo cual los involucrados que se encuentren fuera de esta delimitación, en cada uno de los casos que se describen se consideran participantes externos.

Cada uno de los casos de estudio presentados serán considerados desde la perspectiva del atacante, quien puede monitorear las comunicaciones, estudiar sus patrones, e incluso puede hacer cambios al manipular el contenido. El atacante puede estar dentro del sistema o puede ser uno de los participantes externos.

En todas las definiciones de los términos relacionados con las tecnologías asociadas a la mejora o refuerzo de la privacidad, se considera un sujeto (subject) a una

entidad (ente o ser) que tiene la posibilidad de actuar en el sistema, por ejemplo, un ser humano, una persona jurídica, un computador, etc.

Como se mencionó en la sección 1.2.2.1 un sujeto es anónimo cuando no puede ser identificado dentro de un conjunto de sujetos, denominado el conjunto anónimo. Este conjunto está conformado por todos los posibles sujetos que pueden causar (o estar relacionados con) una acción. No ser identificado significa que ese sujeto no puede ser caracterizado de forma única o particular dentro de ese conjunto. Un sujeto actúa anónimamente cuando, desde el punto de vista del adversario, su acción no puede relacionarse con su identidad, dado que hay un conjunto de sujetos que podrían ser los causantes potenciales de la acción (y el adversario no puede distinguir a su verdadero causante). El anonimato debe permitirle a un sujeto utilizar un recurso o servicio sin revelar su identidad, esto implica que el anonimato por sí mismo no procura proteger la identidad de un usuario en un ámbito general, lo que pretende es evitar que otros usuarios o sujetos no puedan determinar la identidad de un usuario cuando éste genera una acción u operación en particular.

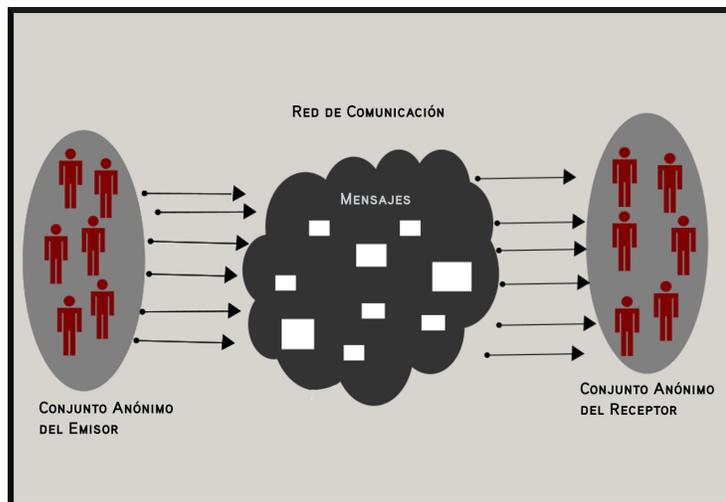
Con respecto a las entidades que podrían generar una acción, el conjunto anónimo se conforma por los sujetos que pueden generar una acción en un instante de tiempo específico; desde el punto de vista de las direcciones o ubicaciones de las entidades, el conjunto anónimo está conformado por los sujetos que pueden estar relacionados a una ubicación o dirección. Lo anterior quiere decir que el anonimato se podría clasificar según las entidades involucradas o según la ubicación de las mismas.

De esta forma, para permitir el anonimato de un sujeto siempre tiene que existir un conjunto apropiado de sujetos que posean potencialmente los mismos atributos. Ser los emisores y los receptores de mensajes particulares son ejemplos de estos atributos. Un emisor de un mensaje puede ser anónimo sólo si constituye parte de un conjunto de emisores potenciales (con atributos similares), el cual es su conjunto anónimo, y puede ser un subconjunto de todos los sujetos a nivel global quienes pueden enviar un mensaje en un tiempo específico. Lo mismo aplica para los receptores de mensajes. Este esquema se representa en la figura 3.2. El conjunto anónimo es relativo al tiempo, es decir, puede variar según los cambios que se den en el sistema.

Con lo anterior se especifica que existe un conjunto anónimo para el emisor de un mensaje, existe otro conjunto anónimo para el receptor de ese mensaje, y estos conjuntos pueden ser disjuntos, pueden solaparse o pueden ser el mismo conjunto.

Por otro lado el anonimato además de estar relacionado al conjunto anónimo y al tiempo en el que se está ejecutando la acción, también tiene relación al contexto donde se aplica, es decir, un sujeto puede ser anónimo en relación al contexto envío y recepción de correos electrónicos, pero puede no serlo en ese mismo instante de tiempo para el contexto interacción con una base de datos. Esto se debe a que según el contexto de estudio pueden existir distintos atributos que caractericen al conjunto anónimo, y por ende al anonimato del sujeto.

Como se mencionó el conjunto anónimo está directamente relacionado con el atacante, esto quiere decir, que el conjunto anónimo se delimita según el grado de conocimiento que posee el atacante. De esta forma, el fin último del anonimato es procurar que el atacante posea la misma información antes y después de su ataque.



**Figura 3.2** Conjuntos Anónimos

Dado que el anonimato es dependiente del contexto, definido por sus atributos, las variaciones del mismo podrían cambiar los niveles de anonimato. Si se pretende diferenciar entre "niveles" de anonimato, es necesario poder cuantificarlo (medirlo) con el fin de poder hacer distinciones entre distintos sistemas anónimos.

### 3.1.2 Técnicas de Anonimato

Tal como se mencionó en el apartado anterior el anonimato de un sujeto es el estado de no ser identificable dentro de un conjunto de sujetos, denominado el conjunto anónimo. También se ha mencionado, ver [1], que el emisor de un mensaje puede ser anónimo sólo dentro de un conjunto de potenciales emisores, lo que correspondería al conjunto anónimo del emisor, el cual a su vez puede ser un subconjunto de todos los sujetos a nivel mundial quienes podrían enviar mensajes en determinados instantes de tiempo. Este tipo de anonimato es llamado anonimato del emisor. Lo mismo ocurre para el receptor, quien puede ser anónimo sólo dentro de un conjunto de receptores posibles, llamado el conjunto anónimo del receptor, y a este tipo de anonimato es llamado anonimato del receptor. Además hay un tercer tipo de anonimato, el de relación, el cual consiste en tener la propiedad de no poder relacionar quién se comunica con quién. La no relacionabilidad significa que dentro del sistema las distintas entidades, aquí denominadas ítems de interés o IDI (mensajes, emisores, receptores, etc.) no están ni más ni menos relacionadas con respecto a la información que se tenía antes de que el adversario ejecute un ataque (información a priori). En otras palabras, el anonimato del emisor/receptor puede ser definido como las propiedades de que un mensaje particular no sea relacionado a cualquier emisor/receptor, y que cualquier mensaje no sea relacionado a un emisor/receptor en

particular, entonces el anonimato de relación es la propiedad de no poder relacionar o determinar quién se comunica con quién.

El anonimato se fortalece mientras más grande sea su conjunto anónimo, y mientras más uniforme sea la distribución de probabilidad de la ejecución de las acciones por parte de los sujetos dentro del conjunto, es decir, el nivel de anonimato no sólo depende del tamaño del conjunto sino también de la probabilidad de que un sujeto en particular pueda generar cierta acción. De esta forma se puede definir el entorno de acción que acota las técnicas de anonimato para las comunicaciones: Colectar un conjunto apropiado de usuarios para que un usuario en particular pueda ser anónimo cuando se comunica con los demás.

Los sujetos no pueden tener el mismo nivel de anonimato contra todos los tipos de ataques posibles generados por participantes internos o externos. El conjunto de los posibles sujetos y la probabilidad de que ellos puedan causar una acción puede variar dependiendo del conocimiento del atacante. Se asume que desde el punto de vista del atacante, el nivel de anonimato sólo puede decrementar, es decir, se asume que el atacante no olvida la información que tiene y que ha logrado recolectar durante su observación e influencia sobre la comunicación en el sistema.

Para definir las diferentes técnicas de anonimato se utilizan los siguientes criterios:

**Objetivo de la protección** Define cuál tipo de anonimato puede ser provisto (del emisor, del receptor, o de la relación).

**Nivel de seguridad** Se debe definir cuál es el nivel de seguridad alcanzado por el objetivo de la protección (la seguridad desde la perspectiva de la teoría de la información o incondicional y la seguridad criptográfica/computacional con los supuestos asociados a mecanismos como los de clave pública).

**Modelo de atacante** Contra qué tipo de atacantes protege el sistema (externos, participantes, proveedores de servicios).

**Modelo de confianza** En quién confía el usuario: en los proveedores de servicios, en los participantes externos, en otros usuarios, etc.

### 3.1.2.1 *Redes de mezcla:*

Esta idea se describe en [1]. El método utiliza criptografía de clave pública y fue diseñado para que los sistemas de envío de correo electrónico proveyeran anonimato del emisor, del receptor y de relación sin necesitar un servicio de confianza central (por ejemplo una autoridad certificadora). En general, los mezcladores o Mixes pueden ser entendidos como una cadena de proxies seguidos uno detrás del otro. Se considera que el atacante puede observar todas las comunicaciones y puede controlar todos los mixes a excepción de uno.

#### **Topología Mix:**

Este concepto funciona aun cuando se dispone de un solo mix. Pero en este caso el usuario debe confiar en este mix. Típicamente hay más de un mix en la red organizados en forma de cadena. Existen diferentes métodos para organizar la cooperación

dentro de la red. Uno de ellos puede ser que cada mix existe independientemente en la red y los participantes libremente deciden a través de cuál de ellos enrutarán sus mensajes. Así cada nodo puede comunicarse con el resto conformando lo que se denomina una topología de red mix o red de mezcla.

Otra posibilidad es utilizar una cadena de mixes predefinida. A esta cadena se le denomina mix en cascada. Además de los dos extremos antes mencionados, se pueden utilizar variaciones que resulten en diseños híbridos. Un análisis y comparación de ambas ideas se presenta en [9, 7].

En una red mix, el usuario puede decidir con cuáles mixes desea interactuar, proveyendo de esta manera un buen nivel de escalabilidad y flexibilidad. Además, debido a que los usuarios escogen aleatoriamente los mixes, un atacante no podrá determinar cuáles de ellos debería controlar para poder observar un mensaje enviado, para esto debería controlar gran parte de la red.

Por otro lado, un atacante sabe con exactitud cuáles mixes debe controlar en una red en cascada (mix en cascada). Este diseño es vulnerable a los ataques de denegación de servicio, ya que al detener un solo mix en la red, lograr detener todo el sistema.

Por otro lado en [9] exponen que la red mix (pero no la red en cascada) es vulnerable a ciertos tipos de atacantes con altos niveles de control, es decir, que controlan a todos los mixes a excepción de uno. Mencionan que este tipo de red es vulnerable a los ataques  $n - 1$ . Otra desventaja es que algunos mixes puede que no sean casi utilizados (se subutilizan) y otros se sobrecarguen. Los objetivos de protección que se logran son el de anonimato del emisor, y el de relación.

Provee protección contra atacantes que pueden observar toda la red y que pueden controlar muchos mixes. Es susceptible a ataques de denegación de servicio y ataques  $n - 1$ . Desde el punto de vista de la confianza, se debe confiar en al menos un mix de la ruta seleccionada.

#### **Funcionalidad Básica:**

En este enfoque los usuarios o clientes no envían sus solicitudes directamente al servidor (o a otro destino), sino que las envía a nodos (enrutadores) intermedios denominados mix. Para poder ocultar la comunicación de los participantes, los mixes no envían instantáneamente los mensajes que reciben, en vez de esto, los mixes almacenan varios mensajes de diferentes clientes por un tiempo definido, los transforman, y luego si los reenvían simultáneamente a los servidores de destino o a otros mixes en la red. Un observador que puede ver todos los mensajes entrantes y salientes de un mismo mix no podrá determinar cuáles mensajes de entrada corresponden a cuáles mensajes de salida.

#### **Preprocesamiento:**

El preprocesamiento es la transformación de los mensajes. El objetivo principal de la transformación de los mensajes es evitar que un atacante pueda trazar (descubrir su recorrido) un mensaje a través de la comparación de los patrones de bits correspondientes a los mensajes que entran y salen de un mix. Para poder enviar un mensaje, el cliente primero lo debe preparar. Para esto, el primer paso que debe dar es escoger el camino por el cual se transmitirá el mensaje, este camino estará compuesto por los mixes que haya escogido, y debe incluir el orden específico de

reenvíos antes de que llegue a su destino final. Para mejorar la seguridad del sistema, se recomienda utilizar más de un mix en cada camino. El siguiente paso, es utilizar las claves públicas de los mixes escogidos para cifrar el mensaje, en el orden inverso en el que fueron escogidos, es decir, el mensaje se cifra primero con la clave pública del último mix, luego con la del penúltimo, y así hasta cifrar por última vez con la clave pública del primer mix en el camino seleccionado. Cada vez que se cifra se construye una capa, y se incluye la dirección del siguiente nodo (ya sea el destino final u otro mix). Así cuando el primer mix obtiene el mensaje preparado, lo descifra con su clave privada, y obtiene la dirección del siguiente nodo al que debe reenviarle el resto del contenido que quedó después de su descifrado.

Este esquema puede ser descrito de la siguiente manera:

$A_1, \dots, A_n$  pueden ser la secuencia de las direcciones y  $c_1, \dots, c_n$  la secuencia de las claves de cifrado conocidas públicamente y pertenecientes a la secuencia  $Mix_1, \dots, Mix_n$  escogidos por el emisor. Incluso  $c_1$  puede ser una clave secreta en un sistema de cifrado simétrico.  $A_{n+1}$  puede ser la dirección del receptor o del destino final del mensaje, al cual se le denomina, por simplificación,  $Mix_{n+1}$ , y  $c_{n+1}$  sería su clave de cifrado.  $z_1, \dots, z_n$  puede ser una secuencia de bits aleatorias. El emisor crea los mensajes  $N_i$  que son recibidos por el  $Mix_i$ , y en la base del mensaje  $N$  es lo que el receptor final debe recibir ( $Mix_{n+1}$ ) supuestamente:

$$N_{n+1} = c_{n+1}(N) \quad (3.1)$$

$$N_i = c_i(z_i, A_{i+1}, N_{i+1}) \text{ para } i = n, \dots, 1 \quad (3.2)$$

El emisor le envía  $N_1$  al  $Mix_1$ . Después que se decodifica, cada mix recibe la dirección del siguiente mix y el mensaje que está destinado a ese siguiente mix. Debido a las implementaciones de los sistemas de clave pública o asimétrica se necesitan las cadenas aleatorias de bits. Para asegurar que un atacante no pueda trazar un mensaje (seguir su trayectoria) a través de un mix, es necesario que todos los pares de entrada-salida de los mensajes no tengan características que permitan identificarlos, por ejemplo, el tamaño de los mismos. Una solución a esto es establecer tamaños fijos para los mensajes, y cuando los mensajes tengan un tamaño inferior al fijado, se deberán rellenar con información falsa, y cuando lo superan se deberán fragmentar en varias piezas.

#### **Reordenamiento:**

Mezclas por grupos (pool) o mezclas por cantidad (batch): Cuando un mix opera en modo "por cantidad" o "batch", éste recolecta un número fijo  $n$  de mensajes, cifrándolos y reordenándolos antes de reenviarlos a todos en un solo envío. En contraste, un mix que opera en modo "por grupos" o "pool" tiene siempre un número  $n$  de mensajes almacenados en su memoria temporal o "buffer" denominado "pool". Si un nuevo mensaje llega al mix, entonces se escoge aleatoriamente y se reenvía uno de los mensajes almacenados. El número  $n$  representa al tamaño del "pool".

#### **Prueba de reenvío:**

Uno de los tipos de ataques más frecuentes es el denominado ataque de reenvíos. Un atacante podrá copiar un mensaje que desea monitorear y enviarle una o varias copias de éste al mix. Estas copias del mensaje podrían tomar el mismo camino en la

red que el mensaje original, dado que los algoritmos de envío y descifrado trabajan determinísticamente. Así puede ser encontrado un patrón característico del mensaje sólo con observar la red. Con el fin de evitar este tipo de ataque, las copias de los mensajes deben ser identificadas y eliminadas a través de un filtro. Una posibilidad para identificar los mensajes inválidos es a través del uso de estampas de tiempo. Cuando un mix obtiene un mensaje, también obtiene una etiqueta que le informa la franja de tiempo durante la cual el mensaje es válido. Si el mensaje llega muy tarde (después de lo que la franja de tiempo le indica), el mix niega el reenvío del mensaje. Otra posibilidad es que el mix almacene una copia de los mensajes que ya haya enviado, y así los mensajes nuevos que lleguen pueden ser comparados con esta base de datos. Por razones de seguridad y rendimiento, es conveniente restringir el tamaño de esta base de datos. Los mensajes deberían ser almacenados por un corto período de tiempo antes de que se borren.

#### **Tráfico de relleno o dummy:**

Aun cuando ninguna información está siendo transmitida, es posible enviar información falsa en la red. Esto tendría el mismo efecto de no enviar ningún mensaje, pero un observador (atacante) no podría distinguir entre los mensajes reales de los que se envían como relleno. El envío de este tipo de mensajes de relleno es denominado tráfico dummy. Con respecto a la idea de los mixes, un mix podrá aleatoriamente enviar tráfico dummy a otro en la red. Este mecanismo también beneficiaría a los mix que trabajan en el modo batch, ya que normalmente estos mixes tienen que esperar hasta que un número predefinido de mensajes hayan llegado antes de que todos los mensajes sean reenviados simultáneamente, y evitaría los posibles retrasos que podrían ocurrir cuando no hayan envíos suficientes de mensajes al mix, y éste puede hacer su respectivo reenvío es decir, el tráfico dummy evitaría estos retrasos, ya que si no hay suficientes mensajes reales enviados, el número de mensajes necesarios para hacer el reenvío se pudiese alcanzar con los mensajes de relleno.

#### **Anonimato del receptor (Direcciones de retorno no trazables):**

El hecho de permitir que un receptor pueda permanecer anónimo se le caracteriza por tener una dirección de retorno que no pueda ser registrada o trazada por un atacante. Esta dirección de retorno es un mensaje especial que tiene que ser creado por el receptor y tiene que ser utilizado por el emisor para el envío del mensaje al receptor anónimo. La idea de base de este tipo de direccionamiento es que el receptor, y no el emisor, define sobre cuáles mixes y el orden a ser utilizado para la entrega de cierto mensaje de respuesta. La dirección de retorno preparada por el receptor contiene una clave simétrica para cada mix en el camino que éste utilizará para cifrar el mensaje enviado por el emisor. Finalmente, el receptor recibirá un mensaje cifrado múltiples veces con claves simétricas como él mismo especificó. Dado que el receptor conoce todas las claves simétricas, para poder desarrollar esta técnica, éste puede descifrar el mensaje. Dado que las claves simétricas son desconocidas por el emisor y la codificación del mensaje cambia en cada uno de los mixes (debido al cifrado), el emisor no puede trazar el mensaje hacia el receptor.

Este esquema se explica de la siguiente forma:  $A_1, \dots, A_m$  pueden ser la secuencia de las direcciones y  $c_1, \dots, c_m$  pueden ser la secuencia de las claves públicas conocidas de la secuencia de mixes  $Mix_1, \dots, Mix_m$  escogida por el receptor, donde  $c_m$

puede ser una clave secreta de un sistema de cifrado simétrico. El mensaje añadido a la dirección de retorno pasará por estos mixes en orden ascendente dependiendo de sus índices.  $A_{m+1}$  puede ser la dirección del receptor llamado  $Mix_{m+1}$ . De forma similar, al emisor se le llama  $Mix_0$ . El receptor crea una dirección de retorno no trazable  $(k_0, A_1, R_1)$  donde  $k_0$  es una clave de un sistema de cifrado simétrico generada para este propósito.  $Mix_0$  se supone que utiliza esta clave para codificar el contenido del mensaje con el fin de garantizar que el  $Mix_1$  no sea capaz de leer este mensaje.  $R_1$  es parte de la dirección de retorno, la cual se transmite a través del  $Mix_0$  y contiene el mensaje generado y que ha sido cifrado utilizando  $k_0$ .  $R_1$  inicialmente se crea escogiendo aleatoriamente un único nombre de la dirección de retorno en un esquema recursivo como el que se muestra a continuación:

- $R_j$  es la parte de la dirección de retorno que será recibida por el  $Mix_j$ .
- $k_j$  es la clave de un sistema de cifrado simétrico, con el cual  $Mix_j$  codifica la parte legible del mensaje.

$$R_{m+1} = e \quad (3.3)$$

$$R_j = c_j(k_j, A_{j+1}, R_{j+1}) \text{ para } j = m, \dots, 1. \quad (3.4)$$

El mensaje  $N_j$  está constituido por la parte de la dirección de retorno  $R_j$  y el contenido  $I$  del mensaje (codificado varias veces) generado por el emisor (también llamado parte  $I_j$  del contenido). Los mensajes  $N_j$  son creados por el  $Mix_{j-1}$  y son enviados al  $Mix_j$  de acuerdo al siguiente esquema recursivo. Estos son creados y enviados por el emisor  $Mix_0$  y así, en secuencia, se pasan a través de los mixes  $Mix_1, \dots, Mix_m$

$$N_1 = R_1, I_1; I_1 = k_0(I) \quad (3.5)$$

$$N_j = R_j, I_j; I_j = k_{j-1}(I_{j-1}) \text{ para } j = 2, \dots, m + 1 \quad (3.6)$$

El receptor  $Mix_{m+1}$  recibe  $e$ ,  $N_{m+1} = e(km(\dots k1(i))\dots)$  y puede descifrar y extraer el contenido  $I$  ya que conoce todas las claves secretas  $k_j$  asignadas para el nombre  $e$  de la parte de la dirección de retorno en el orden correcto.

