

Un enfoque de integración entre *fprint* y *SourceAFIS* (*)

Roberto Cristaldo¹, Jorge Céspedes², Cynthia Villalba¹, Ellen Méndez¹

¹ Departamento de Informática, Facultad Politécnica – Universidad Nacional de Asunción
{rcristal, cvillalba, emendez}@pol.una.py

² Laboratorio de Computación Aplicada, Facultad Politécnica – Universidad Nacional de Asunción
jcespedes@pol.una.py

Abstract. Con el fin de atender a las políticas del estado paraguayo, en relación a la adopción de software libre en instituciones públicas, el presente trabajo realiza una investigación relativa a *Automated Fingerprint Identification System* (AFIS) y con licencia software libre, que cubra todos los aspectos asociados a la identificación de personas por huellas dactilares. En el escenario encontrado se plantea una herramienta de integración entre: *fprint* y *SourceAFIS* y realiza mediciones de calidad de la solución integrada propuesta.

Keywords: fprint, SourceAFIS, identificación, integración, huellas dactilares, biometría

1 Introducción

La identificación automatizada por huellas dactilares es un campo de la informática que se encuentra liderado por soluciones de software con licencias privativas¹, como por ejemplo el Cogent System de 3M y el Integra-ID de NEC. En tal sentido, se torna difícil satisfacer las políticas del Estado Paraguayo en lo que respecta a software libre², que establecen preferencias sobre el software privativo en proyectos del sector público [11].

Tal es así, que la experiencia en instituciones públicas paraguayas está formada por implantaciones de AFIS privativos. En particular, cabe destacar el proyecto del Departamento de Identificaciones de la Policía Nacional, donde el AFIS instalado atiende tanto a usos civiles como criminales [6 – 8]. Actualmente, otras instituciones del

¹ Una lista más completa de las soluciones con licencia de software privativo puede encontrarse en las evaluaciones del *National Institute of Standards and Technology* (NITS) [24].

² La definición y una descripción de las licencias de software libre y sus variantes puede consultarse en: “*Open source licensing. Software freedom and intellectual property law*” [18].

sector público están en proceso de implantación de un AFIS para uso civil³ [9, 10]. Es así que, en la búsqueda de una solución software libre de un AFIS surge el presente trabajo.

En un estudio previo [23] se menciona la falta de herramientas AFIS con licencia de software libre que ofrezcan una solución completa que esté lista para ser instalada y utilizada directamente. No obstante, se encuentran herramientas con distintos tipos de licencia de software libre que cubren parcialmente el proceso del AFIS. Las mismas han sido creadas y son mantenidas por diferentes comunidades de desarrolladores.

En ese contexto, se han identificado dos herramientas: *fprint* y *SourceAFIS* que podrían complementarse en sus funciones, por lo que la integración entre ambas podría darse como una alternativa a soluciones de software privativo.

Lo que resta del documento está organizado de la siguiente manera: la segunda sección introduce el concepto del *Automated Fingerprint Identification System* (AFIS) y muestra el proceso genérico de Enrolamiento y Búsqueda; la tercera sección hace una reseña de las soluciones de software libre que pueden encontrarse en la actualidad y se enfoca en dos de ellas: *fprint* y *SourceAFIS*; la cuarta sección propone la integración de ambas herramientas; la quinta sección introduce los conceptos de los indicadores de error de AFIS y presenta dichos indicadores para la solución propuesta. Finalmente, la séptima sección contiene la conclusión y los trabajos a futuro.

2 Automated Fingerprint Identification System (AFIS)

En esta sección se introduce el concepto del AFIS y se explica el macro proceso de identificación de personas por huellas dactilares detallando los tipos de búsqueda. Adicionalmente, se puntualizarán los principales estándares utilizados en el marco de identificación biométrica.

2.1 Proceso Genérico de un AFIS

La identificación por biometría abarca una variedad de métodos para obtener atributos únicos e irrepetibles de un individuo con el propósito de poder identificarlo. Los métodos de identificación más utilizados y desarrollados son: huellas dactilares, palma de la mano, iris, rostro y voz [1].

