

Capítulo V. Conclusiones

La problemática que ha surgido debido a la falsificación, duplicado y comercio ilegal de comprobantes de estudios, motivó el planteamiento de una alternativa en la validación de la autenticidad de dichos documentos. Tal alternativa consiste en la implementación de un sistema de bases de datos distribuidas para almacenar, recuperar y administrar información sobre los comprobantes de estudios y experiencia laboral de todas las personas con nivel de estudios de nivel profesional que residen en el país. Este sistema, además de ayudar a minimizar los inconvenientes de la problemática mencionada, aprovecha las ventajas que brindan los dispositivos actuales de almacenamiento y recuperación de información para hacer más eficiente los procesos involucrados en la gestión de los comprobantes de estudios y experiencia laboral.

Para la elaboración de este trabajo se planteó como objetivo general, diseñar un sistema basado en tarjetas inteligentes que permita almacenar y recuperar de manera segura y eficiente, expedientes curriculares electrónicos. Esto derivó en cuatro objetivos específicos que se fueron cumpliendo conforme se avanzó en la investigación. El proceso que se llevó a cabo para cumplir con estos objetivos incluyó conocer a detalle, los aspectos que involucran el brindar una solución segura y eficiente para el manejo de información sensible. Dentro de estos aspectos se encuentra el uso de tarjetas inteligentes como mecanismo seguro de autenticación e identificación con algún sistema. Esto motivó la realización de una investigación a profundidad sobre tarjetas inteligentes, lo cual permitió conocer su desarrollo, abarcando desde sus antecedentes y evolución, hasta lo más reciente de esta tecnología. De igual manera, se documentó sobre la forma en que estas se clasifican, así como la gran variedad de aplicaciones donde se han utilizado y se utilizan actualmente.

Lo anterior amplió en gran parte el panorama sobre estos dispositivos y permitió tener certeza de la confiabilidad de utilizar esta tecnología como mecanismo seguro para acceso al sistema que almacena los expedientes curriculares electrónicos. Se observó que las distintas definiciones de tarjetas inteligentes encontradas en las fuentes bibliográficas se orientaban a contextos específicos. Esto motivó a plantear una nueva definición que abarcara un contexto general. Se espera que esta nueva definición, así

como el material recopilado, sirva como referencia para otros trabajos de investigación donde se haga uso de tarjetas inteligentes. Además, el proceso de recopilación de información sobre tarjetas inteligentes derivó otros temas que fueron de gran importancia para la realización de este trabajo. Entre estos se encuentran la seguridad de la información y los mecanismos que se emplean para proporcionarla.

Durante la revisión de fuentes bibliográficas, se encontró que existen diversos mecanismos que, al ser utilizados en conjunto, permiten brindar seguridad en el manejo de la información. Para la elaboración del diseño propuesto se tomaron en cuenta dichos mecanismos y además fue de relevancia considerar el valor de la información que se deseaba proteger y conocer el impacto económico y social que representaría si esta fuera interceptada y alterada por personas ajenas al sistema. En primera instancia, si se hubieran implementado mecanismos de seguridad de un nivel muy básico, como por ejemplo, el uso de contraseñas de acceso, sin utilizar cifrado de datos, ni mecanismos de autenticación mutua, hubiera hecho vulnerable al sistema para que personas ajenas a éste, logaran acceder fácilmente a la información, por medio del uso de herramientas de bajo costo. El exponer esta información a tales personas, tendría un impacto social más que económico, ya que se perdería credibilidad y se volvería susceptible a fraudes que, posiblemente, tendrían mayores consecuencias que las que resultan de utilizar los procesos actuales para la verificación de documentos probatorios. Por otro lado, no fue necesario implementar mecanismos de seguridad más avanzados y costosos que los propuestos en este trabajo, como por ejemplo el uso de tarjetas inteligentes del tipo JavaCard con infraestructura de llave pública para autenticación. Tales mecanismos son más adecuados para aplicaciones donde el robo o alteración de la información representaría grandes pérdidas económicas. Por lo tanto, el uso de tarjetas inteligentes tipo ACOS2 con autenticación simétrica es la solución adecuada para el sistema propuesto. El conocimiento adquirido durante esta investigación, permitió elaborar un diseño que cumple con los requisitos del sistema, dando como resultado una alternativa viable y segura para la validación de la autenticidad de documentos probatorios, así como para su almacenamiento y administración.