#### **Verificación del tamaño del conjunto anónimo:**

Si un atacante bloquea el mensaje de un participante específico, este mensaje se aísla del conjunto anónimo. Lo mismo sucedería si un atacante rodea a un participante específico, manipulándolo a través de la generación de mensajes con fines "ilícitos" para el sistema. Este tipo de ataque es conocido como el ataque de mezcla o  $n - 1$ . No existe una solución específica contra este tipo de ataques en ambientes abiertos, como por ejemplo en aquellos donde los participantes entran y salen del sistema a su discreción. Se podría utilizar una protección básica si el mix puede identificar a cada participante, así de una forma confiable el mix puede verificar si los

mensajes que tiene almacenados en su memoria temporal (“buffer”) fueron enviados por un número relativamente adecuado de usuarios.

#### **Canales Mix:**

Los canales mix son utilizados para manejar en tiempo real las cadenas continuas de datos o que contengan sólo pequeños retrasos a través de una cadena de mixes. Para este caso, es necesario que se divida el ancho de banda: una parte para la señalización y otra parte para el envío de los datos, ambos utilizados para la transmisión del mensaje.

Se podría asumir que existe un sólo canal para la señalización, y varios canales para la transmisión de datos. Con el fin de establecer el canal, se envía un mensaje sobre el canal de señalización, el cual contiene la clave  $k_i$  que deberá ser utilizada entre el emisor y el  $Mix_i$ , la cual se cifra de forma asimétrica por la clave pública de dicho mix. Con esto, se define un canal de igual forma para todos los mixes, sobre el cual será transmitido el mensaje.

Se podría utilizar un canal para el envío y otro canal para la recepción. Un canal de envío es análogo a un cifrado híbrido: el emisor establece un canal, y codifica continuamente su información  $N$ , transformándola en  $k_1(k_2(...k_m(N)...))$  y enviándola al mix  $Mix_1$ . Cada mix  $Mix_i$  para  $(i = 1, \dots, n-1)$  decodifica los mensajes recibidos continuamente utilizando  $k_i$  y transmitiendo el resultado de la decodificación al mix  $Mix_{i+1}$ . El mix  $Mix_m$  crea el mensaje en texto plano en el fin de la cadena. Esto le permite al emisor enviar anónimamente los mensajes, pero en este caso el receptor no será anónimo. Un canal de recepción es en realidad un canal de envío el cual se utiliza en dirección opuesta, es decir, el receptor es el que establece el canal. El emisor le envía al mix  $Mix_m$  la cadena  $N$  de información que no está especialmente codificada por el mix  $Mix_m$ , luego lo codifica utilizando la clave  $k_m$  y conduce  $k_m(N)$  un paso atrás, hacia el mix  $Mix_{m-1}$ . Los otros mixes hacen lo mismo, por ejemplo, el mix  $Mix_1$  envía la cadena  $k_1(...k_m(N)...)$  codificada. Dado que el receptor conoce todas las claves públicas  $k_i$ , tiene la disponibilidad de descifrar  $N$ . Esto le permite al receptor recibir los mensajes anónimamente mientras que el emisor no es anónimo.

Para alcanzar ambos niveles de anonimato, en [8] sugieren la creación de canales Mix como enlaces de los canales de envío y recepción. El emisor establece un canal de envío que finaliza en el mix  $Mix_m$  y el receptor establece un canal de recepción que inicia en el  $Mix_m$ . El mix  $Mix_m$  traspasa las cadenas de información que llegan por el canal de envío hacia el canal de recepción. Los canales que están supuestamente enlazados, se etiquetan con una marca común que se recibe consistentemente en ambos canales que establecen los mensajes asociados al mix  $Mix_m$ . Los datos transferidos están coordinados con un mensaje de entrada al mix cifrado asimétricamente, el cual contiene la información del mix que conecta a los dos canales, y el usuario emisor del mensaje de entrada al mix actúa como un emisor o un receptor. Cada mix en la cadena puede descifrar este mensaje de entrada al mix y en el último paso, el texto plano se difunde a todos los suscriptores. Ahora, los canales pueden ser establecidos utilizando los mensajes de establecimiento de ambos participantes. Estos escogen los mixes por el canal de transferencias de datos del mix  $Mix_m$  y los mantienen en secreto. Así todos conocen sólo la mitad del camino

y el mix  $Mix_m$  reenvía los mensajes entrantes del canal de envío del mix al canal de recepción del mix. Cada emisor/receptor debe tener el mismo número de canales de envío/recepción, porque de lo contrario serían observables, por tal razón convendrá utilizar canales “dummy”.

Para poder entender mejor el funcionamiento de la redes de mezcla se presentan las figuras 3.3 y 3.4, en la que se puede observar que para el envío de un mensaje de un punto inicial a uno final, primero debe pasar por varios puntos intermedios, donde se realiza el proceso de mezclado con otros mensajes provenientes de otros nodos de origen y con diversos destinos. En cada nodo mezclador también se generan mensaje de relleno o dummy.

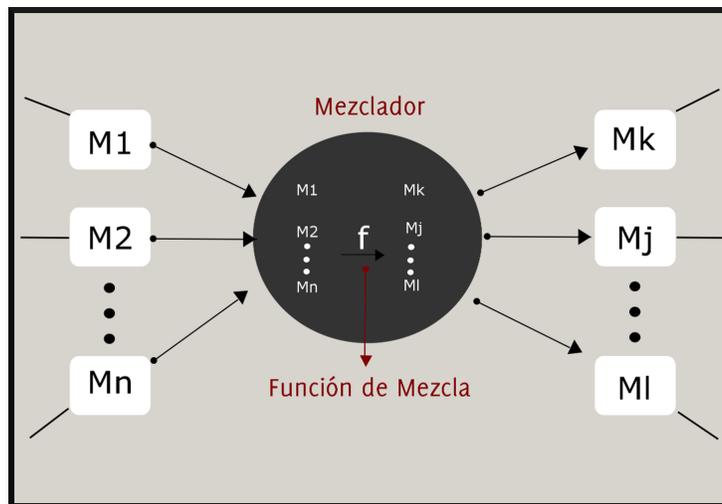


Figura 3.3 Redes de Mezcla

### 3.1.2.2 Enrutamiento cebolla:

Este mecanismo fue propuesto y estudiado en [9, 10, 11]. Es equivalente a una red de mixes, pero en el contexto de enrutamiento basado en circuitos. En vez de enrutar cada paquete separadamente, el primer mensaje lo que hace es abrir un circuito, etiquetando una ruta. Cada mensaje que tiene una etiqueta en particular se enruta por un camino predeterminado. Finalmente, un mensaje se envía para que cierre o clausure un camino. Con frecuencia se hace referencia a flujo anónimo como la información que viaja por estos circuitos. Su objetivo es dificultarle la tarea al análisis de tráfico, uno de los tipos de ataques más conocidos. Este sistema procura proteger la no relacionabilidad de dos participantes que se comunican a través de terceras partes, y procura proteger la identidad de las partes comunicantes. En vista de que las redes ISDN son difíciles de implementar en Internet, lo que procuró el enrutamiento cebolla es adaptar esta idea distribuyendo la red anónima y adaptándola

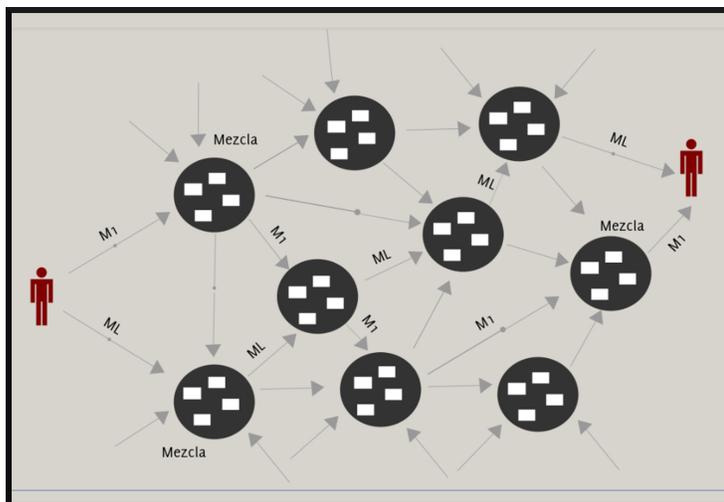


Figura 3.4 Topología Mix

para que se ejecute en el tope del modelo TCP/IP. El primer mensaje enviado en la red se cifra en capas, que pueden ser descifradas en una cadena de enrutadores cebolla (*onion routers OR*) los cuales utilizan sus respectivas claves privadas.

El primer mensaje tiene el material que debe ser compartido entre el emisor y los enrutadores, también las etiquetas y la información de direccionamiento del próximo nodo. Tal como sucede en los mixes de Chaum, se provee la no relacionabilidad a nivel de bits, de esta forma el camino que toma el primer mensaje no es trivial de seguir con sólo observar el patrón de bits de los mensajes.

También se propuso un tipo de enrutamiento dinámico donde los enrutadores que reenvían el flujo a través del camino establecido no se especifican únicamente en el mensaje inicial, esto con el fin de incrementar el anonimato. Los datos que circulan por la red en un circuito establecido están cifrados con claves las simétricas de los enrutadores. Las etiquetas se utilizan para indicar a cuál circuito pertenece cada paquete. Se utilizan etiquetas diferentes para los distintos enlaces, asegurando así la no relacionabilidad, y además las etiquetas de los enlaces también se cifran utilizando una clave que se comparte entre los pares de enrutadores OR. Lo anterior previene los ataques de observadores pasivos que puedan determinar cuáles paquetes pertenecen al mismo flujo anónimo, pero no le oculta la información a un enrutador que pueda ser subversivo.

OR es susceptible a un conjunto de ataques, tal como el ataque de tiempo. Esto se debe a que los patrones pudiesen ser analizados por un atacante en ausencia de un gran volumen de tráfico pesado. Para este sistema se afirma proveer anonimato en la navegación web la cual requiere comunicaciones con baja latencia, por tal razón se ha excluido toda la dinámica de los mezcladores o mixes, dado que pudiese incrementar

demasiado los tiempos de respuesta. En ausencia de este tipo de características, lo hace vulnerable a distintos tipos de ataques superados por los mixes, por ejemplo el ataque de correlación del tráfico de mensajes, donde se pudiese determinar cuáles mensajes entrantes corresponden con los salientes, con respecto a un enrutador.

Los enrutadores se pueden configurar para que trabajen sólo con un determinado subconjunto de clientes, ya sea por zonas o de forma particularizada. Además se puede configurar para que trabajen sólo con un subconjunto de otros enrutadores.

**Tor: la segunda generación de OR:**

El proyecto OR fue retomado en el año 2004, con el diseño e implementación de lo que se denominó la “segunda generación del onion router” o TOR, por sus siglas en inglés, la propuesta se muestra en [4]. Su política es la del reenvío de flujo TCP sobre una red de reenvíos, y junto con la ayuda de otra herramienta, el Privoxy (<http://www.privoxy.org>), está especialmente diseñada para el tráfico web.

Este sistema utiliza una arquitectura de red tradicional: una lista de servidores voluntarios se obtiene desde un servicio de directorio ofrecido por otro(s) servidor(es). De esta forma, los clientes crean caminos utilizando al menos tres nodos intermedios escogidos de forma aleatoria dentro de la lista, y sobre los cuales se hace la comunicación de la información. A diferencia de la arquitectura anterior, donde se enviaba y distribuía el material criptográfico, TOR utiliza un mecanismo interactivo: el cliente se conecta con el primer nodo, y le solicita a éste que se conecte con el segundo nodo, de esta forma un canal bidireccional se utiliza en cada paso para desarrollar un intercambio de claves autenticado DF (Diffie-Hellman). Este garantiza el reenvío en forma secreta y la resistencia a la compulsión, debido principalmente a que solo son necesarias claves de corta duración. Este mecanismo fue inicialmente propuesto en Cebolla (ver [13]), y no está cubierto en la patente de OR (ver [10]).

Otra notable diferencia entre TOR y los intentos anteriores por anonimizar el tráfico de flujo, es que TOR no ofrece seguridad contra los atacantes que pueden observar la red entera, es decir, contra atacantes pasivos globales. Un conjunto de técnicas de Análisis de Tráfico (ver [14, 15, 16, 17, 18]) han sido desarrolladas a través de los años para trazar el flujo de tráfico continuo viajando por redes de baja latencia como TOR. En estos estudios se ha demostrado que este tipo de ataques son muy difícil de contrarrestar, a menos que se utilicen técnicas que implicarían latencias elevadas, o que requieran la inyección de grandes cantidades de tráfico cubierto (tráfico inservible o “dummy”), los cuales representan soluciones muy costosas. Por esta razón en TOR se opta por obtener un nivel de seguridad que se pueda alcanzar en un sistema altamente utilizable y muy económico de utilizar (ver [19, 20]). Como resultado si un adversario puede observar el flujo entre dos puntos de la red, pudiese de forma trivial generar el mismo tráfico, y lograr ataques del tipo “tagging”. Sin embargo, dada esta vulnerabilidad, aun se necesita estimar la probabilidad de que un adversario pueda estar monitoreando la red en múltiples puntos sobre un camino o ruta establecida.

TOR también ofrece mecanismos para ocultar los servidores. Un servidor oculto abre una conexión anónima y la utiliza para publicar un punto de contacto. Si un cliente quiere contactar a un servidor, debe conectarse con un punto de contacto y negociar un canal anónimo separado del que se utiliza para el reenvío de la comu-

nicación actual. Un ataque propuesto en [21] demuestra la vulnerabilidad de esta idea. La intuición detrás de este ataque está en el hecho de que un adversario puede abrir múltiples conexiones hacia un mismo servidor oculto, y secuencialmente o en paralelo podría controlar el flujo hacia ese servidor. Para esto, el atacante necesitaría controlar al menos un enrutador, y debe esperar a que el servidor escoja una de las conexiones de su enrutador como un primer nodo de un camino anónimo cualquiera.

## REFERENCIAS

---

1. Endira Mora et. al. Gestión de anonimato, 2014.
2. Information Commissioner Office. Data protection technical guidance note: Privacy enhancing technologies (pets). Technical report, Information Commissioner Office, April 2006.
3. Organización de las Naciones Unidas. Derechos humanos para todos. declaración universal de los derechos humanos. Technical report, Organización de las Naciones Unidas, 1948.
4. Hansen M. Pfitzmann, A. Anonymity, unobservability, and pseudonymity: A consolidated proposal for terminology. [http://dud.inf.tu-dresden.de/Anon\\_Terminology.shtml](http://dud.inf.tu-dresden.de/Anon_Terminology.shtml), 2000.
5. D. Chaum. Untraceable electronic mail, return addresses, and digital pseudonyms. *Communications of the ACM*, 4, 1981.
6. Pfitzmann A. Standtke R. Berthold, O. The disadvantages of free mix routes and how to overcome them. *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies Workshop*, pages 30–45, 2001.
7. George Danezis. *Better Anonymous Communications*. PhD thesis, University of Cambridge, July 2004.
8. Andreas Pfitzmann, Birgit Pfitzmann, and Michael Waidner. ISDN-mixes: Untraceable communication with very small bandwidth overhead. In *Proceedings of the GI/ITG Conference on Communication in Distributed Systems*, pages 451–463, February 1991.

9. S. Mauw, J. Verschuren, and E.P. de Vink. A formalization of anonymity and onion routing. In P. Samarati, P. Ryan, D. Gollmann, and R. Molva, editors, *Proceedings of ESORICS 2004*, pages 109–124. LNCS 3193, 2004.
10. Paul Syverson, Michael Reed, and David Goldschlag. Onion Routing access configurations. In *Proceedings of the DARPA Information Survivability Conference and Exposition (DISCEX 2000)*, volume 1, pages 34–40. IEEE CS Press, 2000.
11. Paul Syverson, Gene Tsudik, Michael Reed, and Carl Landwehr. Towards an Analysis of Onion Routing Security. In H. Federrath, editor, *Proceedings of Designing Privacy Enhancing Technologies: Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability*, pages 96–114. Springer-Verlag, LNCS 2009, July 2000.
12. Mathewson N. Syverson P. Dingledine, R. Tor: The second-generation onion router. *Proceedings of the 13th USENIX Security Symposium*, 2004.
13. Zach Brown. Cebolla: Pragmatic IP Anonymity. In *Proceedings of the 2002 Ottawa Linux Symposium*, June 2002.
14. George Danezis. The traffic analysis of continuous-time mixes. In *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies workshop (PET 2004)*, volume 3424 of LNCS, pages 35–50, May 2004.
15. Brian N. Levine, Michael K. Reiter, Chenxi Wang, and Matthew K. Wright. Timing attacks in low-latency mix-based systems. In Ari Juels, editor, *Proceedings of Financial Cryptography (FC '04)*, pages 251–265. Springer-Verlag, LNCS 3110, February 2004.
16. Andrei Serjantov and Peter Sewell. Passive attack analysis for connection-based anonymity systems. In *Proceedings of ESORICS 2003*, October 2003.
17. Ye Zhu, Xinwen Fu, Bryan Graham, Riccardo Bettati, and Wei Zhao. On flow correlation attacks and countermeasures in mix networks. In *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies workshop (PET 2004)*, volume 3424 of LNCS, pages 207–225, May 2004.
18. Xinyuan Wang, Shiping Chen, and Sushil Jajodia. Tracking anonymous peer-to-peer voip calls on the internet. In *Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security*, pages 81–91, November 2005.
19. Nick Mathewson and Roger Dingledine. Practical traffic analysis: Extending and resisting statistical disclosure. In *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies workshop (PET 2004)*, volume 3424 of LNCS, pages 17–34, May 2004.
20. Adam Back, Ulf Möller, and Anton Stiglic. Traffic analysis attacks and trade-offs in anonymity providing systems. In Ira S. Moskowitz, editor, *Proceedings of Information Hiding Workshop (IH 2001)*, pages 245–257. Springer-Verlag, LNCS 2137, April 2001.
21. Lasse Øverlier and Paul Syverson. Locating hidden servers. In *Proceedings of the 2006 IEEE Symposium on Security and Privacy*. IEEE CS, May 2006.



## CAPÍTULO 4

# FUNDAMENTOS JURÍDICOS

---

E. MORA

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

### **4.1 El ordenamiento jurídico venezolano y las nuevas tecnologías de la información**

La sociedad de las últimas décadas ha estado marcada por el auge de las llamadas Tecnologías de la Información y comunicación concepto que se ha acuñado a razón del uso cotidiano del mismo,

“...como el universo de dos conjuntos representados por las tradicionales tecnologías de la comunicación – constituidas principalmente por radio televisión y la telefonía- y por las tecnologías de la información caracterizadas por la digitalización de las tecnologías de registro de contenidos ( informática, de las comunicaciones, telemática y de las interfases)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>nota1

Esta definición resulta poco digerible para los lectores que no estén familiarizados con los conceptos aquí planteados, y pareciera solo referirse a la información y no a la comunicación, ocurre que el quehacer social así lo ha potenciado puesto que cada vez tiene menos sentido distinguir entre la información y la comunicación, abogando así por una definición más amplia y convergente de las tecnologías<sup>1</sup> en el contexto de la “sociedad de la Información”<sup>2</sup>

Así las cosas las tecnologías de la información son parte de la sociedad actual con un innegable ascenso atrás quedaron los días en que era tan solo un sueño poder hacer un trámite bancario desde tu casa, hoy por hoy es este el comportamiento normal y lo anormal sería ir directamente al banco, lo que se desea referir es que las tecnologías en las últimas décadas ha influenciado al mundo entero en todos los ámbitos siendo este un asunto simple de entender dado que la comunicación es la base de lo social y dentro de esta tenemos a la información, dando como resultado las tecnologías de la información y comunicación. Entendiendo la trascendencia de las mismas dentro de la sociedad se hace inminente poder regular la actuación de las ciudadanas y ciudadanos entorno al tema de las tics, ya que la sociedad se desarrolla cada vez más de manera virtual lo que amerita que el ordenamiento jurídico Internacional y nacional se acople a los avances en la materia y regule las relaciones producto de la interacción tecnológica de los ciudadanos a fin de mantener el orden social.