De todos los tipos de identificación por biometría mencionados, el más desarrollado y utilizado es el de huellas dactilares⁴ [1]. En este caso, si la identificación se realiza utilizando sistemas automatizados por software reciben el nombre de *Automated Fingerprint Identification System* (AFIS) [2].

³ Instituto de Previsión Social (IPS) y Ministerio de Hacienda.

⁴ Hace más de 40 años el NIST trabaja en el estudio de identificación por huellas dactilares [3].

Los AFIS son utilizados en investigaciones criminalísticas, área donde la tecnología tuvo sus inicios [3], y también en situaciones de uso civil, como por ejemplo el control de acceso del personal en una empresa.

La identificación automatizada por huellas dactilares sigue un macro proceso que consta de dos fases principales: enrolamiento y búsqueda.

En una primera instancia se procede al enrolamiento del individuo, que consiste en la asociación de una o más huellas a una persona determinada [2]. Típicamente, para uso civil se usan dos huellas, mientras que en uso criminal se toman todas las huellas del individuo. Posteriormente, toda esta información se almacena en una base de datos.

En una instancia posterior al enrolamiento, se procede a la búsqueda de la persona, la que puede ser de dos tipos dependiendo del propósito de la misma.

- **Verificación (Búsqueda de tipo 1:1):** Comparación de una huella con otra ya conocida (anteriormente enrolada). En este caso se conoce previamente al individuo que se desea buscar y contra el cual se desea comparar la huella dactilar de entrada [2]
- **Identificación (Búsqueda de tipo 1:N):** Comparación de una huella con varias huellas (previamente enroladas). En este caso no se conoce el individuo contra el cual se desea comparar la huella de entrada [2].

En otras palabras, si lo que se pretende es conocer si una persona es quien dice ser, la búsqueda es de tipo Verificación o búsqueda 1:1, por el contrario si lo que se pretende es encontrar en la base de datos a una determinada persona que no se conoce quien es, a partir de sus huellas dactilares, la búsqueda es de tipo Identificación o de 1:N.

La Fig. 1 ilustra el proceso genérico de enrolamiento y búsqueda de una solución AFIS. En la misma, se puede observar que ambos procesos, siguen el mismo sub-proceso: en una primera instancia se realiza la lectura de la imagen de la huella por el dispositivo; posteriormente se adquiere esa imagen en formato digital para la etapa de procesamiento, donde se extrae la información biométrica: clasificación general de huella, crestas y valles, minucias, terminaciones, entre otros datos [2, 5]; y luego, dependiendo del propósito, se procede al enrolamiento o búsqueda.

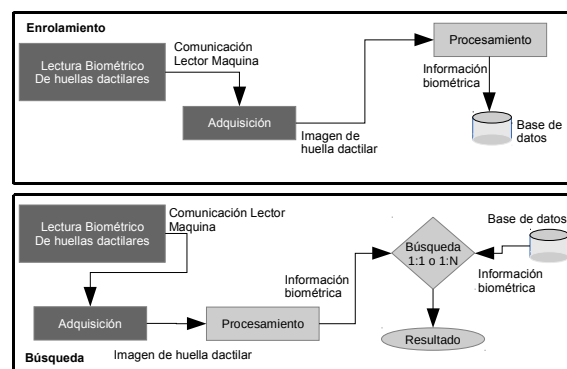


Fig. 1. Proceso genérico de enrolamiento y búsqueda de un AFIS.

La información biométrica consiste en un vector de puntos característicos que son únicos en cada huella dactilar. Estos son obtenidos mediante una serie de algoritmos especializados que primero se encargan de normalizar la imagen capturada y luego realizan la detección de los puntos característicos encontrados para crear el vector de información biométrica. Esta tarea se lleva adelante en los siguientes pasos [4]:

- Mejoramiento de la imagen. Consiste en eliminar aquellas áreas de la imagen que poseen ruido y en preservar las zonas que se presentan más nítidas.
- Binarización. Conversión de la imagen original a una de tipo monocromática, corrección de cortes y mejoramiento de la calidad de la misma.
- Adelgazamiento. Consiste en normalizar el grosor de las líneas de la imagen de la huella dactilar a un mismo valor, por lo general 1 pixel.
- Extracción de puntos. Detección de las coordenadas de los puntos característicos y creación del vector de información biométrica.