El diseño del sistema de expedientes curriculares electrónicos implicó incluir servidores de bases de datos distribuidos en distintas localidades, los cuales almacenarán en formato electrónico, la información relacionada con los estudios y experiencia laboral

de los profesionistas del país. Un hecho importante que motivó la utilización de un diseño de bases de datos distribuido basado en el uso de réplicas, fue el descubrir la existencia de la plataforma de bases de datos *Berkeley DB* de la empresa *Oracle*. Esto permitió contar con un antecedente confiable, con aplicaciones exitosas, para el diseño de bases de datos distribuidas que brindan alta disponibilidad y confiabilidad de los datos. A su vez, permitió diseñar el sistema para que los expedientes curriculares se fraccionaran y se distribuyera su almacenamiento entre las distintas entidades de certificación, dependiendo del lugar donde se realizó su verificación. Esto brindó la ventaja de poder delegar la responsabilidad a cada entidad de certificación, sobre el almacenamiento y administración de los documentos probatorios que cada una valida. De esta manera, se evitó caer en los problemas que conlleva el centralizar tanto el almacenamiento como la administración de los datos.

Durante el análisis de requisitos del sistema se consideraron varios aspectos para proveer una solución viable, en cuanto a costo y seguridad para el almacenamiento y recuperación de expedientes curriculares electrónicos. El utilizar tarjetas inteligentes con criptografía 3-DES como mecanismo de autenticación y enlaces VPN basados en SSL para proveer comunicación entre clientes y servidores, así como enlaces VPN basados en IPSec para comunicación entre las entidades de certificación, permitió hacer uso de la infraestructura de la red pública Internet de una manera que brindara integridad y privacidad de los datos.

El conocimiento adquirido sobre los avances tecnológicos de las tarjetas inteligentes motivó la intención de almacenar una copia del expediente curricular electrónico en la memoria de la tarjeta inteligente del usuario. Esto brindaría la característica de que el expediente curricular pudiera ser consultado desde dispositivos lectores sin la necesidad de contar con conexión al sistema de expedientes curriculares electrónicos. Sin embargo, conforme se fueron conociendo las características de las tarjetas inteligentes que se incluyen en los paquetes de desarrollo existentes, se encontraron limitantes en cuanto a sus capacidades de almacenamiento. El tipo de tarjeta inteligente seleccionado para este trabajo no proporciona suficiente espacio de memoria para garantizar el almacenamiento de un expediente curricular electrónico que tiende a crecer conforme el usuario incrementa tanto sus estudios como experiencia laboral. Sin embargo, se concluyó que el hecho de no poder almacenar una copia del expediente curricular en la

memoria de la tarjeta inteligente, sino solamente en las bases de datos distribuidas, aumentaba la confiabilidad del sistema. El usar la modalidad *offline* para la consulta de expedientes curriculares electrónicos, representaba un riesgo de seguridad ya que, al no llevarse a cabo el proceso autenticación entre la tarjeta y el sistema, hubiera puesto en juicio la confiabilidad de la información contenida en las tarjetas inteligentes. La aplicación que leyera el expediente curricular electrónico de la tarjeta inteligente no tendría forma de autenticar la validez de esa tarjeta y por lo tanto, tampoco la validez de la información almacenada en ella. Sin embargo, para el caso de la información personal del usuario que se almacena en la tarjeta inteligente y que puede ser consultada en modalidad *offline*, no representa ningún riesgo, ya que esa información es sólo para identificación personal en aplicaciones que no requieran su validación.

Cabe mencionar que, aunque se diseñe y se implemente este sistema con todas las medidas de seguridad necesarias para proteger información valiosa, el factor humano siempre será determinante en el grado de seguridad y confiabilidad que se brinde. Será necesario definir, implementar y hacer que se cumplan las políticas de seguridad donde se consideren aspectos humanos, incluyendo un manejo eficaz de privilegios de acceso y uso de la información, códigos de ética, administración de responsabilidades y conflicto de intereses, entre otros. Esto nos lleva a considerar que, aunque el sistema cuente con medidas de seguridad extrema en todos los aspectos técnicos, el factor humano sigue siendo un punto débil en cuanto a la seguridad y confiabilidad del sistema, si no se toman las medidas adecuadas para evitarlo.