La información se ha convertido en el factor principal de civilización, haciéndose más compleja y abundante con el pasar de los días, gracias al computador la información es ahora informática, lo que implica nuevas formas de comunicación y en algunos casos nuevas complicaciones de orden, social, económico y jurídico; es gracias a estas nuevas formas que surgen entonces nuevos derechos humanos entre los que se encuentra el derecho a la información, el cual está integrado por tres elementos, la facultad de recolectar información, de difundir esa información y de controlarla<sup>3</sup>.

La dinámica que ha tomado la información en las últimas décadas hace necesario que se asegure a todos los ciudadanos el derecho a estar informados, sin embargo el ejercicio de este derecho puede causar efectos perjudiciales sobre otros que le son inherentes a la persona, en tal sentido la Directiva para la protección de los datos personales aprobada en el parlamento Europeo y por el Consejo Europeo indica que su preámbulo, que los sistemas de tratamiento de datos deben estar al servicio del hombre de los derechos fundamentales y de la libertad de estos, en particular de la intimidad y contribuir con el desarrollo social, económico, el bienestar de los individuos<sup>4</sup>, destacando la necesaria protección de los derechos fundamentales, hecho que amerita se tomen las medidas pertinentes a fin de prevenir consecuencias producto del inadecuado manejo y difusión de la información, para lo cual es prudente entonces darle un vistazo a los derechos humanos de cuarta generación<sup>5</sup> referidos a, identidad, integridad, intimidad, el conocimiento informado de todas las actividades

<sup>2</sup>nota2

<sup>3</sup>Chalbaud, R Derechos Humanos y su protección Constitucional, consulta en línea 15/05/2013

<sup>4</sup>nota

<sup>5</sup>nota

vinculadas con la salud, la protección de los datos, el acceso a las nuevas tecnologías, avances científicos y tecnológicos entre otros<sup>6</sup>, corresponde entonces a la cultura jurídica Internacional y nacional incorporar estos derechos en el desarrollo del ordenamiento jurídico, a fin de resguardar la integridad de los ciudadanos.

Desde hace algunas décadas, incluso sin que existiese esta denominación de Derechos Humanos, se ha venido normando el comportamiento de los ciudadanos entorno a la información informática, por darle una definición, en este sentido es oportuno señalar las primeras legislaciones en la materia: La Ley de Firma Digital Utah puesta en vigencia en mayo de 1995 en Estado Unidos, en la que se prevén procesos que regulan aspecto tales como, el sistema de doble clave para la verificación, validación y autenticidad de la transacciones realizadas por la web, protección de datos entre otros. Así mismo para 1996 la Comisión de la Naciones Unidas para el Derecho Internacional (UNCITRAL), presenta el modelo de Ley Sobre comercio Electrónico resolución 51/162, que contiene normas que buscan estandarizar el uso de la Firma electrónica, modelo que serviría de base para el desarrollo de las legislaciones nacionales<sup>7</sup>.

#### 4.1.1 Caso Latino America

Principios Generales Sobre protección e datos; EN AMERICA Latina se han acogido algunos principios que regulan la procedencia y resguardo de los datos de los individuos<sup>8</sup>.

- La Formación de datos sera licita siempre y cuando se tomen en consideración las Leyes y reglamentos que en la nación rigen al respecto.
- Los archivos no pueden contener información o cualidades contrarias a la norma establecida en las naciones y a la moral pública; dejando claro con ello que es ilícito crear archivos que contengan pornografía por ejemplo.
- Los Datos de personas a los efectos de su tratamiento deben contener información cierta, adecuada y pertinente, sin exceder el ámbito para el cual fue obtenida.
- La recolección de datos debe hacerse por medios lícitos y en la forma que la ley estable para ello. en el caso de Venezuela particularmente debe considerarse el articulo 60 de la CRBV<sup>9</sup>.

<sup>6</sup>nota

<sup>7</sup>Paredes, A (2008)Transformación de la cultura de servicios de información: una visión legal y de tecnologías . p117

<sup>8</sup>Salazar Edgar Habeas Data en el derecho Comparado

<sup>9</sup>Cita 60 Constitucional. Toda persona tiene derecho a la protección de su honor, vida privada, intimidad, propia imagen, confidencialidad y reputación. La ley limitará el uso de la informática para garantizar el honor y la intimidad personal y familiar de los ciudadanos y ciudadanas y el pleno ejercicio de sus derechos.

- Los datos deben ser exactos y actualizarse de ser necesario, si se tratase de datos inexactos estos se deben destruir, suplantar o completar e por los responsable de recabar los datos o base de datos una vez que conozcan de la dificultad que muestre la información. Este derecho garantizado a los titulares de datos en el Estado Venezolano mediante el recuso de Habeas data, que desarrollara más adelante.
- Los datos deben ser almacenado de manera tal que permitan el acceso de los titulares cuando estos así lo requieran. Así mismo deberán ser cuando dejen de tener el valor para el cual fueron creado.

Ahora bien el caso de la República Bolivariana de Venezuela se ha maracado pauta en distintas áreas en materia de Regulación de las TICs, y es que con la puesta en vigencia de la Constitución del año 1999, otorga valor público a las TICs en tal sentido establece que; El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. Para el fomento y desarrollo de esas actividades, el Estado destinará recursos suficientes y creará el sistema nacional de ciencia y tecnología de acuerdo con la ley. El sector privado deberá aportar recursos para los mismos. El Estado garantizará el cumplimiento de los principios éticos y legales que deben regir las actividades de investigación científica, humanística y tecnológica. La ley determinará los modos y medios para dar cumplimiento a esta garantía<sup>10</sup>.

Otorgando a su vez la capacidad las ciudadanas y ciudadanos de acceder a la información que sobre sí misma o sobre sus bienes conste en registros públicos o privados mediante la figura de garantía constitucional Habeas Data<sup>11</sup>, que tiene por objeto tutelado tanto la intimidad, como la privacidad, con el fin de proteger los datos sobre la información de las personas, los cuales son considerados parte integrante de ellas, y quienes hacen uso de de los mismos deben estar legitimados, y de igual manera están en la obligación de llevar un registro correcto de la información suministrada.

“El hábeas data, tiene por finalidad impedir que se conozca la información contenida en los bancos de datos relacionados con las personas titulares del derecho que interpone la acción, cuando dicha información esté referida a aspectos de personalidad que están directamente vinculados con su intimidad, no debiendo encontrarse a disposición del público o ser utilizados en su perjuicio por órganos públicos o entes

<sup>10</sup>Constitución de la República Bolivariana De Venezuela (1999)

<sup>11</sup>Es el derecho de toda persona natural o jurídica a interponer la acción de amparo para tomar conocimiento de los datos a ellas referidas y de su finalidad, que conste en los registros de bancos de datos públicos o los privados, destinados a proveer informes y, en caso de falsedad, inexactitud o discriminación, exigir su supresión, rectificación, confidencialidad o actualización y es considerado como un derecho a la intimidad... El objeto principal del hábeas data está en determinar la violación de la privacidad o intimidad, como punto de partida del ilícito cometido. <http://www.publicaciones.urbe.edu/index.php/telematique/article/viewArticle/856/2106>

privados, sin derecho alguno que sustente dicho uso.” Oberto y Govea.(2008) Algunas consideraciones sobre el Habeas Data en Venezuela, Volumen 7. Número 3.

El habeas data implica: Los derechos a : conocer sobre la existencia de registros de datos personales; de acceso individual a la información; de respuesta, que permite conocer la información que sobre el se ha recolectado; de conocer sobre el uso y finalidad de la información, quien la recolecte, registre y o difunda; a la actualización, rectificación y destrucción de sus datos<sup>12</sup>.

Como antecedentes a este Derecho Garantía Constitucional se encuentran el derecho a la intimidad y a la privacidad y el llamado derecho a la soledad o a estar solo que tiene su origen en los Estados Unidos, haciendo referencia al derecho a una vida íntima que no sea perturbada por terceros y a mantener la vida privada protegida de lo público, para muchos autores el Habeas Data deriva de la teoría del “Information Control”, sin embargo otros autores consideran que no existe derivación alguna, pues se trata un derecho social de libertad, ya que no solo se refiere a negar o prohibir, sino de el derecho de pretenderla como privada<sup>13</sup>. En Latinoamérica se encuentra es para 1988 en la que aparece por primera vez la acción de Habeas Data en la Constitución de Brasil, contemplando la capacidad de conocer y rectificar la información del solicitante, más adelante en 1991 aparece en la Constitución Colombiana, dentro del aparte relativo a la intimidad personal, la familia y el buen nombre, se hace referencia la posibilidad que tienen las personas de conocer el contenido

En la República Bolivariana de Venezuela es hasta la Constitución 1999 que se reconoce de manera oficial el Habeas Data<sup>14</sup>, el cual otorga a los ciudadanos y ciudadanas derechos, que pueden actuar de forma independiente o en bloque, referidos a; conocer sobre la existencia de registros de datos personales; de acceso individual a la información; de respuesta, que permite conocer la información que sobre el se ha recolectado; de conocer sobre el uso y finalidad de la información, quien la recolecte, registre y o difunda; a la actualización, rectificación y destrucción de sus datos<sup>15</sup>.

El ciudadano que haga uso de este derecho, una vez acreditada su cualidad, podrá solicitar toda la información que en bancos de datos públicos ( CNE, CICPC, CGR, Hospitales) o privados (Clínicas, Bancos) contengan sobre él, para lo cual no necesariamente debe acudir a un tribunal, la información suministrada contendrá todos los datos que se hayan registrado sobre el solicitante o titular de la acción y si no se suministra información que satisfaga sus expectativas puede entonces exigirlo judicialmente mediante demanda, aún cuando su solicitud sólo requiera conocer sobre

<sup>12</sup>Salazar. E “El habeas data en Derecho Comparado” Universidad de carabobo anuario numero 29 2006

<sup>13</sup>Salazar Edgar Habeas Data en el derecho Comparado

<sup>14</sup>Artículo 28 CRBV: Toda persona tiene el derecho de acceder a la información y a los datos que sobre sí misma o sobre sus bienes consten en registros oficiales o privados, con las excepciones que establezca la ley, así como de conocer el uso que se haga de los mismos y su finalidad, y de solicitar ante el tribunal competente la actualización, la rectificación o la destrucción de aquellos, si fuesen erróneos o afectasen ilegítimamente sus derechos. Igualmente, podrá acceder a documentos de cualquier naturaleza que contengan información cuyo conocimiento sea de interés para comunidades o grupos de personas. Queda a salvo el secreto de las fuentes de información periodística y de otras profesiones que determine la ley

<sup>15</sup>Sala Constitucional del 14/03/2001, caso Insaca

una parte de la información, ahora bien si por alguna circunstancia esta información contiene datos que pertenecen a otros titulares, solo serán revelados aquellos que formen parte del archivo del titular solicitante, excepto cuando se trate de comunidades o grupos, en este particular pareciera jurisprudencialmente que no existe un criterio claro con respecto sobre cual es la forma para iniciar la acción en este tipo de casos, sólo ha dejado evidencia que la acción podrá iniciarse únicamente por los titulares de la información o datos

El 28 constitucional deja en claro los derechos de los particulares y colectivos, sin embargo ¿Qué sucede con los que tienen la función de recolectar datos o información? ¿Pueden estos recolectar información?, al respecto la Sala Constitucional a dicho en sentencia del 14/03/2001, caso Insaca, que se le garantiza el derecho de todos a recopilar información sobre las personas, sus bienes y su utilidad económica, incluye este derecho los datos que han sido aportados de forma voluntaria o aquellos que provienen de publicaciones, contratos, tarjetas de crédito, transmisiones telemáticas entre otros, con o sin la autorización e incluso si que la persona conozca del almacenamiento de los mismos y que otra persona suministró, además de no hacer distinción si se trata de datos de carácter público o privado, sin más limitaciones que las que establece el artículo 60 Constitucional, ni infringir otros derechos y garantías contemplados para los ciudadanos Venezolanos, así mismo podrá limitarse o reprimirse la recopilación de información por razones de Seguridad Nacional, Orden público, salud o moral pública<sup>16</sup>.

Ha sido criterio de esta Sala Constitucional, sostenido en fallos de 20 de enero y 1º de febrero de 2000, que las normas constitucionales tienen vigencia plena y aplicación directa, y que cuando las leyes no han desarrollado su ejercicio y se requiere acudir a los tribunales de justicia, debido a la aplicación directa de dichas normas, es la jurisdicción constitucional, representada por esta Sala Constitucional, la que conocerá de las controversias que surjan con motivo de las normas constitucionales aun no desarrolladas legislativamente, hasta que las leyes que regulan la jurisdicción constitucional, decidan lo contrario. . . Existiendo en el país una Sala Constitucional, específica para conocer lo relativo a las infracciones de la Carta Fundamental, no parece lógico, ante el silencio de la ley, atribuir el conocimiento de estas causas a tribunales distintos. Tal interpretación es vinculante a partir de esta fecha y así se declara.

Así mismo la Sala ha apreciado la necesidad del establecimiento de un procedimiento necesario para hacer efectivo los derechos a que se refiere el artículo 28 constitucional en tal sentido se ha decidido en varias oportunidades y bajo el criterio de varios ponentes que el criterio a aplicar, mientras no se haya establecido por ley el procedimiento propio de la acción de Habeas Data, el proceso establecido en el Código de Procedimiento Civil para el juicio oral, pero con las variantes destinadas a potenciar y desarrollar, la oralidad, brevedad, concentración e inmediatez de esta clase de procesos.

<sup>16</sup> Artículo 19 de la Ley aprobatoria del Pacto de Derechos Civiles y Políticos

La mejor manera de asegurar información que es suministrada por los ciudadanos en ámbitos público o privados es mediante hiper bases de datos que sean llevadas por órganos de control creados a tal efecto, en el caso particular de Venezuela no existe aún la designación de un organismo de control formal en esta materia, sin embargo es de suponer que será el Ministerio el Poder Popular para Ciencia Tecnología e Innovación el encargado de generar esta base de datos datos nacional, así como de su resguardo y protección.

#### **4.1.2 Ley de Mensajes de Datos y Firmas Electrónicas, Ley de Infogobierno, Ley de Interoperabilidad y Ley Especial Contra los Delitos Informáticos**

test

#### **4.2 La insuficiencia de las regulaciones jurídicas existentes**

test

En [1] ...



## REFERENCIAS

---

1. Antonio Araujo. *Trasteando con la bibliografía*. CENDITEL, Mérida, 2014.



## PARTE II

---

## PUBLICACIONES DESDE CENDITEL

---





## CAPÍTULO 5

# DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA GESTIÓN DE UNA AUTORIDAD DE CERTIFICACIÓN RAÍZ BAJO ESTÁNDAR X.509 UTILIZANDO SOFTWARE LIBRE

---

V. BRAVO Y A. ARAUJO

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

Una Autoridad de Certificación Raíz (AC Raíz) es un componente que tiene el rol de ser el punto más alto de confianza en un ICP. Una ICP genera certificados electrónicos de acuerdo al estándar X.509 proporcionando seguridad lógica, y vinculación legal a las transacciones que realiza el titular del certificado en la Internet. La confianza reside en la protección, a través de esquemas fuertes de seguridad física y lógica, de la clave privada que permite la generación de estos certificados.

Este trabajo muestra el proceso de desarrollo de una aplicación para gestionar una Autoridad de Certificación Raíz utilizando bibliotecas, herramientas, compiladores, sistemas operativos y licencias compatibles con los principios del software libre. En primer lugar, se determinan los requisitos a ser satisfechos en función de una descripción general de las funciones y características de una Autoridad de Certificación; posteriormente, se diseñan funcionalidades y se especifican requisitos, con el objetivo de producir una visión formal de los procesos a automatizar. Se dedica una sección a la implementación que consiste en la codificación en un lenguaje de programación, de los procesos previstos en las etapas anteriores, como también, de la incorporación de mecanismos fuertes de validación de identidad de usuarios, registro

de eventos, firma de acciones por parte de los administradores de la aplicación, y especificación de conexiones con hardware especializado, como tarjetas inteligentes. Finalmente, se describe el despliegue y configuración de la aplicación, que involucra la instalación en un ambiente seguro (bóveda o centro de datos) y el enlace de la AC Raíz con los demás componentes de la infraestructura.

## 5.1 Introducción

La disponibilidad de Internet como medio digital permite que cualquier persona, empresa, institución, o administración realice transacciones gubernamentales, comerciales o personales en la mayoría de los casos, tal cual, como se realizarían en una oficina o espacio físico de forma presencial. Dado este hecho, al utilizar Internet para establecer relaciones humanas, se está de acuerdo que es necesario trasladar el concepto de “identidad” al medio digital[1]. La criptografía provee algoritmos y mecanismos para construir este concepto en la red, ya que es posible utilizar herramientas que aporten elementos para definir la identidad de un usuario, entidad o institución, de la misma forma de la que se está familiarizado en el mundo real.

En muchas ocasiones para realizar actividades cotidianas personales o de trabajo, se debe establecer contacto con un individuo u organización que no se conoce o del cuál no se tiene ninguna referencia. Mediante un contacto personal o directo, los sentidos humanos permiten percibir un gran número de detalles que le caracterizan, y cuya combinación muy probablemente le hace irrepetible. Esta combinación permite identificar al individuo de forma única y certera. Dicho esto, la identidad se define como el reconocimiento que se hace de las credenciales físicas o informativas, que ese individuo ofrece para que se le acepte como poseedor de una determinada individualidad [2]. Las credenciales físicas pueden ser documentos como la Cédula de Identidad, el Pasaporte, la Licencia de Conducir, entre otros. Todos los documentos citados generalmente incluyen una fotografía que permite la comparación con la apariencia del interlocutor; también usualmente se agrega otra característica informativa que puede ser un nombre, una firma manuscrita y posiblemente un número de referencia.

Cuando se traslada el concepto de identidad al medio informático, se habla de identidad digital, y se hace necesario contar con credenciales traducibles a información binaria. Por otro lado, la criptografía, por sí misma no proporciona este concepto: es el uso de una infraestructura computacional que utiliza algoritmos criptográficos para representar credenciales digitales, como por ejemplo el certificado electrónico, y que son otorgados por terceros de confianza, denominados Autoridades de Certificación (AC), y que se describen como Raíz cuando son el punto inicial de una jerarquía, las que proveen a usuarios y organizaciones de identidad digital, y que cuenta con las mismas connotaciones que tiene este concepto en el ámbito personal y jurídico.

Uno de los problemas que aparece en este punto, es la disponibilidad de la infraestructura mencionada anteriormente, la cuál debe contar como un elemento obligatorio una aplicación que gestione, bajo un estándar aceptado, como lo es el estándar

X.509[3], los certificados electrónicos que emite la AC. La discusión de importantes aspectos que surgen en las diferentes etapas del proceso desarrollo de la aplicación de gestión, y que están vinculados con los principios del software libre y los requisitos muy particulares del ambiente de despliegue, subrayan los objetivos propuestos de este trabajo.

## 5.2 Marco Teórico

Con el objetivo de contextualizar los términos “identidad”, “confianza”, o “transacción segura” y “AC Raíz” en el medio digital, y específicamente en relación con internet; es imprescindible en una primera aproximación, discutir sobre determinados temas y conceptos vinculados con la seguridad informática. En los párrafos siguientes se abordan brevemente algunos de los puntos más importantes relacionados con el tema.

### 5.2.1 Seguridad Informática

Se ha llegado a un consenso sobre lo que significa seguridad informática[2]. En general, se dice que un activo de información, (información digital con un valor real para una empresa o persona) está asegurado si cumple con niveles aceptables relativos a su valor potencial en los siguientes aspectos:

**Disponibilidad:** es el grado en que un dato está en el lugar, momento y forma en que es requerido por uno o un conjunto de usuarios autorizados. Como premisa, un sistema seguro debe mantener la información disponible para los usuarios autorizados. Disponibilidad también significa que el sistema, debe mantenerse funcionando eficientemente y es capaz de recuperarse rápidamente en caso de fallo.

**Confidencialidad:** es el aspecto de la seguridad que permite mantener en secreto la información y solo los usuarios autorizados pueden manipularla. Igual que para la disponibilidad, los usuarios pueden ser personas, procesos o programas. Para evitar que nadie no autorizado pueda tener acceso a la información transferida y que recorre la red se utilizan técnicas de cifrado o codificación de datos. Hay que mantener una cierta coherencia para determinar cuál es el grado de confidencialidad de la información que se está manejando, para así evitar un esfuerzo suplementario a la hora de decodificar una información previamente codificada.