Es oportuno hacer notar que, cualquiera sea el tipo de búsqueda, las comparaciones se realizan sobre la información biométrica extraída de las huellas dactilares mediante algoritmos especializados [2]. Al respecto, cabe mencionar los algoritmos de tipo software libre del *National Institute of Standards and Technology* (NIST) para estas tareas⁵:

- MINDTCT. Detección y extracción de características particulares de la huella.
- BOZORTH3. Operaciones de búsqueda de tipo 1:1 y 1:N.

2.2 Estándares usados en huellas dactilares

Existen varios estándares que son utilizados en soluciones biométricas, tanto para el almacenamiento de información biométrica como para el intercambio de datos entre sistemas.

En el mundo, las principales instituciones que han aportado a la definición de estos estándares son: la *American National Standard Institute* (ANSI) y la *International Organization for Standardization* (ISO).

Estándares ANSI:

- ANSI/INCITS 381-2004. Formato imágenes de huellas dactilares.
- ANSI/INCITS 377-2004. Formato de información biométrica de huellas dactilares.
- ANSI/INCITS 378-2004. Formato de minucias de huellas dactilares.

⁵ Mayor información sobre los algoritmos se puede encontrar en: <http://www.nist.gov/itl/iad/ig/fingerprint.cfm>, perteneciente a la división de tecnología biométrica de huellas dactilares del NIST.

- ANSI NIST ITL 1-2007. Formato de información biométrica de huellas dactilares, faciales, cicatrices, marcas y tatuajes.

Estándares ISO:

- ISO/IEC 19794-2. Formato de minucias de huellas dactilares.
- ISO/IEC FCD 19794-3. Formato de información biométrica de huellas dactilares.
- ISO/IEC 19794-4. Formato de imágenes de huellas dactilares.

3 Herramientas AFIS con licencia de software libre

En esta sección se muestra un resumen de las herramientas AFIS de tipo software libre identificadas. Posteriormente, se plantea la interconexión de dos de esas herramientas y se profundiza en el estudio de las mismas.

3.1 Resumen comparativo de herramientas AFIS de tipo software libre

Como parte del presente trabajo se han investigado diversas herramientas para encontrar una solución biométrica de identificación de huellas dactilares de tipo software libre. En este contexto, se estudiaron las siguientes soluciones:

- *SourceAFIS* [13].
- *Fprint* [14].
- *MBARK* [15].
- *OpenAFIS* [16].

Ninguna de las soluciones encontradas atiende a todos los pasos del proceso genérico de un AFIS, por lo que dichas soluciones carecen de lo necesario para ser consideradas una solución lista para su instalación, implantación y uso. De igual manera, no se identificó una solución que las interconecte. La Tabla 1 resume la evaluación funcional que se realizó sobre cada una de las herramientas analizadas.

Tabla 1. Resumen de funciones de las herramientas de tipo software libre estudiadas

	<i>SourceAFIS</i>	<i>fprint</i>	<i>MBARK</i>	<i>OpenAFIS</i>
Documentación	SI	SI	SI	NO
Código fuente para descargar	SI	SI	SI	NO
Lectura desde el lector	NO	SI	NO	Sin datos
Adquisición de la imagen	NO	SI	NO	Sin Datos
Procesamiento	SI	SI	Demo	Sin Datos
Enrolamiento	SI	SI	Demo	Sin Datos
Verificación	SI	SI	Demo	Sin Datos
Identificación	SI	NO	NO	Sin Datos

El estudio comparativo realizado arrojó los siguientes resultados:

- *OpenAFIS*. Proyecto sin documentación ni código fuente para descargarlo, por lo que no fue viable realizar un análisis minucioso.
- *fprint*. Se mostró como una herramienta promisoría, debido principalmente a su extensa difusión en sistemas operativos Linux que la utilizan para Verificación de usuarios en la etapa de *login* al sistema y sus capacidades de lectura directa desde el lector (con *drivers* de determinadas marcas) y la adquisición de la imagen desde los mismos. No posee búsquedas de tipo 1:N.
- *MBARK*. Consiste en una *demo* que no realiza ninguna de las funciones primarias (Enrolamiento, Verificación e Identificación) con imágenes externas ni se comunica con los lectores biométricos.
- *SourceAFIS*. Esta solución ofrece las funciones de Enrolamiento, Búsqueda tanto de tipo 1:1 como de 1:N y además, permite almacenar un identificador único, nombre y apellido de una persona junto con su información biométrica de huellas dactilares en una base de datos.