Un aspecto importante que se consideró en este trabajo fue el proponer y desarrollar un modelo para el almacenamiento y representación de la información referente a los expedientes curriculares, que tuviera una estructura bien definida y pudiera servir como estándar para su uso por las diversas instituciones educativas y empresas del país. Esto motivó la búsqueda de antecedentes en cuanto a modelos de representación de datos de este tipo, para que sirviera de base a la elaboración del modelo mencionado. La existencia del proyecto *XMLRésumé*, el cual tiene como objetivo brindar un modelo para estructurar información electrónica referente a currículums vitae y resúmenes académicos, permitió contar con un antecedente para utilizarse como punto de partida en la elaboración del expediente curricular electrónico y adaptarlo a las necesidades de este trabajo. El modelo de almacenamiento y representación de los expedientes

curriculares electrónicos en lenguaje XML que se diseñó, será de gran importancia, ya que permitirá contar con un estándar a nivel nacional para el intercambio de información tanto académica como de experiencia laboral con que cuentan las personas. Esto hará posible contar con un lenguaje común en donde se minimice la ambigüedad y por lo tanto, los esfuerzos para interpretar la información que contengan los documentos probatorios que los profesionistas presenten. Se espera que lo anterior sirva de modelo para que las empresas cuenten con una estructura de almacenamiento de información sobre el historial de las actividades que desempeñan sus empleados, facilitando así, la elaboración de documentos que demuestren experiencia laboral.

El implementar este sistema con todos los aspectos mencionados, cumple con los objetivos definidos en la introducción de esta investigación. Sin embargo, es importante anticipar y estudiar también los problemas que se pueden encontrar durante su implementación. De esta manera se podrá realizar una planeación adecuada para minimizar los inconvenientes. Uno de los problemas que se anticipa de antemano es la resistencia de las instituciones y empresas para adaptarse a esta nueva forma de verificar la validez de la documentación presentada por los profesionistas, así como la complejidad en la reestructuración de los sistemas que llevan a cabo los procesos de expedición de títulos en las instituciones educativas, para adaptarlos a los requerimientos del sistema de expedientes curriculares. La incorporación de nuevas tecnologías implica un proceso de adaptación que requiere de tiempo y esfuerzo por parte de todos los involucrados. Vivimos en una sociedad en la cual muchos de los procesos que involucran almacenamiento y validación de información, se llevan a cabo utilizando técnicas tradicionales que son vulnerables a actos delictivos como lo es la falsificación de comprobantes de estudios. La migración de estos procesos a una forma más segura y eficiente, representará un gran avance, no solamente en el sector educativo, sino en todos los demás sectores de nuestra sociedad ya que, al validar los comprobantes de estudios y de experiencia laboral de los profesionistas, se garantiza que tienen las habilidades para desempeñarse en el cumplimiento de las funciones que su profesión les demanda. El sector educativo, en conjunto con el sector laboral y otras dependencias involucradas, deberán realizar una planeación adecuada para que este cambio se lleve a cabo de manera eficaz.

Por otro lado, la implementación de este sistema implicará cubrir con otras actividades muy importantes entre las que se encuentra la creación de entidades de certificación que pudieran ser organismos federales, con facultades para realizar los procesos de validación y administración de estos documentos, que cuenten con infraestructura robusta tanto de comunicaciones como de los sistemas de bases de datos de clase corporativa para asegurar su buen funcionamiento.

Se espera que el resultado de esta investigación, además de aportar las bases fundamentadas para el diseño e implementación de un sistema de información distribuido con un mecanismo seguro de autenticación e identificación, sea el primer paso de una solución eficaz para resolver los inconvenientes asociados a la gestión actual de los expedientes curriculares en papel y que ayude a minimizar el problema de la falsificación de comprobantes de estudios.