**Integridad:** corresponde a garantizar que la información transmitida entre dos entidades autorizadas no sea modificada por un tercero no autorizado. Un mecanismo para lograrlo es la utilización de firmas electrónicas. Mediante una firma electrónica se codifican los mensajes a transferir, de forma que una función, denominada hash [4], calcula un resumen de dicho mensaje y se le añade. La validación de la integridad del mensaje se realiza aplicándole al original la misma función y comparando el resultado con el resumen que se añadió al final cuando se calculó por primera vez antes de enviarlo. Mantener la integridad es importante para verificar que en el

tiempo de viaje por la red de la información entre el sitio emisor y receptor ningún agente externo o extraño ha modificado el mensaje.

### 5.2.2 Criptografía

La criptografía es la ciencia o arte de ocultar información utilizando técnicas matemáticas que hagan posible el intercambio de mensajes de manera que sólo puedan ser leídos por las personas o usuarios autorizados [2]. La criptografía ha tomado gran importancia en los últimos años, ya que es posible transformar las “técnicas matemáticas” en algoritmos que pueden ser comprendidos por una computadora. Se puede clasificar la criptografía en dos tipos, según el tipo de clave que se utilice:

**Criptografía Simétrica:** los sistemas de criptografía simétrica son aquellos que utilizan una única clave para cifrar y descifrar un texto claro. Este tipo de sistema conlleva una desventaja, que consiste en el conocimiento de las partes (emisor y receptor) de la clave única que les permite intercambiar información por un canal seguro. Como respuesta a ello, se hace necesario formalizar un procedimiento que muestre a las partes autorizadas la información sobre la clave, sin que sea develada a un tercero no autorizado.

**Criptografía Asimétrica:** también se conoce como Sistema de Cifrado de Clave Pública[2]. Usa dos claves diferentes, una de ellas es la Clave Pública que puede ser enviada a cualquier persona y otra, que se denomina Clave Privada que es secreta, y no debe ser revelada. A diferencia del sistema de cifrado simétrico donde las partes deben concertar un procedimiento para conocer la clave única, en este tipo de sistema el remitente usa la clave pública del destinatario para cifrar el documento. Una vez que el documento o mensaje ha sido cifrado, solamente con la clave privada del destinatario el mensaje puede ser descifrado.

### 5.2.3 Certificados electrónicos

Un certificado electrónico es un documento de acreditación que permite a las partes tener confianza en las transacciones que realicen en internet. Por tanto, garantiza la identidad de su poseedor mediante un sistema de claves administrado por una tercera parte de confianza. Para validar un certificado basta con conocer la clave pública de la tercera parte conocida como la Autoridad de Certificación (AC). Para cuidarnos de que piratas informáticos cambien su clave pública por la de la autoridad de confianza, la AC debe crear un certificado con su propia información de identidad y a la vez su clave pública y firmar el certificado, este certificado se le conoce como certificado autofirmado. Dado que los certificados son información pública y lo que se desea es que todos tengan acceso a ellos, pueden hacerse copias del certificado para su distribución. Los certificados electrónicos permiten varias cosas, entre ellas se pueden citar que los usuarios pueden añadir firmas electrónicas a los formularios en línea; que los destinatarios pueden comprobar la autenticidad del correo electrónico confidencial; que los compradores pueden estar seguros de que un sitio web es legítimo; y por último, controla el acceso a bancos y comercios en línea, así como las intranets y extranets.

### 5.2.4 Estándar X.509

X.509 y X.500 fueron originalmente diseñados a mediados de los años 80, antes del enorme crecimiento de usuarios en la Internet. Es por esto por lo que se diseñaron para operar en un ambiente donde sólo los computadores se interconectaban intermitentemente entre ellos. En las versiones 1 y 2 de X.509 se utiliza una lista estandarizada denominada lista de revocación de certificados (CRL por sus siglas en inglés) que contiene la información referente a certificados que han sido revocados.

La versión 3 introduce cambios significativos en el estándar. El cambio fundamental es el hacer el formato de los certificados y las CRL extensible. Ahora los que implementen X.509 pueden definir el contenido de los certificados como crean conveniente. Además se han definido extensiones estándares para proveer una funcionalidad mejorada.

Con la utilización de la tecnología de certificados electrónicos se provee a los clientes (personas o programas) de un nivel más alto en los procesos de autenticación y autorización, ya que se le otorga al cliente algo que puede poseer, incluso incluir dentro de elemento físico, como una tarjeta inteligente. Los certificados en el formato X.509 v3 contienen datos del sujeto, como su nombre, dirección, correo electrónico, etc. La figura 5.1 muestra un bosquejo de la especificación del estándar X.509 versión 3.

En la versión 3 de X.509, no hace falta aplicar restricciones sobre la estructura del certificado, gracias a la definición de las extensiones de certificados. Se permite que una organización pueda definir sus propias extensiones para contener información específica dentro de su entorno de operación.

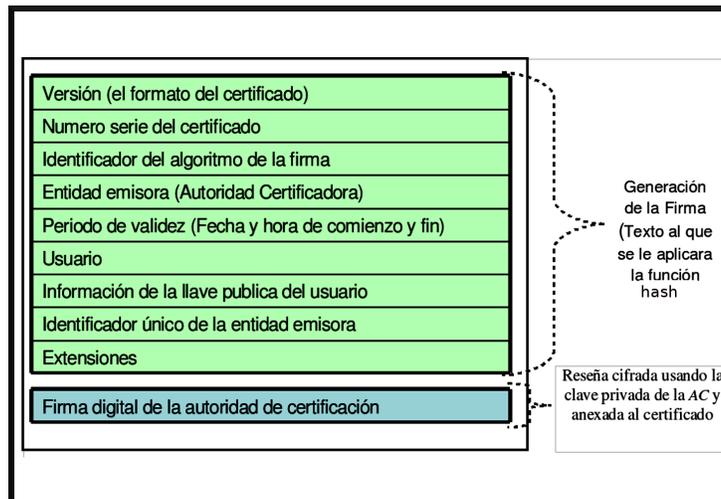


Figura 5.1 Especificación del estandar X.509

Entre los tipos de certificados más comunes están:

- **Certificado de Servidor de Conexión Segura (SSL por sus siglas en inglés):** Permite incorporar el protocolo SSL a un servidor web con el objetivo que toda la comunicación entre el cliente y el servidor permanezca segura, cifrando la información que envía cada parte. El certificado del servidor posibilita la autenticación fuerte, es decir, que el servidor puede exigir certificados personales de navegación a los usuarios para acceder a determinadas carpetas, lo que repercute en la seguridad y en la comodidad por la ausencia de cuentas y contraseñas para la identificación de los usuarios.
- **Certificados personales (Correo electrónico y navegación):** Un certificado electrónico personal es la herramienta necesaria para navegar, comprar y enviar/recibir correo a través de Internet, de una manera segura. Con el uso de este certificado se puede firmar o cifrar los mensajes de correo para tener la seguridad que el receptor será el único lector de nuestro mensaje. Se puede aumentar la seguridad y confianza entre el cliente y el servidor web, al autenticarse también al usuario, esto también va a permitir a las empresas la posibilidad de personalizar los contenidos a un usuario concreto, con la certeza que otros usuarios no podrán ver dicho contenido, tales como información confidencial, ofertas especiales, entre otros.
- **Certificado para firma de código:** El certificado para la firma de código permite a un administrador, desarrollador o empresa de software firmar su software y macros, y distribuirlo de una forma segura. Esta solución de Seguridad es el requisito mínimo que necesitan los clientes o lista de correo, para confiar y tener la seguridad de que el fichero que reciben o se descargan, proviene exclusivamente de una empresa determinada. Con ello se evitan los problemas causados por la suplantación de identidad y la distribución de objetos dañinos o perjudiciales bajo esta supuesta identidad. Cualquier modificación (por ejemplo: inclusión de un troyano o infección de un virus) sobre el software original lo invalidará, con lo que el usuario tendrá la confirmación para rechazarlo al comprobar que la firma electrónica no corresponde con la del software modificado.

### 5.2.5 Lenguaje Unificado de Modelado

El Lenguaje de Modelado Unificado (UML por sus siglas en inglés) permite diseñar sistemas a través de modelos, que se componen de un conjunto de símbolos y diagramas en donde se plasma las ideas de funcionalidad. El UML fue creado por Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacobson en el año 1997[5],[6] y [7]. Cada diagrama tiene fines distintos dentro del proceso de desarrollo, su finalidad es presentar diversas perspectivas de un sistema. La clave está en organizar el proceso de diseño de tal forma que los analistas, clientes, desarrolladores y otras personas involucradas en el desarrollo del modelo lo comprendan y convengan con él. Los diagramas que componen el lenguaje son:

- Diagramas de casos de uso

- Diagramas de estados
- Diagramas de secuencias
- Diagramas de colaboraciones
- Diagramas de distribución
- Diagramas de actividades
- Diagramas de componentes
- Diagrama de despliegue

En este trabajo se utilizaron esencialmente los diagramas de clases, los diagramas de casos de uso y los diagramas de actividades, que se describen brevemente a continuación:

**Diagramas de clases:** son representaciones gráficas de las categorías en que pueden clasificarse los objetos del mundo real. En general, se hace una descripción de las categorías que se utilizan en la aplicación a desarrollar. Los clases se diseñan en función de sus atributos y relaciones con otras clases.

**Diagramas de casos de uso:** son descripciones de las acciones que debe realizar el usuario en el sistema [5]. Por ejemplo: Usuario que tiene la necesidad de expedir un certificado electrónico a una AC de confianza.

**Diagramas de actividades:** muestran el flujo de actividades que ocurren dentro de un caso de uso o dentro de un comportamiento de un objeto[5]. Por ejemplo, las actividades que se realizan para expedir un certificado electrónico.

### 5.2.6 Software Libre

El software libre [8] es un asunto de libertad, no de precio. Para que un programa, aplicación o conjunto concreto se considere “software libre” debe cumplir con las siguientes libertades: 1) Libertad de ejecutar el programa en cualquier sitio, cualquier propósito, por siempre; 2) Libertad de estudiarlo y adaptarlo a nuestras necesidades; 3) Libertad de redistribuirlo a cualquiera, logrando ayudar a un amigo o vecino; y por último 4) la Libertad de mejorar el programa y publicar las mejoras.

Las libertades antes expuestas, proveen muchos beneficios a los usuarios finales. En particular, en el área de seguridad informática. Se pueden nombrar entre los beneficios más importantes: la no dependencia de un único fabricante, y la posibilidad de realizar auditorías y pruebas exhaustivas por parte de terceros, que pueden ser personas, empresas o instituciones diferentes responsables del proyecto de software. Los procesos de adaptación, mantenimiento, integración y auditorías son más transparentes y colaborativos.

## 5.3 Infraestructura de Clave Pública

Uno de los problemas del despliegue de la tecnologías basada en certificados y firmas electrónicas, es contar con un elemento que proporcione una relación fuerte de

confianza entre dos o más sujetos que desean realizar una operación o transacción utilizando como medio Internet. Es por ello, que se recurre a establecer un tercero de confianza, que se define, como un actor encargado de brindar confianza basada en la disponibilidad de una infraestructura robusta que incluya el uso tecnologías basadas en algoritmos criptográficos estandarizados, y la aplicación estricta de políticas para los procesos de registro, publicación, firma, renovación y revocación de certificados. El tercero de confianza se denomina Infraestructura de Clave Pública (ICP)[3], y consiste en la combinación de hardware y software, políticas y procedimientos que permiten asegurar la identidad de los participantes en un intercambio de datos usando criptografía pública. Una ICP debe proporcionar los tres conceptos de seguridad mencionados anteriormente.

### 5.3.1 Componentes de la Infraestructura de Clave Pública (ICP)

Los componentes habituales que conforman la infraestructura son los siguientes (Ver Fig. 5.8):

- **Autoridad de Registro (AR):** es el nodo o conjunto de nodos responsables del registro y la autenticación inicial de los usuarios a quienes se les expide un certificado, después de aprobada una solicitud de registro.
- **Autoridad de Certificación (AC):** es el nodo central de la infraestructura, se encarga de los procedimientos de firma, renovación y revocación de certificados electrónicos. El procedimiento de firma de certificados utiliza la clave privada de la AC.
- **Interfaz con los clientes (PUB):** es el nodo que brinda toda la información a las entidades finales (usuarios) sobre el estado de su certificado, además de ofrecer una información general al público en general sobre los aspectos y servicios relevantes de la ICP.

Los nodos de una ICP pueden ordenarse según diversos modelos. El más utilizado es el modelo jerárquico, que presenta una raíz y nodos hijos que distribuyen los certificados a los clientes o entidades finales. En la figura 5.2 se muestra un ejemplo de modelo de jerarquía de una ICP de cuatro niveles, que se encuentra en el tercer nivel del modelo, que certifica a los usuarios.

Este modelo de establecimiento de relaciones de confianza, es necesario entre múltiples autoridades de certificación para garantizar que los usuarios (entidades finales) no tengan que depender y confiar en una sola AC, algo que haría imposible el manejo de estabilidad, administración y protección. El objetivo es que las entidades finales que utilizan identidades creadas por una AC puedan confiar en ellas, aunque dichas partes tenga una autoridad expedidora diferente.

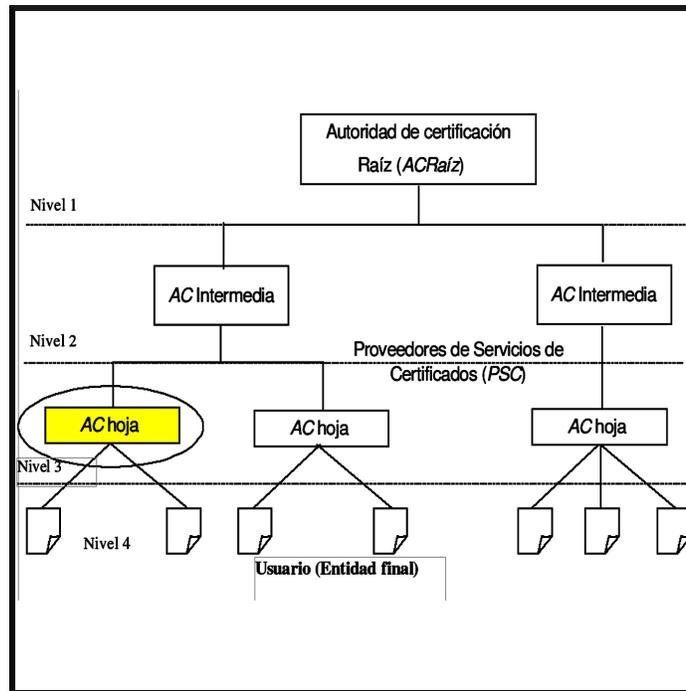


Figura 5.2 Modelo jerárquico de una ICP

## 5.4 Desarrollo de la aplicación

En los párrafos siguientes se discuten los aspectos, procesos y técnicas principales, que se siguen a lo largo del desarrollo de la aplicación (software) de gestión del componente Autoridad de Certificación Raíz.

### 5.4.1 Conceptualización

Uno de los objetivos de esta etapa es determinar el rol del componente AC Raíz en la ICP, con la finalidad de obtener los requisitos, procesos y funciones que deben ser implementados por el software. Este rol tiene que ver con la definición de la AC Raíz como elemento central y de máximo resguardo de la infraestructura, ya que este nodo inicial o “Raíz” contiene la clave privada que valida todos los certificados de los otros nodos de la jerarquía.

Se considera como punto importante en esta etapa, distinguir las diferencias entre una AC Raíz y una AC de un Proveedor de Servicios de Certificación (PSC). La diferencia principal entre estos dos tipos de AC, es la cantidad de certificados que deben gestionar (firmar, renovar, revocar, etc) , en un determinado periodo cada uno de ellos. Esto es, una AC Raíz solo gestiona un número mínimo de certificados,

los cuáles sirven para dar inicio a la jerarquía (certificados otorgados a los PSC), por el contrario, una AC de un PSC debe gestionar un número mucho mayor de certificados, ya que la función de este nodo es entregar certificados periódicamente a usuarios, también llamados entidades finales.

La diferencia de escala de los dos tipos de AC conlleva a que la AC Raíz tenga características particulares, que tienen que ver con los niveles y elementos de seguridad tanto físicos como lógicos que deben considerarse en la gestión del componente. Por ejemplo, la desconexión de red del equipo donde se ejecuta la aplicación de gestión hace que la recepción y entrega de certificados se realice a través de unidades de memoria externas y portátiles, debidamente validadas, con las cuáles el software debe mantener una comunicación segura.

La conexión de la aplicación con hardware especializado, como el Módulo de Seguridad en Hardware (HSM por sus siglas en inglés) que permite generar y almacenar claves o las tarjetas inteligentes, es un factor que debe considerarse en el momento de enumerar las funciones iniciales del software de gestión.

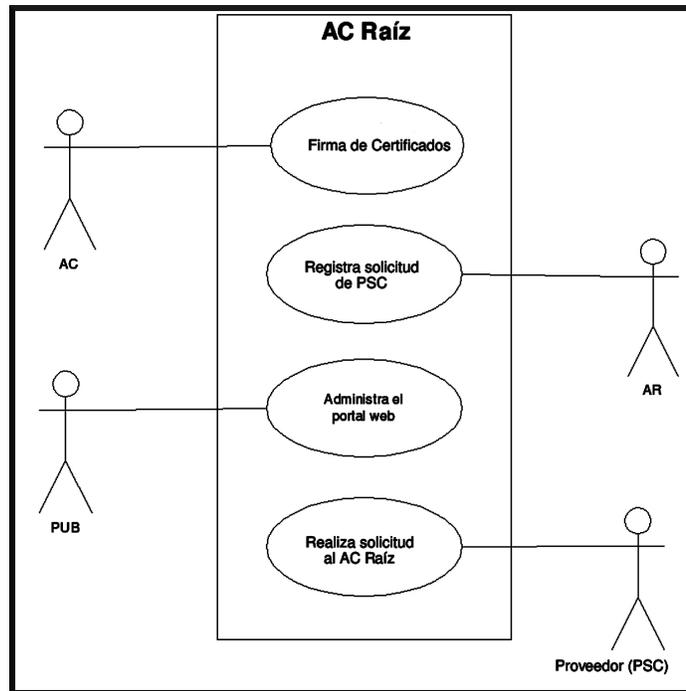
La selección del sistema operativo Linux[9] para desplegar la aplicación, ya que cumple con los principios del software libre, y cuenta con gran número de herramientas en el área de programación [10], es un requisito no funcional que se establece en esta etapa.

Considerando los aspectos nombrados anteriormente, en este punto se elabora una lista inicial de requisitos, con la cual debe cumplir la aplicación. Como técnicas utilizadas en ésta etapa están la realización de entrevistas a clientes, a posibles administradores y operadores; la elaboración de tablas comparativas entre diferentes aplicaciones que existen en las bibliotecas o portales de software libre, con la finalidad de evaluar las herramientas a utilizar en la elaboración de la aplicación.

#### 5.4.2 Diseño

La etapa de diseño consiste en elaborar diagramas formales que permitan en la etapa de implementación la representación de requisitos y procesos de la gestión del componente AC Raíz en un lenguaje de programación. Para el diseño de requisitos se utilizan los diagramas de casos de uso del lenguaje UML, que muestran una primera aproximación de las operaciones que se deben realizar en relación con las entradas dadas por los usuarios. Los actores (usuarios) del caso de uso principal que se muestra en la figura 5.3 son: el Administrador del componente AC, el Administrador del Componente AR, el Administrador del componente PUB, y el actor PSC, quienes son los que interactúan con la aplicación.

Para el resto de la especificación de requisitos se elaboran casos de uso que modelan las funcionalidades con que debe contar la aplicación. Para cada actor, se especifican el correspondiente diagrama de caso de uso. En la figura 5.4 se muestra el caso de uso para el actor del componente AC. Las acciones que realiza este actor son emisión, renovación y revocación de certificados, que conlleva procesos de firma con la clave privada, modificación de los periodos de vigencia del certificado y elaboración de listas de certificados revocados respectivamente para cada caso de uso.



**Figura 5.3** Caso de uso principal

También en esta etapa se construye el modelo de datos de la aplicación. La figura 5.5 muestra de forma parcial, ya que no se incluyen los atributos, el diagrama de clases que explica el modelo de datos. Se consideran como objetos persistentes del sistema a elementos como usuarios, clientes, certificados, autoridades o proveedores de certificación, solicitudes de autoridad de certificación, solicitudes de entidad finales, y sus respectivas relaciones.

Para modelar la secuencia de acciones que se realizan para cada caso de uso se utilizan los diagramas de actividades. La figura 5.6 muestra el diagrama de actividades general para el caso de uso “Emisión de certificados” del actor Administrador del componente AC. Para este conjunto de actividades participan cuatro (4) actores: Administrador del PSC, quien entrega los recaudos necesarios para que se le firme su solicitud, el Administrador de la AR, quién es el encargado de chequear los recaudos entregados por el PSC, el Administrador de la AC Raíz y el Administrador PUB, este último encargado de de publicar en los diferentes repositorios los certificados (claves públicas) para que sean visibles por el mayor número de usuarios interesados.