En consecuencia, el *SourceAFIS* y el *fprint* se podrían complementar entre sí, dado que la primera herramienta brinda las funciones de Enrolamiento, Verificación, Identificación y Almacenamiento de información biométrica, y la segunda permite capturar las imágenes de las huellas dactilares desde los lectores biométricos. En tal sentido, este trabajo propone integrar ambas herramientas para lograr una solución funcional de tipo software libre para identificación de personas por huellas dactilares.

3.2 *fprint*

El *fprint* [14] es una solución de software libre que se distribuye bajo licencia LGPL 2 y es mantenida por una comunidad de desarrolladores independientes. La herramienta está orientada a realizar el *login* de usuarios utilizando Verificación de personas mediante la lectura de sus huellas dactilares. En tal sentido, *fprint* ofrece una serie de componentes para realizar esta tarea, entre los que se destacan:

- *libfprint*. Es la librería núcleo de la solución. Se encarga de adquirir la imagen desde los lectores biométricos y extraer la información biométrica de los mismos. Para la comunicación con los lectores biométricos, *libfprint* posee una serie de *drivers* de marcas y modelos específicos para los que tiene soporte [20]. La información biométrica atiende al estándar ANSI NIST ITL 1-2007.
- *fprint_demo*. Es una interfaz gráfica escrita con la librería GTK+⁶ que permite el Enrolamiento de las personas. Cabe destacar que esta información es posteriormente utilizada para la Verificación del usuario que busca ingresar al sistema Linux.

⁶ GTK+ es una *toolkit* multiplataforma que ofrece un set completo de componentes para crear interfaces de usuario gráficas [21].

- *pam_fprint*. Es el *plug-in* que permite ingresar al sistema Linux mediante la lectura de la huella dactilar en vez de la introducción del *password*.
- *fprind*. Es en *daemon* que ofrece las funcionalidades del *fprint* a través del mecanismo de intercomunicación de procesos D-BUS⁷.

3.3 SourceAFIS

El *SourceAFIS* [13], es un producto software libre distribuido bajo licencia BSD [18] desarrollado en el entorno .NET de Microsoft⁸ y mantenido por Robert Važan. Tiene funciones de Enrolamiento, Verificación e Identificación y la capacidad de almacenar la información de personas, junto con su correspondiente información biométrica en una base de datos. El formato utilizado atiende al estándar ISO/IEC 19794-2 de almacenamiento de minucias.

Es oportuno destacar que la base de datos mencionada es un archivo plano que maneja el *SourceAFIS*, no se trata de un motor de base de datos relacional SQL.

En la Fig. 1, se observa en color gris claro aquellas funciones, dentro del proceso genérico, que son atendidas por el *SourceAFIS*.

Si bien la plataforma de ejecución nativa del *SourceAFIS* es software privativo, el mismo puede ser corrido en el entorno MONO⁹ bajo el sistema operativo Linux. En tal sentido, en el marco de este trabajo, se ha logrado ejecutar en el entorno señalado al *SourceAFIS* sin inconvenientes y siguiendo las configuraciones estándar del entorno MONO.

4 Integración entre *fprint* y *SourceAFIS*

Esta sección detalla la solución propuesta de integración entre el *fprint* y el *SourceAFIS*, muestra la arquitectura y analiza los detalles de la implementación que se propone.

Conforme las especificaciones funcionales del *fprint* y *SourceAFIS* que fueron abordadas en la sección anterior, se observa que el *fprint* puede ser utilizado para la captura de la imagen desde el lector biométrico y que el *SourceAFIS* debe ser utilizado para el Enrolamiento, Identificación, extracción y almacenamiento de información biométrica.

⁷ Es un sistema de mensajes que permite la comunicación y coordinación entre procesos.