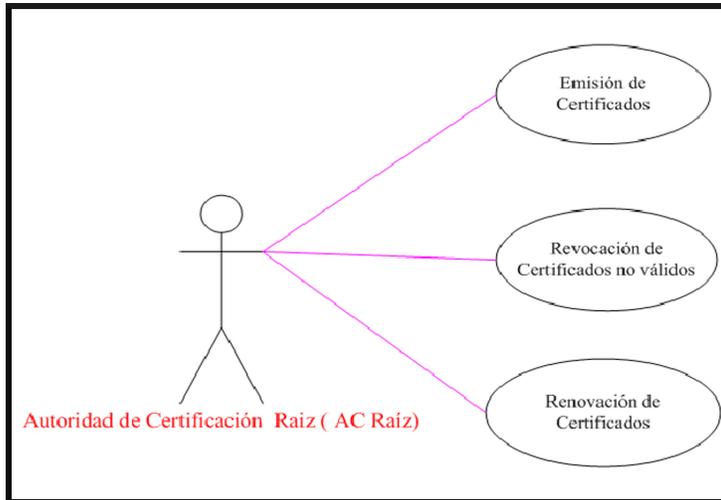


Figura 5.4 Caso de uso para el actor Administrador Autoridad de Certificación

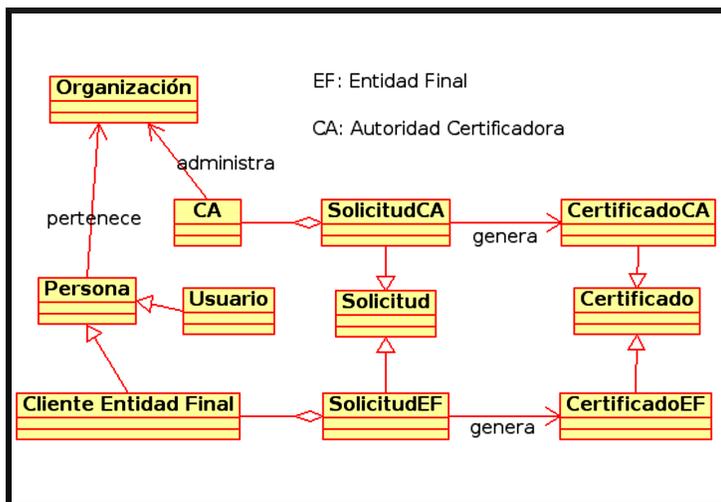
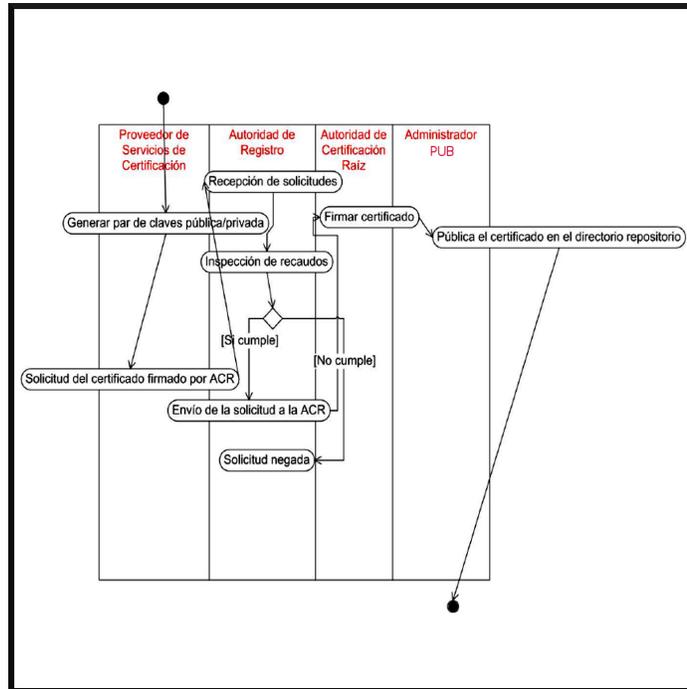


Figura 5.5 Diagrama de clases

### 5.4.3 Implementación

En esta etapa se utiliza como insumo los diagramas de casos de uso, diagrama de clases y actividades, generados en la etapa de diseño. Se traduce el diagrama de clases al que se hace referencia en la figura 5.6 en un modelo de datos relacional, y se genera un script SQL que genera el mapa de tablas relacional, donde las tablas rep-



**Figura 5.6** Diagrama de actividades para el caso de uso “Emisión de Certificados”

resentan relaciones tales como usuarios, clientes, certificados, y las demás entidades que conforman el modelo de datos.

Se utilizan y validan los diagramas de casos de uso mediante la elaboración de interfaces gráficas de usuarios y funcionalidades de interacción con el usuario. Los diagramas de actividades ayudan en el planteamiento de algoritmos que proveen funcionalidades o características con las cuáles debe contar la aplicación y que deben estar en coordinación con los respuestas y valores esperados.

Haciendo uso de las ventajas que trae el uso de software libre, descritos en 5.2.6, se implementa la aplicación utilizando la mayor cantidad de líneas de códigos disponibles en los repositorios y proyectos de la comunidad, de tal manera que satisfagan los requisitos y funcionalidades planteadas en la etapa de diseño. En este sentido, se utiliza el código fuente del proyecto XCA [11], desarrollado por Christian Hohnstädt, que tiene como objetivo proveer una aplicación escrita en el lenguaje de programación C++[12] y la biblioteca Trolltech Qt[13], que cumpla con el estándar X.509. La aplicación satisface los requisitos básicos para la gestión del componente de gestión de AC Raíz, esto es, los diagramas UML de la etapa de diseño calzan con un gran conjunto de requisitos satisfechos en el proyecto XCA, esto ocurre debido a que este trabajo comparte objetivos con dicho proyecto; por ejemplo, para el caso de uso de la figura 5.4, donde el actor debe ejecutar tres acciones: emitir, renovar y revocar cer-

tificados, la aplicación XCA incorpora estas tres actividades, pero se hace necesario adaptar la interfaz de usuario y agregar características en función de los requisitos capturados.

Es importante recalcar, que XCA no sastiface todos los requisitos documentados en la etapa de diseño. En respuesta a este hecho, se realiza un proceso de incorporación de funcionalidades. En este sentido, se agregan características a la aplicación acorde con la especificaciones de diseño, entre las cuáles se enumeran:

- La incorporación de un sub-sistema de seguridad para acceso a los activos de información que gestiona la aplicación, que incluya aspectos de autenticación y autorización de usuarios, como lo es la validación de credenciales a través del uso de tarjetas inteligentes, el registro y firma electrónica de las acciones realizadas por los usuarios dentro de la aplicación. En la figura 5.7 se muestra la característica de registro de acciones. La ventana a la derecha muestra los detalles de la acción seleccionada en la lista, se incluyen datos importantes como nombre de la cuenta de usuario, fecha, hora, y otros datos particulares relacionadas con la acción realizada por el correspondiente usuario.

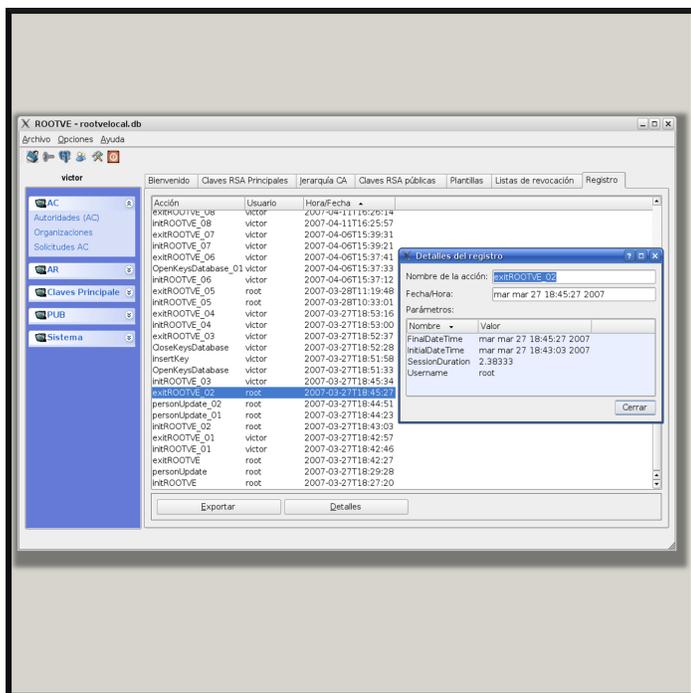


Figura 5.7 Sistema de registro de acciones

- Estandarización del sistema de gestión de documentos como solicitudes, plantillas de certificados y certificados.

- Conexión a través de una interfaz propia con el hardware donde se resguardan las claves privadas (HSM).

También en esta etapa se seleccionan e integran las tecnologías a utilizar para la codificación y creación de la aplicación de gestión del componente AC Raíz. Los tipos de tecnologías que deben seleccionarse son: bibliotecas para construir la interfaz hombre-máquina (HMI por sus siglas en inglés), motor criptográfico, conexiones con hardware, interfaces con repositorio de datos y algoritmos de cálculo criptográfico más utilizados.

Como criptosistema se utiliza OpenSSL version 0.9.8 [14], que provee un conjunto de funciones criptográficas apegadas al estándar X.509. Para la construcción de interfaces hombre-máquina y uso de algoritmos generales se selecciona la biblioteca Qt. Como interfaz para el uso de tarjetas inteligentes se utilizó el estándar PKCS11, también conocido como Cryptoki, que especifica una forma para interactuar con este hardware criptográfico[1].

#### 5.4.4 Pruebas

Esta etapa tiene dos objetivos. El primero de consiste en asegurar que la aplicación funcione correctamente, es decir, que se generen la menor cantidad de salidas inesperadas o fallas a entradas dadas. En relación al logro de este objetivo se utilizan un conjunto de técnicas aplicadas a lo largo del proceso de desarrollo, entre las cuáles se pueden citar la revisión en parejas[15], que consiste que la programación se realice en equipo de dos programadores por computador, uno de ellos se encarga de escribir los algoritmos en un lenguaje de programación, y el segundo de ellos de revisarlo inmediatamente, después de periodo de unas horas, que debe ser definido con anticipación, se intercambian los roles. Otra de las técnicas utilizadas que es importante nombrar son las pruebas unitarias[15], las cuáles consisten en aplicar un número casos de pruebas a métodos o módulos pequeños de la aplicación (unidades), de tal manera que se asegura que funcionan correctamente de forma independiente. Seguidamente, se realizan pruebas de integración, que consisten en probar módulos más complejos formados por las unidades revisadas en las pruebas unitarias. Las pruebas unitarias y de integración presentan la ventajas que son automatizables, y por lo tanto, se cuenta con herramientas de software para llevarlas a cabo.

El segundo objetivo, es que se satisfagan los requisitos plasmados en la etapa de diseño, y que se extraen de los diagramas UML, es decir, la aplicación debe cumplir con las características necesarias para resolver el problema de gestión de una AC Raíz. En este sentido, se toma una estrategia basada en prototipos con liberaciones periódicas, que permite a los usuarios y desarrolladores de la comunidad chequear el progreso en el proyecto. Los prototipos son chequeados por los usuarios y la modificación de requisitos y notificación de errores son notificados en un sistema web de chequeo y seguimiento[16].

También se habilita un sistema de control de versiones de licencia libre llamado subversion [17], que permite a los programadores involucrados en el proyecto obtener

en todo momento y de forma local o remota la última versión de los programas fuentes.

Debido a que la aplicación de gestión de AC Raíz debe ser parte de una infraestructura, es necesario realizar pruebas en condiciones similares a la configuración final de ésta; por ello se simula la configuración de producción que conlleva pruebas con el sistema operativo y el donde se instala la aplicación, conexión con tarjetas inteligentes y el módulo de seguridad en hardware, controles de acceso físico y lógico, y desconexión de red, ya que la autoridad debe operar fuera de línea.

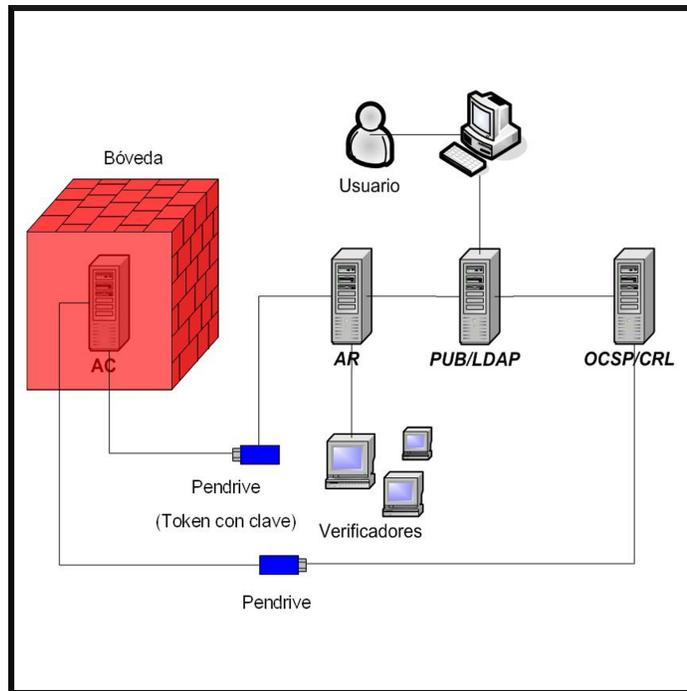
#### 5.4.5 Despliegue y configuración

El despliegue consiste en la instalación en condiciones reales de la aplicación de gestión de AC Raíz dentro de la infraestructura. La figura 5.8 muestra una propuesta para el despliegue de la infraestructura. La aplicación se instala en un computador desconectado de red que debe estar ubicado dentro de un lugar físico seguro, lo que significa que el acceso a personas debe estar restringido por llaves y controles biométricos, y el flujo de información digital hacia adentro y afuera de la bóveda debe ser realizado a través de dispositivos de memoria secundaria con seguridad incorporada, tal como una memoria usb (pendrive) con bloqueo por contraseña, como se muestra en la figura 5.8. También es necesario la habilitación de servidores para la validación de los períodos de vigencia de los certificados a través del protocolo de estado de certificado en línea (OCSP por sus siglas en inglés), y para la generación de solicitudes de firma de certificados, donde las entidades finales o usuarios consignan los recaudos.

Por otro lado, la configuración conlleva el establecimiento de parámetros para el funcionamiento la aplicación, tales como métodos de control y restricción de acceso, ubicación de archivos y directorios, rutas para importación e exportación de datos, perfiles de usuario, generación y nombres de claves, inicialización de tarjetas inteligentes, inicialización de HSM, y copias de seguridad.

### 5.5 Conclusiones

La puesta en marcha de una AC Raíz supone obligatoriamente contar con una aplicación que gestione este componente de la infraestructura. En este sentido, éste trabajo mostró el proceso de desarrollo de una aplicación que respondiera a los requisitos particulares de gestión, determinados por el rol de confianza raíz que debe representar la Autoridad de Certificación. En función de ello, la aplicación tiene un alto grado de especialización, ya que cuenta con un mercado relativo de pocos usuarios, si se compara con el mercado de los sistemas de información o aplicaciones de ofimática, y su operación se realiza en condiciones estándares y específicas. A pesar de este hecho, para la construcción de la aplicación se integraron varios proyectos disponibles en los repositorios de software libre, lo que permitió disponer de un criptosistema estándar y suficientemente completo para cumplir con los requisitos descritos en la etapa de diseño. La criptografía se utiliza como herramienta para



**Figura 5.8** Configuración de los componentes del nodo raíz de una ICP

otorgar las tres propiedades (Confidencialidad, Integridad y Disponibilidad) de la seguridad informática a los datos que gestiona la aplicación, y en virtud de ello el hardware criptográfico utilizado como las tarjetas inteligentes y el módulo de seguridad en hardware configuran un “mundo seguro” que cumple con los estándares aceptados a nivel mundial.

En la etapa de diseño, los diagramas de casos de uso y actividades sirvieron para obtener una visión formal de los requisitos y de los procesos con los que cumplir la aplicación. Estos documentos de diseño en el lenguaje UML, permitieron alcanzar de manera más rápida y certera los objetivos que son coincidentes con la gestión real de una AC Raíz.

Al seguir el estándar X.509 se asegura que los certificados, solicitudes y claves gestionados por la aplicación sean compatibles con el esquema de seguridad basado en un tercero de confianza, y aceptado por gran cantidad de aplicaciones y sitios de comercio electrónico y transacciones seguras en internet.

Para la tarea de eliminación de fallas las técnicas como la colaboración utilizando herramientas web, la programación en equipos y las pruebas unitarias y de integración sirvieron para los procesos de prevención, notificación, búsqueda y arreglo de errores, permitiendo además guardar una bitácora del progreso a la solución a problemas. La implementación de características específicas en función de los req-

uisitos cada vez más refinados y particulares que surgieron en las iteraciones de prototipos probados con usuarios y condiciones reales.

La combinación de diversos elementos como software, hardware y la configuración de un espacio físico adecuado, esto es, que cumpla determinadas reglas para el control de acceso, conforma la infraestructura necesaria para la operación de una AC, incluso que ésta no sea Raíz, y sea parte de otro nodo de la jerarquía. Las condiciones de seguridad lógica y física pueden reproducirse exactamente para los nodos intermedios y los nodos Proveedores de Servicios de Certificación de la ICP, tomando en cuenta el escalamiento.

## 5.6 Glosario

*AC*: Autoridad de Certificación; componente de la PKI encargada de guardar de firmar, renovar, revocar las claves de los usuarios o entidades finales.

*AR*: Autoridad de Registro; componente de la PKI encargada de validar los recaudos de un PSC o Entidad Final, es decir, su identidad, y generar la solicitud para una firma de Certificados.

*Entidad Final*: Persona natural o jurídica a la que un PSC le expide un certificado digital.

*PSC*: Proveedor de Servicios de Certificación Digital; Organización que mantiene la infraestructura de nodo de una ICP, y está autorizada a expedir certificados a las personas naturales y jurídicas que soliciten y reunan los recaudos necesarios para obtener un certificado digital.

*PUB*: Publicador; componente de la PKI encargada de mantener accesibles los certificados digitales emitidos por la PKI en medios como portales Web o directorios.

*PKI*: Public Key Infrastructure, Infraestructura de clave pública; es el conjunto formado por software, hardware, y políticas que asegura en la internet la propiedad de la claves públicas de los usuarios.

*HSM*: Hardware Security Module; módulo de seguridad en hardware, equipo físico computacional que contiene funciones criptográficas, en específico funciona para almacenar con un alto nivel de seguridad claves privadas.

## REFERENCIAS

---

1. R. Nichols and P. C. Lekkas. *Seguridad para comunicaciones inalámbricas*. McGraw-Hill, 2003.
2. William Stallings. *Fundamentos de Seguridad de Redes. Aplicaciones y Estándares*. Prentice Hall, 2003.
3. Nash Duane and Joseph Brink. *PKI: Infraestructura de clave pública*. McGraw-Hill, 2002.
4. Vicente Aceituno Canal. *Seguridad de la informaci'on*. Noriega Editores, 2003.
5. Joseph Schmuller. *Aprendiendo UML en 24 horas*. Prentice Hall, México, 2003.
6. Booch G. *UML Lenguaje Unificado de Modelado*. Addison Wesley, 1999.
7. Alain Pierre-Muller. *Modelado de objetos con UML*. Eyrolles, Barcelona, España, 1997.
8. Free software definition. <http://www.fsf.org/licensing/essays/free-sw.html>, 2007.
9. Koretsky Sarwar. *El libro de Linux*. Prentice Hall, 2003.
10. Kurt Wall et al. *Programaci'on en Linux*. Prentice Hall, 2001.
11. Christian Hohnstädt. Xca, una interfaz gráfica para openssl, clave públicas y privadas, certificados, solicitudes y listas de revocaci'on. <http://www.hohnstaedt.de/xca.html>, 2003.
12. Bjarne Stroustrup. *El lenguaje de programación C++*. Addison Wesley, 2002.
13. James Blanchette and Mark Summerfield. *C++ GUI Programming with Qt 4*. Prentice Hall, 2006.

14. John Viega, Matt Messier, and Pravir Chandra. *Network Security with OpenSSL*. O'Really, 384 edition, 2002.
15. Roger S. Pressman. *Ingenier'ia del software. Un enfoque pr'actico*. Mc Graw-Hill, 2005.
16. Welcome to the trac project. <http://trac.edgewall.org/>, 2007.
17. C. Michael Pilato, Ben Collins-Sussman, and Brian W. Fitzpatrick. *Version Control with Subversion*. O'Really, 2004.