⁸ Existe una versión en lenguaje java que se encuentra en estado *beta*. Dado que no está aún terminada, no ha sido estudiada en el marco del presente trabajo

⁹ Versión software libre del entorno .NET mantenida por una comunidad de desarrolladores no afiliados a Microsoft [19].

Si bien el *fprint* ofrece funcionalidades de Enrolamiento, extracción y almacenamiento de información biométrica, las mismas no son utilizadas, dado que están orientadas a una posterior Verificación para *login* al sistema. En tal sentido, el único componente usado es *libfprint* para la captura de la imagen desde el lector biométrico.

Dado que el *sourceAFIS* opera directamente desde imágenes de huellas dactilares la salida del *libfprint* puede ser consumida por el *sourceAFIS*, para que ésta sea la herramienta encargada del Enrolamiento, Verificación, Identificación, extracción y almacenamiento de información biométrica. Esta forma de trabajo, evitó posibles conflictos debido a la diferencia de estándares de información biométrica que atienden ambos sistemas. Como la tarea de la extracción y almacenamiento de información biométrica quedó a cargo del *SourceAFIS*, el estándar de minucias que se utiliza es el ISO/IEC 19794-2.

La integración entre ambas herramientas se logró mediante el desarrollo de un componente que se encarga de invocar al *fprint* para la captura de la imagen de las huellas dactilares y al *SourceAFIS* para las funciones de Enrolamiento o Búsqueda 1:N.

En caso de Enrolamiento, el Integrador, genera un archivo plano conteniendo la información de la persona que está siendo enrolada, los datos de ésta se cargan desde la interfaz de usuario, y el *path* donde se encuentran las imágenes de las huellas dactilares capturadas por el *fprint*. Adicionalmente, se pueden asociar datos a cada imagen, por ejemplo para identificar a qué dedo de la mano corresponde.

El formato del archivo de integración se muestra a continuación:

```
files: {01.png, 02.png, 03.png, 04.png, 05.png, 06.png,
07.png, 08.png, 09.png, 10.png}
file_tags:{left-thumb, left-index, left-middle, left-
ring, left-little, right-thumb, right-index, right-
middle, right-ring, right-little}
name: {Jhon Smith}
id: {28901384742}
```

La Fig. 2, muestra el modelo de integración entre los componentes para el caso el Enrolamiento.

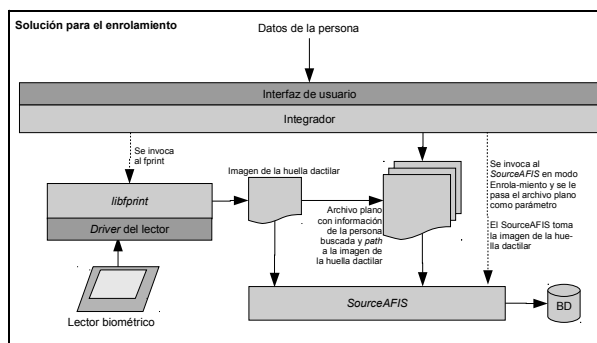


Fig. 2. Integración entre componentes para el caso del Enrolamiento de personas.

Para las búsquedas, el componente de integración invoca al *fprint*. Para la captura de la imagen de la huella dactilar, para encontrar a quien corresponde en la base de datos. El Integrador, también invoca apropiadamente al *SourceAFIS* y le pasa como parámetro la imagen de la huella dactilar que se desea Identificar. La Fig. 3, muestra el modelo de integración utilizado para las búsquedas.

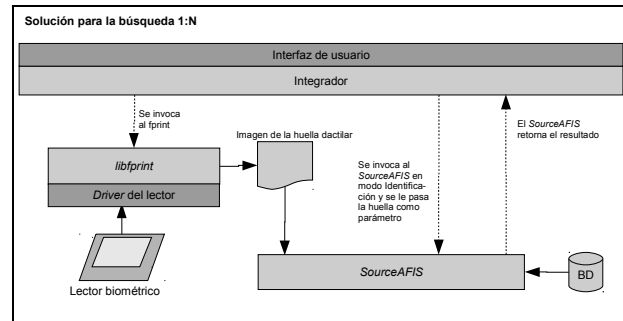


Fig. 3. Integración entre componentes para el caso Identificación de personas.

El Integrador invoca adecuadamente al *fprint*, para la toma de la imagen que se desea buscar, y al *SourceAFIS*, para la extracción de la información biométrica de misma y para el proceso de Identificación.

Es oportuno hacer notar que, la integración se logró gracias a que tanto el *fprint* como *SourceAFIS* son de tipo software libre. Esto permitió el estudio detallado del funcionamiento de cada herramienta con el fin de poder encontrar adecuadamente la forma de integrar ambas soluciones.

En el caso del *SourceAFIS*, la ventaja del software libre fue aún más evidente, dado que el mismo fue modificado ligeramente para lograr la integración deseada. Esta modificación consistió en lograr que ésta herramienta acepte parámetros de entrada. En consecuencia los siguientes modos de invocación son los utilizados:

```
sourceAFIS.exe enroll enrollments.dat true
```

Permite el enrolamiento de la persona según la información en *enrollments.dat*. El parámetro *true* almacena la información biométrica en la base de datos.

```
sourceAFIS.exe enroll enrollments.dat false
```

Permite el enrolamiento de la persona según la información en *enrollments.dat*. El parámetro *false* almacena las imágenes de las huellas capturas en vez de la información biométrica en la base de datos.

```
sourceAFIS.exe match image.png
```

Realiza la búsqueda de *image.png* en la base de datos.

5 Indicadores de errores de la propuesta de integración

Esta sección introduce las tasas de error que miden la calidad de un AFIS, detalla las pruebas utilizadas para la medición de las mismas conforme la solución propuesta, basada en la integración entre el *fprint* y el *SourceAFIS*, y presenta los resultados de las dichas mediciones.

5.1 Indicadores de error de un AFIS.

Los indicadores de error de un AFIS son el *False Acceptance Rate* (FAR) y el *False Rejection Rate* (FRR). El primero, representa la tasa de error relacionada con la cantidad de veces que una búsqueda de huellas dactilares encuentra al individuo incorrecto en la base datos, mientras que el FRR, es un indicador relacionado con la cantidad de veces que un individuo no es encontrado a pesar que su huella está en la base de datos [5].

Con el fin de determinar la calidad de la solución propuesta se realizaron mediciones que permitieron calcular el FAR y FRR.

Es oportuno mencionar que en un trabajo previo [23], los autores del presente trabajo realizaron una medición de performance del *SourceAFIS* y calcularon las tasas de error FAR y FRR del mismo sin tener en cuenta lecturas reales de huellas dactilares.

Las pruebas de FAR y FRR fueron conducidas utilizando una colección de imágenes de huellas dactilares disponible en el sitio de *SourceAFIS* [17]. El ensayo consistió en realizar modificaciones de brillo, contraste, rotación y traslaciones horizontales y verticales a un sub-conjunto de esas huellas y posteriormente intentar Identificarlas en el *SourceAFIS*. Los peores valores obtenidos para el FRR y FAR, en un rango de variación de imágenes del orden del +/- 40%¹⁰ en relación a la original, fue de 0,8% en ambos índices, los mejores resultados fueron igual a 0% [23].

La prueba de performance se realizó tomando un conjunto de huellas válidas de la base de datos para su identificación y midiendo el tiempo de respuesta para distintos tamaños de base de datos. Los resultados obtenidos mostraron que en un computador portátil de uso doméstico, en el rango medido, el rendimiento se degrada linealmente conforme la base de datos crece de tamaño, siendo 0,51449 seg. el valor máximo, Esto corresponde a una base de datos de 245 personas [23].

5.2 Mediciones de FAR y FRR

Las mediciones de FAR y FRR para la propuesta de integración se condujeron en un proceso que consta de dos fases, una primera que consiste en enrolar a personas en la base de datos del *SourceAFIS*, y una segunda, donde un sub-conjunto de las personas

¹⁰ +/- 40 grados en las pruebas de rotación.

enroladas realiza intentos de Identificación. Cada intento de Identificación puede tener sólo uno de los tres posibles resultados que se muestran a continuación:

1. Se encuentra al individuo.
2. Se encuentra a un individuo que no corresponde (error asociado al FAR).
3. No se encuentra al individuo (error asociado a FRR).