## CAPÍTULO 6

# PROPUESTA DE ACOPLAMIENTO DE LA FIRMA ELECTRÓNICA AVANZADA EN PROCESOS DE NEGOCIO

---

V. BRAVO Y A. ARAUJO

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

Automation is use the information technologies as a direct method for improvement. However, there are elements such as handwritten signature that have been taken of all the digital area, but which, when recurrent events in organizational processes stand as a critical factor in the flow of operations. In response to this situation have developed numerous standards and technologies grouped by Electronic Signature concepts and PKI, but that in turn have discovered new questions in this field, among them, those that have to do with the integration processes. In this paper we propose a software component and a method for connecting computer systems as essential technology using the Advanced Electronic Signature. In this sense addresses the document formats, validation infrastructure, and safety conditions that ensure legal support. The work has center, the details and problems of integration, and that have been grouped under “coupling joint“ concept.

## 6.1 Introducción

La adopción de la tecnología de firma electrónica aún no está suficientemente extendida. Esta se utiliza en distintas áreas y en muchas instituciones o empresas alrededor del mundo pero no ha llegado a ser equivalente a la firma autógrafa en un sentido amplio. Vinculado a este hecho, surge la pregunta ¿Pueden converger estas dos tecnologías en un futuro próximo?. Con la finalidad de responder esta interrogante, se puede decir que la firma electrónica debe tener por lo menos tres características comunes a la autógrafa: identificar a la persona que la realiza; declarar la asunción u obligatoriedad de cumplimiento (contrato) del contenido de lo que se firma y por último, servir como prueba de autenticidad o no repudio del firmante. El modelo de firma electrónica basado en una infraestructura de clave pública (PKI por sus siglas en inglés), ha sido jurídicamente aceptado en muchos países, lo que equivale a decir que en estos casos se cumple con las características antes mencionadas.

La firma manuscrita se percibe como un elemento tecnológico desacoplado, esto es, no dependiente de otra tecnología o factor (solo se necesita papel y lápiz) que puede usarse casi en cualquier lugar y con aceptación universal. En cambio la firma electrónica requiere de elementos de software (manejadores de dispositivos, clientes de firma, etc) y hardware (lector de tarjetas, tarjeta inteligente, computador, tableta o móvil), adicionalmente y por lo general se debe contar con una conexión a internet para la validación. Otra ventaja importante de la firma manuscrita es la permanencia de factores biométricos que son fundamentales en la realización de auditorías confiables. A pesar de todas estas ventajas, en los últimos años ha crecido el uso de la firma electrónica, Gobiernos nacionales y locales de España[1], Alemania[2] y Estonia[3] tienen disponibles plataformas para sus ciudadanos, y la popularización de la tarjeta inteligente (smartcard) como elemento de identificación personal ha apoyado este crecimiento.

En este punto se plantean nuevos problemas vinculados al hecho de introducir o sustituir el elemento físico o autógrafa por el elemento electrónico, entre estos podemos señalar: elección del formato o formatos de archivo de los documentos firmados; ubicuidad y ergonomía de la acción de firma; verificación de los documentos firmados; histórico o archivo de documentos firmados y finalmente la integración de la firma con sistemas de base de datos relacionales, mapeos objetos-relacionales, servicios web, entre otros elementos utilizados en sistemas informáticos actuales.

En este sentido, este trabajo plantea un método para integrar un componente[4] de Firma Electrónica Avanzada denominado ComponenteFEA a procesos de negocio, teniendo presente parámetros de seguridad, rapidez y auditabilidad.

## 6.2 El modelo actual de Firma Electrónica

Una de las acciones para dar soporte jurídico a la firma electrónica y lograr su equivalencia con la firma manuscrita es fijar unas condiciones iniciales que garanticen integridad y auditabilidad de los documentos firmados, y que puedan ser validados a través de un estándar. Bajo este enfoque, se ha creado el concepto de Firma

Electrónica Avanzada, que por definición debe contar con las siguientes propiedades a) estar vinculada al firmante de manera única; b) permitir la identificación del firmante; c) haber sido creada utilizando medios que el firmante puede mantener bajo su exclusivo control y d) estar vinculada a los datos a que se refiere de modo que cualquier cambio ulterior de los mismos sea detectable. La formalización de esta idea ha sido llevado a cabo principalmente por el Parlamento Europeo, y se describe en la directiva 1999/93/EC [5].

Existen dos grandes dominios tecnológicos para el uso de la Firma Electrónica Avanzada: uno es el que tiene que ver con los procesos de identificación, registro, emisión y validación de certificados electrónicos. De este dominio se ocupan las organizaciones que están bajo el esquema PKI, que funcionan como terceros de confianza. Cada certificado brinda identidad a una persona o empresa en la Internet, y se le otorga al ente bajo la aceptación de un contrato que especifica condiciones de uso. El certificado es un documento -un archivo- que autentifica la clave vinculada al ente. La clave secreta/privada se distribuye en una tarjeta inteligente o token criptográfico que funciona como un elemento de control de acceso de nivel 2. Los certificados electrónicos contienen información especificada bajo el formato X.509 versión 3[6], el cual incluye campos como fecha de expedición y vencimiento del certificado, Nombre único del propietario (conocido como Nombre Común), datos del Proveedor del certificado, datos criptográficos del certificado y datos del servidor de validación que utiliza el protocolo de estado de certificados en línea (OCSP por sus siglas en inglés).

El segundo dominio corresponde a las aplicaciones que usa el propietario del certificado para aplicar la firma electrónica, y que generan valor agregado. Las aplicaciones de este tipo más utilizadas cuentan con una interfaz basada en bibliotecas dinámicas (.dll o .so) para este fin, así como también tienen un archivo de certificados de autoridades de certificación para validar la vigencia y correctitud del certificado del firmante. Esta interfaz es básica, solo permite generar un archivo de firma en formato PKCS#7[7] separado del documento firmado, lo que conlleva a que las tareas de almacenamiento, validación y auditoría deben ser provistas adicionalmente a través de un programa o complemento de software. Las aplicaciones de este tipo más utilizadas son navegadores web y clientes de correo electrónico.

Por otro lado, se han especificado diferentes formatos estándares de archivo con firma autocontenida. Por ejemplo el formato PDF dada sus características de solo lectura y visualización en pantalla como documento impreso es uno de los más utilizados para este fin. El estándar PADES[8] basado en PDF es un ejemplo de ello, también existe el formato PDF nativo, y que es verificable por los visores más populares como el de *Adobe Reader*®.

También existen estándares para archivos con firma electrónica basados en XML. La ventaja de estos formatos es que pueden integrar metadatos como la fecha y lugar de la(s) firma(s), y permiten incluir diferentes tipos de archivos como fotos, videos, documentos de texto u ofimáticos. Entre los estándares XML más conocidos está el XMLDsig [9]. Esta estándar cuenta con diferentes implementaciones y extensiones, entre ellas el formato creado por las repúblicas bálticas llamado BDOC[10], que

sigue a su vez el popular estándar OpenDocument, utilizado por el paquete ofimático OpenOffice como formato principal para sus archivos.

### 6.3 Antecedentes

La inclusión de la firma electrónica en un proceso de negocio tiene varios aspectos asociados. Se pueden señalar como los más relevantes la ergonomía de la firma (facilidad de uso), los formatos y visualización de documentos, la integración con plataformas de software y la arquitectura de la solución.

En relación con el tema de la ergonomía Xyzmo SIGNificant<sup>1</sup> es una novedosa propuesta. Xyzmo es una aplicación comercial de código fuente propietario, que introduce elementos innovadores en el área de ergonomía y adaptación al cambio: no obliga a aprender una nueva técnica de firma sino que ofrece a los usuarios de esta tecnología el uso la firma manuscrita a través de una tableta electrónica o teléfono con interfaz multitoque (multitouch) bajo sistemas operativos Android© y iOS©, esto sin desvincularse del esquema PKI. Este modelo proporciona al usuario la metáfora de la firma manuscrita mostrando el documento tal cual como si fuese impreso, habilitando la firma electrónica avanzada a través del uso de los dedos o de un lápiz para pantalla táctiles. Para el proceso de validación se utilizan parámetros biométricos tales como ritmo, velocidad o características del trazo, y también técnicas criptográficas estandarizadas vinculadas al esquema PKI.

Existen diferentes implementaciones de software para las gestión y visualización de los dos tipos de formatos principales: PDF y XML. Para el caso del formato PDF la visualización está automáticamente disponible ya que existen numerosos lectores para este tipo de archivo, por ejemplo, el Adobe Reader© visualiza la firma electrónica o digital como un sello (imagen) dentro del documento, y muestra también su contenido con características de forma (encabezado, líneas, tablas, logos, etc.) que pueden ser parte o no del documento firmado, pero que en muchos casos son necesarias para la elaboración de documentos formales o legales. En el caso de los formatos XML la visualización no es automática, por lo tanto si se requiere visualizar el contenido con elementos de forma se debe disponer de un software visualizador que formatee el contenido. En [11] se muestra una propuesta para documentos XML que necesitan por disposiciones legales o formales de gobierno aplicar forma a documentos firmados electrónicamente.

Una de las potencialidades de la firma electrónica es su integración con sistemas informáticos para la mejora de procesos mediante la eliminación de puntos lentos. Es por ello que los temas de integración y arquitectura juegan un papel preponderante. En esta tendencia se inscribe el proyecto *@firma*: una solución desarrollada por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas de España, que se plantea como una plataforma de firma electrónica orientada a brindar servicios de gobierno electrónico, y que está integrada con el sistema de identificación Español. Cuenta con una aplicación de escritorio que puede usarse en diversos sistemas operativos, y

<sup>1</sup>Para ver información completa sobre Xyzmo Significant visitar la dirección web: <http://www.xyzmo.com>

un *applet*[12] para usar la firma a través de la web. Estas características habilitan a *@firma* para el desarrollo de aplicaciones de gobierno electrónico, así como también para la integración con sistemas empresariales.

## 6.4 Acoplamiento de la Firma Electrónica Avanzada

La conexión entre un componente (software) y el sistema informático se denomina acoplamiento. Este procedimiento debe cumplir con un conjunto de requisitos que tienen que ver con características tales como reutilización, cohesión y la exportación de una interfaz definida. A continuación se describen los elementos desarrollados en este trabajo.

### 6.4.1 Componente de Firma Electrónica Avanzada

Se desarrolló un componente que permite realizar diferentes operaciones asociadas con la firma electrónica: subir un documento desde el computador cliente; realizar la firma utilizando una tarjeta inteligente con PIN (contraseña) desde el computador cliente y entregar un archivo firmado en formato XAdES[13] al programa servidor. El componente se ha denominado de Firma Electrónica Avanzada (Componente-FEA), ya que cumple con las condiciones citadas en la sección 6.2 sobre este tipo de firma.

Las funcionalidades que implementa el ComponenteFEA son las siguientes:

1. Firmar electrónicamente (para este caso se asume que lo electrónico está asociado un dispositivo en hardware como una tarjeta inteligente, y en relación a ello debe connotar vinculación jurídica, lo digital solo a una clave en software) un documento de tipo de archivo definido por especificación MIME[14].
2. Firmar digitalmente (usando un archivo PKCS#12[15]) un documento de tipo de archivo definido por especificación MIME .
3. Verificar un archivo firmado electrónicamente usando o no validación OCSP.
4. Verificar un archivo firmado digitalmente usando o no validación OCSP.
5. Mostrar propiedades como algoritmos utilizados, fecha y lugar de la firma de un archivo firmado
6. Firmar electrónicamente utilizando un componente para el navegador un documento de tipo de archivo definido por especificación MIME.

```
class BDocDocument : QObject {
// *** Métodos para firma electrónica
    BDocDocument();
    void init();
```

```

void create( const QString file );
bool openBDocContainer(const QString path);
void saveBDocContainer(const QString path);
bool signWithP12(const QString profile,...);
void addDocument(const QString path);

// ** Métodos de firma por navegador web
bool presignWeb(const QString profile, ...);
bool postsignWeb(const QString profile, ...);

// ** Métodos para validación
QString signatureAlgorithm(int index );
bool validateOffline() const ;

// ** Métodos para Gestión de archivos
QString signatureFormat(int index );
QString signatureDateTime(int index );
QStringList signatureLocation(int index );
QString signatureRol(int index );
QString signatureDigestMethod(index )
QString subjectCertificateCommonName(int i);
QString documentName(int docId);
int documentCount();
int signatureCount();
void saveDocument(int docId...);

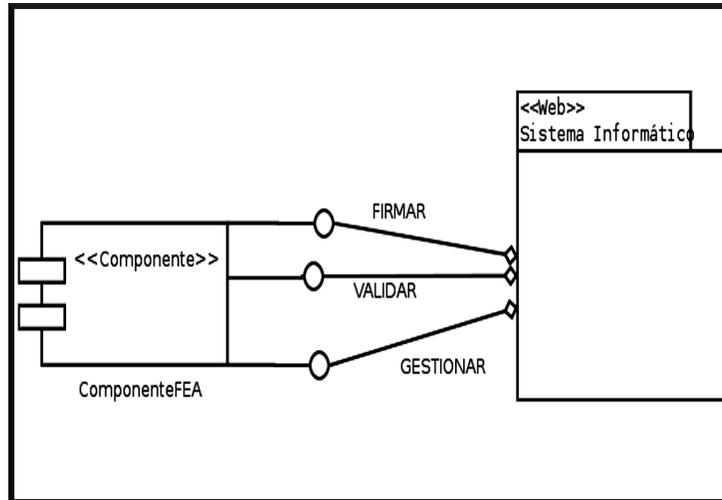
}

```

### Listado 1. API del ComponenteFEA en C++ accesible desde *python*

Bajo esta perspectiva se propone tratar las funcionalidades asociadas a la Firma Electrónica Avanzada, es decir, empaquetar las funcionalidades exportando una interfaz de programación de aplicaciones (API por su siglas en inglés) que puede ser utilizada de forma encapsulada y separada por una aplicación anfitrión, escrita teóricamente en cualquier lenguaje de programación. Uno de las aplicaciones que trabaja bajo este esquema de complementos o componentes es el navegador web, este diseño ha permitido contar con grandes repositorios que extienden las funcionalidades del navegador casi para cualquier uso.

La figura 6.1 muestra un diagrama en lenguaje UML del componente y su conexión con un sistema informático. Existen tres tipos de funcionalidades que exporta el ComponenteFEA: "Firmar", interfaces para firma electrónica y digital, "Validar", interfaces para validación fuera de línea y en línea de certificados electrónicos, y "Gestionar", interfaces para la almacenamiento y búsqueda de archivos firmados.



**Figura 6.1** Diagrama UML de acoplamiento

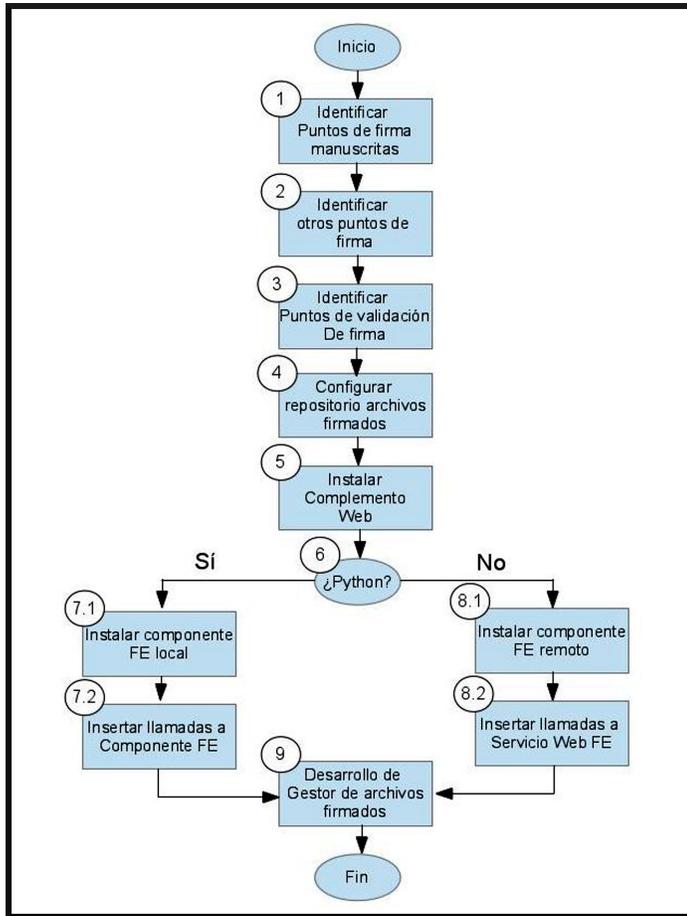
A nivel de lenguaje de programación se provee un paquete o *package* para *python* que está construido envolviendo una librería de firma electrónica avanzada escrita en lenguaje *C/C++*. El listado 1 muestra los métodos que son accesibles desde *python*.

#### 6.4.2 Método de conexión

El diagrama de flujo de la figura 6.2 muestra los pasos a seguir para incorporar el ComponenteFEA dentro de un proceso de una organización. Los primeros dos pasos de este diagrama corresponden a la identificación de los puntos de firma y validación dentro del proceso de negocio, para luego conectar los métodos (mensajes) correspondientes del ComponenteFEA en dichos puntos.

En un siguiente paso y dependiendo del tipo de proceso a automatizar se adoptará un esquema de conexión para el servidor. En esta fase se establecen algunos aspectos importantes relativos al sistema informático a colocar en funcionamiento, entre estos están la existencia de un sistema automatizado, el tipo de lenguaje de programación y sistemas operativos a utilizar, el soporte de la PKI, la asignación de las tarjetas inteligentes, entre otros.

En este punto el desarrollador tiene la libertad de utilizar el componente de firma según su criterio, sin embargo, puede seguir algunas pautas relacionadas con el proceso a automatizar. Si el proceso no se encuentra automatizado se recomienda seleccionar para el desarrollo de software el lenguaje *python*. Para el caso anterior o si el sistema se implementó utilizando este lenguaje se sigue el paso 7.1 de la figura 6.2 que corresponde con la instalación del componente "servidor" para la Firma Electrónica Avanzada.



**Figura 6.2** Diagrama de flujo para el acoplamiento del ComponenteFEA

En el caso de que los procesos de negocio se encuentren automatizados bajo un lenguaje diferente a *python*, se utilizan la interfaz de servicios web<sup>2</sup> que provee del ComponenteFEA (Paso 8.1 de la figura 6.2).

Un tema a tomar en cuenta es el relativo al tipo de repositorio donde se almacenan los archivos firmados. El ComponenteFEA genera archivos tipo XAdES con extensión *.bdoc*. Para este fin puede utilizarse un directorio en el sistema de archivos o un gestor de base de datos relacional. En este punto también hay que trabajar sobre el nombramiento, es decir la forma como se identifican unívocamente los archivos para que puedan ser encontrados. Para ello se puede utilizar la vinculación de metadatos

<sup>2</sup>La interfaz de servicios web está disponible en: <http://bazaar.launchpad.net/~signature/esignature/bdoc/files/head:/server/>

en los registros de las tablas de la base de datos relacional, o simplemente asignar un nombre como clave única a los archivos firmados.

Como último paso se debe habilitar un módulo para gestionar los archivos firmados (paso 9 de la figura 6.2), es decir, proveer una interfaz de usuario para las acciones de visualización de propiedades de archivos, validación de firmas electrónica, búsqueda, entre otras. Estas funcionalidades las provee el ComponenteFEA mediante los métodos que se nombran en la sección "Métodos para Gestión de archivos" del Listado 1, y pueden ser extendidas utilizando algunas de las funcionalidades del gestor de datos que se utilice.

## 6.5 Casos de estudio

A continuación se muestran tres casos de integración utilizando un mismo proceso con diversos sistemas informáticos. El proceso tratado es el conocido como "Orden de compra", el cuál está presente en muchas organizaciones. Consiste en realizar un proceso de negocio con la finalidad de obtener un conjunto de productos o servicios necesarios para la organización a través de una búsqueda y evaluación de un cierto número de cotizaciones y que siguen una serie de criterios, como por ejemplo, las características de calidad y precio. El proceso en pasos se puede describir así:

1. Generar una requisición o documento de solicitud para el conjunto de productos o servicios
  - Firma del solicitante
2. Obtener por los menos  $n$  ( $n \geq 2$ ) cotizaciones para el conjunto de productos o servicios
3. Seleccionar una cotización y generar un acta
  - Firma del analista de compras
4. Generar una orden de compra
  - Firma del gerente del departamento

Generalmente este proceso se lleva a cabo utilizando firmas manuscritas en coordinación con un sistema informático: se imprime desde el sistema el documento (requisición, acta u orden de compra), se firma, y luego se actualiza la información en el sistema informático.

Para el caso de estudio planteado se puede sustituir la primera, la segunda o las tres firmas manuscritas por sus respectivas firmas electrónicas. También es posible agregar firmas electrónicas en puntos donde no existen firmas manuscritas.