La base de datos de imágenes de huellas dactilares está conformada por dos grupos de personas: uno compuesto por 245 personas anónimas, cuyas imágenes fueron descargadas del sitio de *SourceAFIS* [17] y un segundo grupo de personas que fueron enroladas específicamente para esta medición. El banco de imágenes de huellas de *SourceAFIS* tiene ocho dedos por cada persona.

Las fases de las mediciones se detallan a continuación:

1. Fase de enrolamiento.

(a) Grupo A. Se procedió al enrolamiento de personas anónimas en base a una colección de imágenes de huellas dactilares disponibles en el sitio de *SourceAFIS*. Las mismas fueron identificadas como: `personXXX`, donde `XXX` es un número variable de 1 a 245.

(b) Grupo B. Adicionalmente, se enrolaron a 20 personas¹¹, cada una aportó ocho huellas dactilares de dedos diferentes, en consecuencia, se mantuvo la misma estructura que el Grupo A. Los meñiques no fueron incluidos en la prueba. En esta etapa del proceso no se realizó control de calidad alguno sobre las imágenes enroladas, el ensayo se limitó a tomar la primera imagen de cada huella dactilar de cada individuo¹².

2. Fase de Identificación

(a) Luego del Enrolamiento, se realizaron 60 búsquedas de tipo 1:N de las personas del Grupo B. Cada persona realizó tres intentos de Identificación, para los que utilizó tres dedos diferentes a elección.

(b) Cada intento de Identificación fue registrado como OK, *False Acceptance* (FA) y *False Rejection* (FR) según el éxito o tipo de fracaso detectado.

Los resultados de ésta experiencia mostraron 2 errores de tipo FA y 8 errores de tipo FR, lo que da una tasa FRR del 3.33% y una tasa FAR de 3,33%.

¹¹ Formado por miembros del equipo del Departamento de Informática de la Facultad Politécnica-UNA que accedieron voluntariamente a ceder la imagen de sus huellas dactilares para estas mediciones.

¹² El mecanismo de Enrolamiento propuesto permite establecer una línea base que sirva como referencia, en términos de FAR y FRR, a ampliaciones futuras del componente de integración. El cual deberá igualar o superar los indicadores medidos en esta prueba al incorporar funcionalidades de control de calidad.

El lector de huellas dactilares utilizado en el desarrollo del Integrador y en las mediciones realizadas fue el *Digital Persona U.are.U 4500*¹³ el cual tiene soporte de drivers en *fprint* [20].

6 Conclusión

En el marco de la identificación automatizada de personas por huellas dactilares, el presente trabajo muestra que es posible integrar al *fprint* y al *SourceAFIS*, dos herramientas con licencia de software libre, con el fin de obtener una solución AFIS que pueda ser utilizada para la Identificación de personas.

Efectivamente, si se utiliza al *fprint* para la captura de las imágenes de huellas dactilares y al *SourceAFIS*, para las tareas de Enrolamiento, extracción y almacenamiento de información biométrica, y búsquedas, es factible integrar con un componente que se encargue de realizar las llamadas apropiadas a cada herramienta y tomar la información del usuario.

Las tasas de error FAR y FRR medidas en los ensayos de calidad, alcanzaron índices equivalentes a 3,33% y 13,33% respectivamente, es oportuno notar que éstos índices son superiores a los medidos en un trabajo previo de los autores, donde los valores medidos alcanzaron 0,8% en ambos índices. Esto señala la necesidad de incorporar procesos de control de calidad de las imágenes capturadas en la etapa de enrolamiento.

En tal sentido, los valores obtenidos sirven para conformar una línea base que debe ser superada al implementar funcionalidades de control de calidad de imágenes de huellas dactilares en la solución de integración.

En consecuencia, la solución planteada en este trabajo se muestra promisorio y señala un camino válido para el desarrollo de una solución AFIS de tipo software libre que consista en la integración de soluciones existente.