La segunda funcionalidad a conectar del ComponenteFEA es la validación de los documentos firmados electrónicamente. Para ello se identifican los puntos donde se actualiza la información sobre la firma manuscrita. Una tercera funcionalidad es la

que tiene que ver con la visualización de los atributos de los documentos firmados electrónicamente.

Después del proceso de identificación, para cada punto que se determinó en la fase anterior, se incorporan los métodos del ComponenteFEA con llamadas locales o remotas según sea el caso. A continuación se presenta tres implementaciones del proceso "Orden de compra" para tres sistemas informáticos diferentes.

### 6.5.1 Caso OpenERP

OpenERP<sup>3</sup> es un software de Planificación de Recursos Empresariales (ERP, por sus siglas en inglés), software libre, que tiene un gran número de instalaciones. En su base incluye el proceso de "Orden de compra". Para realizar el acoplamiento se creó un nuevo módulo de OpenERP. Se identificaron los puntos de firma y validación y se sustituyeron por las llamadas respectivas al ComponenteFEA. Como elemento agregado, se creó un nuevo módulo basado en bandejas de documentos -archivos generados por OpenERP- (similar a las usadas en los clientes de correo electrónico) asociadas a los documentos a ser firmados electrónicamente.

La figura 6.3 muestra la interfaz de usuario para gestionar los archivos firmados electrónicamente. Los usuarios autorizados pueden utilizar una tarjeta inteligente para firmar los documentos correspondientes al proceso de "Orden de compra", teniendo la misma validez legal (especificado por las políticas de la PKI y la legislación del país) que la firma manuscrita. Primero el solicitante firma la requisición, y este documento se envía a la bandeja del analista de compra, quién busca las cotizaciones correspondientes y selecciona el conjunto de productos a comprar. Se generan los documentos "Acta" y "Orden de compra", este último es enviado a la bandeja del gerente quién lo firma para aprobar la compra del conjunto de productos o servicios seleccionados.

OpenERP provee al desarrollador patrones Modelo-Vista-Controlador (MVC) y un motor de flujo de trabajos o *Workflow* para implementar nuevas funcionalidades. Usando estas herramientas los documentos firmados se vinculan al modelo de datos y las validaciones de firma electrónica se realizan extendiendo el flujo de trabajo relacionado con el proceso "Orden de compra" base de OpenERP.

La última captura de pantalla de la figura 6.3 muestra un cuadro de diálogo que pide un PIN o contraseña al usuario. Esta interfaz forma parte del complemento Web que debe ser instalado en el cliente (navegador) y que tiene interacción con el certificado firmante contenido en una tarjeta inteligente.

### 6.5.2 Caso SAID

SAID<sup>4</sup> es un sistema administrativo que incluye procesos contables y administrativos para instituciones que operen en el sector público venezolano. Entre los procesos que

<sup>3</sup>Ver la dirección web: <http://www.openerp.com>

<sup>4</sup>Ver la dirección web: <http://said.cenditel.gob.ve/wiki>

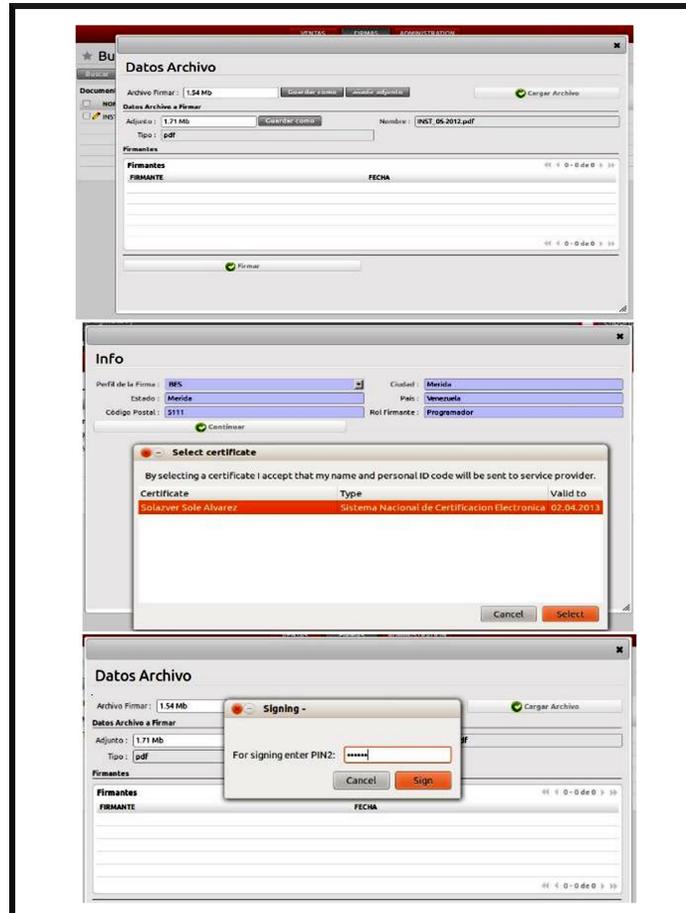


Figura 6.3 Interfaz de usuario OpenERP para el ComponenteFEA

implementa SAID está el de ‘Orden de compra’, que incluye entre sus capacidades la posibilidad de utilizar firmas electrónicas basadas en el formato PKCS#7.

El sistema fue escrito en PHP Versión 4.X, y es de código libre. Los puntos de firma y validación están claramente identificados, ya que son los indicados por las firmas electrónicas, en este caso solo se sustituyen las llamadas a la API del motor criptográfico local, por llamados a los servicios web del ComponenteFEA. El listado 2 muestra las llamadas que se insertaron en el código fuente para extender el sistema de tal manera que funcione con firmas electrónicas avanzadas. El repositorio de archivos firmados a utilizar es PostgreSQL Version 8.4 (El mismo que utiliza SAID). El listado 2 muestra el código en PHP para validar una firma electrónica y mostrar los firmantes de un documento del proceso de Orden de compra: requisición, acta u orden. Después de realizar la conexión al servidor *localhost* por el puerto 4242, se

procede a abrir un archivo firmado con el método "openBDocContainer" a través de una llamada remota, luego se utiliza el método "validateSignature" para validar la firma, y finalmente se listan todos los firmantes utilizando el método "subjectCertificateCommonName".

```
<?php

include('xmlrpc.php');

$connec = new XMLRPCClient('localhost:4242');
$identificador = 'prueba1';
$connec->__call('init', array($identificador));
$connec->__call('openBDocContainer',
array($identificador,
'detalle_curso.odt.bdoc'));
$resp = $connec->__call('signatureCount',
array($identificador));
$firmitantes = Array();
for($pos=0; $pos<$resp; $pos++)
{
    $datos = Array();
    $valida = 'No válido';
    if($connec->__call('validateSignature',
array($identificador,$pos)))
    {
        $valida = 'Válido';
        $nombre =
        $connec->
        __call('subjectCertificateCommonName',
array($identificador,$pos));
        $firmitantes[] = array('nombre'=> $nombre,
'valida'=>$valida);
    }
}

for($i=0;$i<count($firmitantes);$i++)
{
    echo "{$firmitantes[$i]['nombre']}
{$firmitantes[$i]['valida']}\n";
}
?>
```

### Listado 2. Conexión mediante servicios web-rpc desde SAID al ComponenteFEA

De forma similar al caso OpenERP, se provee un complemento para el navegador de tal manera que los usuarios puedan realizar la firma de forma remota, utilizando

una tarjeta inteligente desde su estación de trabajo. Luego el documento se procesa por el sistema SAID, y se almacena en la base de datos del servidor.

### 6.5.3 Caso Flujos de Trabajo

El proceso especificado en esta sección puede modelarse usando un motor de flujo de trabajo. Los flujos de trabajo son ampliamente utilizados para modelar procesos a través de un lenguaje descriptivo como BPM o BPEL[16]. Para implementar el proceso de "Orden de compra" se utilizó el motor SAFET[17], ya que incorpora el ComponenteFEA nativamente, solo se necesitan especificar los puntos en el proceso donde se requiere la firma electrónica. La validación la realiza el motor de forma automática. Para este caso los pasos 1 y 2 del Diagrama de flujo para el acoplamiento del ComponenteFEA, se realizan sin la necesidad de agregar o modificar código fuente, solo se especifica en el archivo de definición de flujo.

```
<task id="Requisicion"
  title="Acción de solicitud de bien o servicio" >
  <port side="forward" type="split" >
  <connection source="Cotización"
  query="vRequisicion SIGN NombreComunUsuario"
  options="" >
  </connection>
  </port>
  <variable id="vRequisicion" scope="task"
  tokenlink=""
  documentsource="select id,
  nombre,descripcion,
  fechageneracion
  from requisiciones" >
  </variable>
  </task>
```

**Listado 3.** Tarea de firma de requisición usando SAFET (XML)

El listado 3 muestra la definición de la acción de firma electrónica en un flujo de trabajo (SAFET). El usuario definido por el *NombreComunUsuario* debe firmar electrónicamente el documento de requisición para pasar a la siguiente actividad que en este caso se denominada *Cotización*. La sentencia *vRequisicion SIGN NombreComunUsuario* indica al motor de flujo de trabajo lo descrito anteriormente.

## 6.6 Conclusiones

En un mediano plazo la Firma Electrónica Avanzada puede consolidarse como una tecnología fundamental en los procesos de negocio ya que propone la digitalización de un elemento imprescindible en este contexto como lo es la firma manuscrita. Los

retos de la digitalización son diversos y complejos, y tienen que ver con aspectos disímiles como lo son por ejemplo los formatos de archivo de firma electrónica y la ergonomía para el uso de esta tecnología.

En este trabajo se detalla un método para la integración de un componente de software con sistemas informáticos que automatizan procesos de negocio. En la fase de acoplamiento se define la identificación de puntos de firma electrónica, se especifica la validación de los certificados firmantes por una PKI, se muestra la habilitación del navegador web para la firma electrónica (basada en tarjetas inteligentes) a través de un complemento y se discute sobre los parámetros de seguridad de los formatos de firma electrónica. Las tareas como la construcción de un gestor de archivos firmados se proponen como una actividad complementaria.

Con la finalidad de mostrar la aplicación del método propuesto en sistemas en situaciones reales se mostraron tres casos de estudio, cada uno con sus particularidades. El acoplamiento del ComponenteFEA con los sistemas informáticos Open-ERP, SAID y SAFET siguen el método descrito en el trabajo, evaluando para todos los casos especialmente el tipo de conexión a utilizar (local o remota), el tipo de almacenamiento y el procedimiento para la conexión en los puntos de firma electrónica y validación.

El análisis de vulnerabilidades es un tema omnipresente en el área de seguridad informática, y está relacionado con este trabajo a través del análisis de los formatos, protocolos y tecnologías utilizados en el proceso de integración.

Existen otros aspectos que no se discuten en este trabajo pero que se consideran importantes para la aprehensión de la tecnología de firma electrónica. Entre ellos se pueden señalar la mejora de la experiencia del usuario y la visualización de los archivos de formato XML firmados electrónicamente.

En el tema específico de integración, en [2] se discute sobre la necesidad de abrir el compás de aplicaciones compatibles con la tecnología de Firma Electrónica Avanzada, y en general, sobre la asunción de un nuevo paradigma en el despliegue de procesos de negocio.

## REFERENCIAS

---

1. Portal del dni electrónico español. <http://www.dnielectronico.es/>, 2012.
2. Sven Vowe Sven Turpe Andreas Poller, Ulrich Waldmann. Electronic identity cards for user authentication promise and practice. *IEEE Security & Privacy*, 10:46–54, 2013.
3. Oficial gateway to estonia. <http://estonia.eu/about-estonia/economy-a-it/e-estonia.html>, 2013.
4. Campderrich Falgueras. *Ingeniería del Software*. Editorial UOC, Barcelona, España, 2003.
5. Directiva 1999/93/ce del parlamento europeo y del consejo. [http://www.cert.fnmt.es/legsoporte/D\\_1999\\_93\\_CE.pdf](http://www.cert.fnmt.es/legsoporte/D_1999_93_CE.pdf), 1999.
6. y otros Cooper D., Santesson S. Internet x.509 public key infrastructure certificate and certificate revocation list (crl) profile. request for comments (rfc) 5280. <http://www.ietf.org/rfc/rfc5280.txt>, 2013.
7. Pkcs#7.cryptographic message syntax. <https://tools.ietf.org/html/rfc2315>, 2013.
8. Pades. pdf advance electronic signatures. [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102700\\_102799/10277801/01.01.01\\_60/t](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/10277801/01.01.01_60/t), 2013.
9. y otros Bartel M., Boyer J. Xml signature syntax and processing (second edition). w3c recommendation 10 june 2008. <http://www.w3.org/TR/xmlsig-core/>, 2013.
10. Formato para firmas electrónicas. <http://www.signature.it/-TOOLS/Bdoc-1.0.pdf>, 2013.

11. E.; Biffi S. Neubauer, T.; Weipl. Digital signatures with familiar appearance for e-government documents: authentic pdf. *Proceedings of the First International Conference on Availability, Reliability and Security*, pages 723–731, 2006.
12. others Richardson Clay, Avondolio Donald. *Professional Java, JDK*. Wrox, 2005.
13. y otros Cruellas, J. Karlinger G. Xml advanced electronic signatures (xades). <http://www.w3.org/TR/XAdES/>, 2003.
14. S. Crocker S. Freed N. Galvin, J. Murphy. Security multipart for mime. multipart/signed and multipart/encrypted. <http://tools.ietf.org/html/rfc1847>, 2013.
15. RSA Laboratories. Pkcs#12.personal information exchange syntax standard. <https://www.rsa.com/rsalabs/node.asp?id=2138>, 2013.
16. Mathew Benny Matjaz Juric. *Business Process Execution for Web Services BPEL and BPEL4WS*. Packt Publishing, 2006.
17. V. Araujo A. Bravo. Safet: Sistema para la generación de aplicaciones de firma electrónica. *Revista Puente*, 6, 2011.



## CAPÍTULO 7

# MODELO DE PROTOCOLO PARA UN SISTEMA ANÓNIMO BASADO EN ESTRATEGIAS BIO-INSPIRADAS

---

R. SUMOZA

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

### Resumen

En este artículo se propuso utilizar algunas herramientas provista en el área de la Computación Emergente, específicamente en Inteligencia Artificial Distribuida (IAD), y en particular se utilizaron las Colonias Artificiales de Hormigas para construir sistemas anónimos que tengan la virtud de poseer niveles de anonimato aceptables a un bajo costo. Este costo se refiere a un criterio de rendimiento comúnmente utilizado en los procesos de los sistemas de enrutamiento en telecomunicaciones, tal como lo son los tiempos de respuesta (latencia), consumo de recursos de la red, entre otros.

### 7.1 Introducción

Para preservar la privacidad de los datos de cada una de las personas que participan en una red de interacción, tal como Internet, se deben utilizar herramientas que sean capaces de proveer protección contra al menos algunos de los ataques típicos. Los

*Seguridad en las TIC: Identidad Digital, Primera Edición.*

By Endira Mora, Antonio Araujo, Víctor Bravo, Rodolfo Sumoza

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc.

ataques en este caso de estudio en particular están orientados, sin autorización, a obtener información privada de los usuarios, incluyendo su propia identidad. Para contrarrestar este tipo de ataques se han propuesto varias ideas que apuntan a establecer cierto nivel de Anonimato, el cual en la mayoría de los casos tienden a socavar el rendimiento de las comunicaciones. Esto es aun un problema abierto: los sistemas anónimos aún necesitan asegurar el Anonimato a un bajo costo (bajos tiempos de respuesta, bajo consumo de recursos, mayor usabilidad, etc.), y a esto es lo que se le denomina *Anonimato Eficiente*. Este trabajo presenta un nuevo enfoque que aplica por primera vez la idea de utilizar la Inteligencia Artificial Distribuida en esta rama de la seguridad en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), esto quiere decir que se le delega la responsabilidad de alcanzar niveles de Anonimato Eficiente a la Inteligencia Artificial Distribuida, específicamente se propone utilizar las Colonias Artificiales de Hormigas.

## 7.2 Colonias Artificiales de Hormigas en Anonimato

Considerando las ideas propuestas en los sistemas anónimos probabilísticos [1, 2, 3, 4], las características de las Colonias Artificiales de Hormigas utilizadas en las redes de telecomunicaciones [5, 6, 7], se propone seleccionar las rutas de los mensajes de forma probabilística, utilizando las probabilidades que configuran los agentes móviles adaptativos (las hormigas). Estas rutas, teniendo componentes probabilísticos pueden incluir, dependiendo de los parámetros de configuración, proporcionar ciertos niveles de Anonimato, en este sentido, se podría tener un "control inteligente" sobre los tiempos de respuesta generados y se podría tener un "control inteligente" sobre otros índices que pudiesen ser incorporados, tal como el consumo de recursos (balanceo de cargas).

Se propone mimetizar los mensajes reales con los agentes, esto es, cada mensaje tiene la misma estructura que las hormigas, y la única diferencia entre ellos radica en el contenido del mensaje, estos mensajes mimetizados se encriptan con las claves públicas de los nodos destino. Para hacer similar sus tamaños, se propone utilizar un tamaño único para el envío de mensajes y para cada agente, incluyendo la estructura de datos que almacena la información necesaria para actualizar las tablas de enrutamiento de cada nodo, más un relleno inválido y la clave pública del destino. Si un mensaje se fragmenta para cumplir con el requisito del tamaño único, el mismo es reensamblado en el nodo destino, utilizando un número de secuencia establecido por el nodo emisor. Los fragmentos de los mensajes también tienen la tarea de actualizar las tablas de enrutamiento de los nodos que visitan, de esta manera los atacantes no pueden distinguir entre las hormigas y los mensajes reales. De este modo, se puede comparar los mensajes enviados con hormigas de carga que llevan el alimento a los nidos, y es por esto que se identifican dos tipos de hormigas, las de carga y las exploradoras, sin tener diferencias aparentes.

Se utiliza una estrategia de cifrado por capas, cada nodo que una hormiga visita cifra la información relacionada al nodo anterior con una técnica de cifrado simétrico, e involucra solo la clave del nodo anterior, y para alcanzar cada des-

tino, incluyendo el final, se pueden registrar sólo los nodos previos, y no la ruta completa hacia el origen. Para hacer la ruta de retorno (respuesta del nodo destino), este nodo final envía su respuesta al nodo anterior, y éste descripta la capa que contiene la información del nodo anterior a él, y así hasta llegar el nodo origen (el emisor).

Para optimizar el o los criterios de rendimiento usualmente utilizados en los sistemas de enrutamiento y a su vez incrementar los niveles de Anonimato, se debe configurar apropiadamente la tabla de rutas. Para hacer ésto, cada vez que una hormiga se mueve de un lugar a otro, actualiza la tabla de rutas. Para cambiar las probabilidad de las rutas, se selecciona un mecanismo basado en los criterios de rendimiento.

En los pasos siguientes muestran el proceso:

- A. Se considera un sistema de  $N$  nodos, formando una red P2P (tal como Gnutella u otra con características similares), junto con sus servidores bootstrap.
- B. Se configuran los valores de los parámetros a utilizar, junto con el índice de uniformidad.
- C. Cada nodo participante solicita a uno o varios servidores una lista de los otros nodos en la red. Esta lista contiene sus claves públicas (certificados electrónicos).
- D. Se inicializan la tablas de rutas con la probabilidad  $1/M$ .  $M$  depende del número de vecinos que cada nodos posea.
- E. El sistema se representa por un grafo el cual forma el espacio de solución por el cual viajarán las hormigas.
- F. El procedimiento siguiente se repite sobre el grafo hasta alcanzar una solución estable:
  1. Se generan  $m$  hormigas exploradoras en cada nodo.
  2. Por cada  $N - 1$  lugares desde cada nodo se envían  $m$  hormigas exploradoras que escogen el salto a nodo vecino utilizando las probabilidades de transición de la tabla de rutas.
  3. Se actualizan las tablas de rutas.
- G. Cuando un nodo envía un mensaje anónimamente, éste lo cifra con las clave pública del nodo receptor y utiliza una estructura de datos similar al de las hormigas exploradoras, es decir, se crea una hormiga de carga. Cada hormiga de carga traslada una parte del mensaje, el cual se fragmenta para que el tamaño de cada fragmento pueda cumplir con el requisito de igualar su tamaño con el de la hormiga exploradora. Cada fragmento del mensaje se le asigna un número de secuencia.
- H. Por cada salto de la hormiga, el nodo intermedio cifra el identidad del nodo anterior con su clave privada.

- I. Cuando una hormiga de carga alcanza el nodo final, y todas las otras hormigas de carga vinculadas a un mensajes también han llegado, es posible reensamblar el mensaje original descifrando los su clave privada, y utilizando los números de secuencia correspondientes.
- J. Para enviar un mensaje de respuesta, el nodo final utiliza el camino de retorno cifrado en capas.

### 7.3 Conclusión

Se propuso implementar un sistema distribuido P2P basado en anonimato probabilístico provisto por sistemas de colonias artificiales de hormigas. Para lograr esto se configuran los nodos participantes como potenciales enrutadores de los mensajes anónimos. Las rutas para los mensajes de envío se construyen en base a las estrategias propuestas en los sistemas de telecomunicaciones para optimizar criterios de rendimiento a través del uso de Colonias Artificiales de Hormigas. Una vez que se crean la rutas, el Anonimato se logra al seleccionar probabilísticamente las rutas de los mensajes enviados utilizando cifrado en capas establecido para la ruta de retorno o respuesta.

### Agradecimientos

Se agradece a José Lisandro Aguilar Castro por su revisión, consejos y recomendaciones sobre todo el contenido propuesto.

## REFERENCIAS

---

1. D. Chaum. Untraceable electronic mail, return addresses, and digital pseudonyms. *Communications of the ACM*, 4, 1981.
2. D. D. D. R. Mathewson N. Danezis, G. Mixminion: Design of a type iii anonymous remailer protocol. *Proceedings of the 2003 IEEE Symposium on Security and Privacy*, pages 2–15, 2003.
3. Serjantov A. Díaz, C. Generalising mixes. *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies workshop*, pages 18–31, 2003.
4. Mathewson N. Syverson P. D. Dingleline, R. Tor: The second-generation onion router. *Proceedings of the 13th USENIX Security Symposium*, 2004.
5. Dorigo M. Caro, G.D. Antnet: Distributed stigmergetic control for communications networks. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 1998.
6. Pagurek B. White, T. Connection management using adaptive mobile agents. *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications*, pages 802–809, 1998.
7. R. Schoonderwoerd. Ant-based load balancing in telecommunications networks. *Adaptive Behavior*, 5:169–207, 1997.





## CAPÍTULO 8

# SISTEMA DE MEDICIÓN ALTERNATIVO

---

R. SUMOZA

Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres

### Resumen

Este trabajo propone el uso de un sistema de medición para Anonimato basado en las características de sus propiedades principales: el índice de uniformidad de la distribución de probabilidad y el tamaño del conjunto anónimo. En las propuestas previas, la medida más ampliamente utilizada es la entropía, un índice utilizado y propuesto en la Teoría de la Información, el cual tiene algunos inconvenientes con respecto a la medición del Anonimato según las propiedades mencionadas, en primer lugar dichas propiedades no se representan directa y explícitamente con este índice, y al ser un índice logarítmico, no representa de forma adecuada comportamientos lineales en el Anonimato. Para medir el índice de uniformidad se propone utilizar el criterio del error cuadrático mínimo y como segunda propuesta se plantea utilizar el criterio de divergencia de Jensen-Shannon. Para medir el tamaño del conjunto anónimo se propone utilizar una función de  $N$  (número de entes del conjunto anónimo).

## 8.1 Introducción

Los sistemas de medición utilizados para cuantificar los niveles de Anonimato de los sistemas, mecanismos y herramientas aun se consideran un problema abierto. Se han propuesto algunas alternativas para este propósito, y la que más ampliamente se ha utilizado es la que se basa en una medida utilizada en la Teoría de la Información: la entropía, sin embargo ésta no representa explícitamente las características fundamentales del Anonimato: el tamaño del conjunto anónimo y el índice de uniformidad de la distribución de probabilidad vinculada al conjunto anónimo. En este trabajo, se propone utilizar como alternativa dos índices para la medición del Anonimato, y que explícitamente representen sus principales características. Por un lado el tamaño del conjunto anónimo puede ser representado a través de una función de  $N$  (el número de entes que componen al conjunto) y el índice de uniformidad puede ser representado utilizando un de los siguientes indicadores: el Error Cuadrático Medio (RMSE por sus siglas en inglés) o el criterio de divergencia de Jensen-Shannon (CDJs por sus siglas en inglés).

En Pfiztmann et al. [1] establecieron una terminología ampliamente utilizada para estandarizar los términos utilizados en el contexto del Anonimato, en la cual ésta establece que un sujeto es anónimo cuando no puede ser diferenciado de los otros sujetos pertenecientes al mismo conjunto, denominado el conjunto anónimo. Describiendo el Anonimato en estos términos, se establece que sus niveles se incrementan si el tamaño del conjunto anónimo crece y cuando la distribución de probabilidad que establece un atacante sobre los miembros de ese conjunto anónimo tiende a ser uniforme. La proximidad de una distribución de probabilidad cualquiera a una distribución uniforme es a lo que se le denomina el índice de uniformidad de la distribución de probabilidad.

En la mayoría de la documentación hasta ahora difundida se utiliza como medida de referencia una obtenida de la Teoría de la Información: la entropía, y puede verse su representación tal como la definió Shannon en [2]. Esta propuesta fue discutida en los trabajos de Díaz et al. [3] y Serjantov et al. [4], y desde entonces ha sido utilizada como base de medición en varios otros trabajos como el de Deng et al. [5], Edman et al. [6] y Gierlich et al. [7]. Sin embargo, esta medida no representa explícitamente las características que describen al Anonimato y que fueron explicadas previamente, particularmente el índice de uniformidad.

## 8.2 Trabajos Relacionado

Se han hecho varias propuestas para cuantificar el grado o nivel de Anonimato provisto por los sistemas anónimos. En [8] definen el grado de Anonimato como  $1 - p$ , donde  $p$  es la probabilidad asignada por el atacante a un sujeto particular. En [9] definen el grado de Anonimato como  $A = \log_2(N)$ , donde  $N$  es el número de sujetos (usuarios) del sistema. Este grado solo depende del número de usuarios del sistema, y no toma en cuenta la información que el atacante puede obtener a través de la observación del sistema o por otros medios. En [3] y [4] proponen medir la información

que obtiene el atacante, considerando el conjunto completo de usuarios la probabilidad que le asigna, y para ello como medida proponen la entropía utilizada en la Teoría de Información (usan la entropía definida por Shannon en [2]). Ninguna de las propuestas anteriores representa explícitamente el tamaño del conjunto anónimo y el índice de uniformidad. Además en [3] proponen utilizar un grado de anonimato normalizado, pero esta medida puede alcanzar su máximo nivel de anonimato con un  $N = 2$  (tamaño del conjunto anónimo), contradiciendo una de las características fundamentales del Anonimato definida en [1]: Los niveles de Anonimato se incrementan si se incrementa el tamaño del conjunto anónimo y el índice de uniformidad de la distribución de probabilidad. En [5], [6], [7] utilizan la entropía de Shannon con un enfoque diferente pero adoleciendo de los mismo problemas. Cuando utilizan la entropía, están utilizando una función logarítmica, lo que significa que no se tienen grados de medición lineales para comparar los sistemas. Por ejemplo, si se tienen 4 sistemas, y los atacantes no tienen ninguna información de sus usuarios, esto quiere decir, que le asignan una distribución de probabilidad uniforme a cada conjunto anónimo, esto es si el primer sistema tiene  $N = 100$  sujetos, el segundo tiene  $N = 200$  sujetos, el tercero tiene  $N = 400$  sujetos y el cuarto tiene  $N = 800$  sujetos, los grados de Anonimato utilizando la entropía son: 6.6438, 7.6438, 8.6438, 9.6438, respectivamente. Estos escenarios, con la misma distribución de probabilidad y con diferente  $N$  (el doble del conjunto anterior) debería tener el doble del grado de Anonimato comparando cada uno con el siguiente, pero esto no sucede debido a que la entropía utiliza una función logarítmica y no lineal.

### 8.3 Propuesta

Se propone utilizar dos índices para medir el Anonimato, cada uno para establecer los niveles de cada característica fundamental del Anonimato: Uno para medir el tamaño del conjunto anónimo:  $N$  o  $1/N$ , donde  $N$  es el número de sujetos o elementos, y uno para medir el índice de uniformidad de la función de distribución de probabilidad asignada por el atacante. Para medir el índice de uniformidad se proponen utilizar una de las siguientes dos métricas: La raíz del error cuadrático medio (RSME) o el criterio de divergencia de Jentsen-Shannon (DJS).

#### 8.3.1 Raíz del Error Cuadrático Medio - RSME

Este término se utiliza para estimar el error de la varianza, este es el error residual de la suma de los cuadrados divididos por el grado de libertad. En análisis de regresión, es una cantidad observada dada una muestra en particular, y depende de dicha muestra. Además, este término es referido al error fuera de la muestra: el valor medio de las desviaciones cuadráticas de las predicciones de los valores de verdad, sobre un espacio fuera de la muestra, generado por un modelo estimado sobre un espacio muestral particular. Esta también es una cantidad observada, y varía según la muestra y según el espacio fuera de la muestra probado.

$$RSME = \frac{\sqrt{(\bar{X} - X)^2}}{n(n-1)} \quad (8.1)$$

En este caso, se propone utilizar  $p_i = \frac{1}{N}$  (probabilidades en una distribución uniforme) para representar  $\bar{X}$ , y  $p_i$ , la probabilidad asignada por el atacante, se representa con  $X$ . Esta medida permite establecer la "distancia" de la distribución de probabilidad del atacante a la distribución uniforme.

$$RSME_a = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} - p_i\right)^2}}{N(N-1)} \quad (8.2)$$

Si un sistema tiene un  $RSME_a \approx 1$ , esto quiere decir que provee un muy bajo nivel de anonimato. Si otro sistema tiene un  $RSME_a \approx 0$ , quiere decir que provee un buen nivel de anonimato. Pero también se debe observar el tamaño del conjunto anónimo para tomar un visión real del sistema.

### 8.3.2 Divergencia de Jennesen-Shannon

La divergencias de Jensen-Shannon es método popular para medir la similitud entre dos o más distribuciones de probabilidad. Se basa el la divergencia de Kullback-Leibler, con la notable y útil diferencia que siempre da como resultado un valor finito. La raíz cuadrada de la divergencia de Jensen-Shannon es el índice que se propone para representar el índice de uniformidad en Anonimato.

$$JSD(P_1, P_2) = H\left(\sum_{i=1}^2 \pi_i P_i\right) - \sum_{i=1}^2 \pi_i P_i \quad (8.3)$$

$$JSD_a(P_1, P_2) = \sqrt{JSD(P_1, P_2)} \quad (8.4)$$

donde  $\pi_i$  son lo pesos para la distribuciones de probabilidad  $P_1, P_2$ , en este caso  $\pi_i = 1, \forall i = \{1, 2\}$ , y  $H(P)$  es la entropía de Shannon para la distribución  $P$ . Es este caso,  $P_1$  es una distribución uniforme y  $P_2$  es la distribución de probabilidad del atacante.

Con este resultado se obtienen dos índices para representar el grado o nivel de Anonimato:

### 8.3.3 Resultados

**Opción 1:** Grado de Anonimato ( $AD$ ) utilizando RMSE para medir el índice de uniformidad de la distribución de probabilidad y  $1/N$  para medir el tamaño del conjunto anónimo.

$$AD = 1/N \pm MSE_a$$

**Opción 2:** Grado de Anonimato ( $AD$ ) utilizando JSD para medir el índice de uniformidad de la distribución de probabilidad y  $1/N$  para medir el tamaño del conjunto anónimo.

$$AD = 1/N \pm JSD_a$$

En ambos casos, el índice de uniformidad y el tamaño son expresados por separado pero no tiene el problema de linealidad de las otras métricas.



## REFERENCIAS

---

1. Hansen M. Pfitzmann, A. Anonymity, unobservability, and pseudonymity: A consolidated proposal for terminology. [http://dud.inf.tu-dresden.de/Anon\\_Terminology.shtml](http://dud.inf.tu-dresden.de/Anon_Terminology.shtml), 2000.
2. C. Shannon. The mathematical theory for communications. *Bell Systems Technical Journal*, 30:50–64, 1948.
3. Seys S. Claessens J. Preneel B. Díaz, C. Towards measuring anonymity. *Designing Privacy Enhancing Technologies*, pages 54–68, 2002.
4. Danezis G. Serjantov, A. Towards an information theoretic metric for anonymity. *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies Workshop*, pages 54–68, 2002.
5. Pang J. Wu P. Deng, Y. Measuring anonymity with relative entropy. *Proceedings of the 4th International Workshop on Formal Aspects in Security and Trust*, pages 65–79, 2007.
6. Sivrikaya F. Yener B. Edman, M. A combinatorial approach to measuring anonymity. *Intelligence and Security Informatics*, pages 356–363, 2007.
7. Troncoso C. Diaz C. Preneel B. Verbauwhede I. Gierlichs, B. Revisiting a combinatorial approach toward measuring anonymity. *Workshop on Privacy in the Electronic Society*, pages 111–116, 2008.
8. Rubin A. Reiter, M. Crowds: Anonymity for web transactions. *ACM Transactions on Information and System Security*, 1, 1998.
9. Pfitzmann A. Standtke R. Berthold, O. The disadvantages of free mix routes and how to overcome them. *Proceedings of Privacy Enhancing Technologies Workshop*, pages 30–45, 2001.



# Apéndices



## APÉNDICE A

# CONTENIDO DE UN CERTIFICADO ELECTRÓNICO X.509 VERSIÓN 3 EN FORMATO DE TEXTO PLANO

---

Certificate:

Data:

Version: 3 (0x2)

Serial Number: 5357 (0x14ed)

Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption

Issuer: C=VE, ST=Miranda, L=Baruta, O=Sistema Nacional  
de Certificacion Electronica, OU=Fundacion Instituto de  
Ingenieria, CN=PSC Publico del MppCTII para el Estado  
Venezolano/emailAddress=admin-pki@fii.gob.ve

Validity

Not Before: Apr 2 10:40:23 2012 GMT

Not After : Apr 2 10:40:23 2013 GMT

Subject: C=VE, O=Sistema Nacional de Certificacion Electronica, OU=FIISHA256, ST=Merida, L=Alberto Adriani, CN=Antonio Araujo Brett/emailAddress=aaaraujo@cenditel.gob.ve  
Subject Public Key Info:

Public Key Algorithm: rsaEncryption

Public-Key: (2048 bit)

Modulus:

00:db:f4:30:58:bc:ce:30:50:9e:44:14:57:d6:eb:  
e9:cd:f6:90:a7:21:ec:b1:0e:73:af:0d:e7:05:1e:  
cd:a6:3b:1e:85:1a:86:1b:12:69:f9:28:28:4c:a0:  
1c:92:09:81:e0:a9:09:40:08:9e:60:89:12:c9:7b:  
96:f3:fd:99:49:52:5f:98:11:41:31:70:60:ca:55:  
de:73:4d:d8:05:c2:ac:d6:1c:9b:9a:2c:74:66:f3:  
e5:fa:ad:48:fc:7d:06:11:72:ed:bc:a4:35:cd:7e:  
50:69:eb:9d:75:01:06:a7:48:e7:58:40:11:0e:41:  
fa:50:03:4f:03:45:67:0d:c7:9a:25:c9:e3:32:86:  
99:64:18:31:d0:19:7d:45:ef:e4:f9:ec:46:12:65:  
7c:61:de:40:2c:c2:4d:2e:ab:dc:27:f2:7b:38:7b:  
81:47:20:ce:4f:6b:3b:a4:be:5b:7a:ef:f7:23:07:  
70:08:c6:6e:7b:4d:a9:6e:a3:c0:5b:0a:09:0d:72:  
ab:1e:cd:a7:f5:28:b4:4f:01:44:63:38:53:96:43:  
1e:8d:a8:9c:13:a2:84:30:44:41:a4:56:7c:7d:58:  
04:a7:58:a8:46:21:a7:16:64:fb:49:c7:0a:bc:7e:  
3a:3d:6a:df:ee:d7:0d:38:00:26:76:44:39:81:20:  
b2:7d

Exponent: 65537 (0x10001)

X509v3 extensions:

X509v3 Basic Constraints:

CA:FALSE

X509v3 Key Usage:

Digital Signature, Non Repudiation, Key Encipherment

X509v3 Extended Key Usage:

TLS Web Client Authentication, E-mail Protection,  
Microsoft Smartcardlogin

X509v3 Subject Key Identifier:

E0:A4:9A:D5:A9:0F:EA:6B:CF:A1:1B:28:74:AD:8E:2A:AE:FD:88:C5

X509v3 Authority Key Identifier:

keyid:AA:94:98:5B:01:C8:17:18:50:28:B5:F6:E1:5F:FB:FC:89:5E:69:AE  
DirName:/CN=Autoridad de Certificacion Raiz del  
Estado Venezolano/C=VE/L=Caracas/ST=Distrito  
Capital/O=Sistema Nacional de Certificacion  
Electronica/OU=Superintendencia de Servicios de  
Certificacion Electronica/emailAddress=acraiz@suscerte.gob.ve  
serial:0D

## Authority Information Access:

OCSP - URI:<http://publicador-psc.fii.gob.ve:2560/ocsp>

## X509v3 Certificate Policies:

Policy: 2.16.862.2.6

Policy: 2.16.862.2.7.1

CPS: <http://publicador-psc.fii.gob.ve/dpc>CPS: <http://publicador-psc.fii.gob.ve/pc>

## X509v3 Subject Alternative Name:

othername:<unsupported>, othername:<unsupported>,  
othername:<unsupported>, othername:<unsupported>

## X509v3 Issuer Alternative Name:

DNS:fii.gob.ve, othername:&lt;unsupported&gt;

## X509v3 CRL Distribution Points:

## Full Name:

URI:<https://publicador-psc.fii.gob.ve/crlsha256/cacrl.c>

## Signature Algorithm: sha256WithRSAEncryption

22:ca:a7:de:b7:30:27:b6:aa:95:67:c1:68:0a:5b:db:a6:a8:  
b5:ee:0b:b4:14:42:39:b7:d8:c5:13:7a:5b:7d:2d:66:49:54:  
0d:bc:e4:8a:25:b4:c8:af:87:60:9a:b4:22:a5:92:66:b6:4e:  
16:66:26:1d:06:76:1f:2b:af:e1:b0:7f:3f:4c:71:cd:75:99:  
66:14:84:01:da:40:18:40:8e:b3:0e:f8:4a:b6:b0:15:53:ef:  
40:28:69:1e:e9:dd:30:7d:80:22:c3:84:5f:16:d7:12:cf:a6:  
57:67:64:82:9d:b9:9c:43:e3:2b:d2:ed:bd:72:9e:6f:a4:f0:  
5b:6d:16:63:d1:9c:0e:68:eb:dd:45:db:57:7c:95:09:a0:53:  
d6:08:6b:ea:ae:95:24:8a:d1:eb:c7:99:46:f3:17:93:84:6c:  
6b:6b:06:97:3a:77:89:a6:ba:ff:3f:5b:aa:21:d8:55:11:25:  
ba:a7:65:a5:8e:9f:7d:f3:f2:7f:14:6a:af:eb:b0:7e:36:31:  
93:56:f9:0f:19:2f:27:ed:e7:0d:e4:b2:4f:05:f5:26:ad:76:  
c6:b2:b0:0e:4e:9b:e6:7f:5e:65:74:8d:9e:54:4c:6e:4b:aa:  
f1:de:85:86:a0:34:bc:bb:5b:7f:a9:1e:cf:ea:6b:a6:e0:66:  
3a:e2:48:2d:9e:ae:88:7c:69:da:26:26:bb:37:41:56:9a:5b:  
98:78:f6:d2:52:3c:28:9f:dc:5f:01:97:d7:d5:13:b6:00:31:  
07:d1:b4:3d:46:49:2c:68:02:4d:b7:fc:ef:b6:0e:7c:b8:19:  
4a:91:23:11:38:ea:f2:8a:8a:31:b4:1a:b6:34:ab:c3:d0:3a:  
4d:7f:67:ae:ae:04:e1:5e:f4:21:ee:63:83:4e:85:f0:87:13:  
9f:5b:f6:77:bc:90:c2:b7:a3:93:d9:75:d6:70:91:b0:94:4b:  
7f:2d:d7:d3:e6:ef:31:d8:de:54:62:fe:69:c5:10:95:8f:43:  
d6:ce:cf:a9:80:03:9a:87:81:c9:7e:0d:bd:85:2d:3b:11:57:  
7b:e1:88:28:b9:3c:ce:55:70:b0:11:59:34:2c:eb:51:de:15:  
24:42:2e:1a:e5:0a:30:6d:39:93:54:2d:f3:7b:5e:c6:a9:ca:  
b3:3d:13:56:d9:1b:bc:27:31:45:88:3d:e9:b3:40:d2:0e:1b:

c1:3c:5e:4c:da:c6:bb:a3:4f:85:6a:8b:f0:b5:06:e7:2b:31:  
68:be:c4:6f:cf:a5:c9:75:79:98:b7:e4:6e:c9:34:b5:a7:c9:  
2a:6b:a6:f3:ef:f4:ba:c9:1e:b7:7f:cf:e9:8f:9e:ce:67:fb:  
c9:a9:f0:91:c3:33:95:00