Los trabajos futuros para lograr un producto de altas prestaciones y que pueda ser considerado como alternativa frente a las soluciones de software privativo, se resumen en la siguiente lista:

- Investigar buenas prácticas de control de calidad de imágenes de huellas dactilares para la etapa de enrolamiento e incorporar esas funcionalidades en el Integrador.
- Cambiar el mecanismo de integración entre *fprint* y *SourceAFIS* utilizando alguno de los estándares mencionados en la sección 2.2 en vez de utilizar un archivo plano con una estructura propia.
- Realizar la comunicación entre ambas soluciones utilizando una capa de servicios.

¹³ Detalles técnicos del producto pueden encontrarse en: <http://www.digitalpersona.com/U-are-U-4500-Fingerprint-Reader/>

- Ampliar las funciones que pueden realizarse a otras adicionales como: Modificación de la información de la persona, adición o cambio de huellas dactilares, borrado de personas, entre otros.
- Crear una capa de seguridad que permita validar si el usuario que realiza la operación tiene permisos adecuadas para realizarla.
- Integrar la solución con un motor de base de datos relacional en vez de utilizar archivos planos.

Agradecimientos. Se agradece la colaboración del equipo de trabajo del Departamento de Informática de la Facultad Politécnica-UNA por su constante apoyo y colaboración con la provisión de huellas dactilares utilizadas en las mediciones.

Referencias.

1. V. Chu, G. Rajendran “Use Of Biometrics”. TechCast Article Series. EEUU. The George Washington University. 2009.
2. A. Jai., L. Hong, R. Bolle. “On-Line Fingerprint Verification”. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 19, no 4. 1997.
3. Information Technology Laboratory. “NIST Fingerprint Testing and Standards”. 1997.
4. A. Rosales. “Clasificación de Huellas Digitales Mediante Minucias”. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). 2009.
5. R. Ayoub, C. Rodriguez. “A Best Practices Guide to Fingerprint Biometrics Ensuring a Successful Biometrics Implementation”. Mountain View, EEUU: Frost & Sullivan. 2011.
6. Licitación Pública Nacional N° 01/10 “Adquisición de un Sistema Automático de Reconocimiento por Huella Dactilar, A.F.I.S.”. Paraguay. 2010.
7. Licitación Pública Nacional N° 07/12 “Servicios de Digitalización de Prontuarios y Actualización de Datos del Sistema A.F.I.S”. Paraguay. 2012.
8. Licitación Pública 13/12 “Ampliación del sistema de identificación criminal por huellas dactilares (a.f.i.s.) - ad referendum”. Paraguay. 2012.
9. Licitación pública nacional N° 48/12 “Adquisición de Sistema AFIS para Control de Acceso por Relojes Biométricos del IPS”. Paraguay. 2012.
10. Subasta a la baja electrónica N° 224371 “Adquisición de Sistema de Reconocimiento de Huellas Dactilares”. Paraguay 2011.
11. Plan Director TICs. “Documento Técnico Plan Director TICs” Paraguay. 2011.
12. Facultad Politécnica, Centro Nacional de Computación. “Consultoría sobre Infraestructura e Ingeniería de Software para el Sistema de Gestión Hospitalaria”. Paraguay. Julio 2012.
13. <http://www.sourceafis.org/blog/>. Extraído el 20 de febrero de 2013.
14. <http://www.freedesktop.org/wiki/Software/fprint>. Extraído el 20 de febrero de 2013.
15. <http://www.nist.gov/itl/iad/ig/mbark.cfm>. Extraído el 11 de marzo de 2013.

16. <http://openafis.sourceforge.net/>. Extraído el 11 de marzo de 2013.
17. <http://sourceforge.net/projects/sourceafis/files/?source=navbar>. Extraído el 20 de febrero de 2013.
18. L. Rosen. “Open source licensing. Software freedom and intellectual property law”. Prentice Hall PTR. 2005
19. http://www.mono-project.com/Main_Page. Extraído el 9 de marzo del 2013.
20. <http://www.freedesktop.org/wiki/Software/fprint/libfprint/Supported%20devices>. Extraído el 20 de febrero de 2013.
21. <http://www.gtk.org/>. Extraído el 9 de marzo de 2013
22. <http://www.freedesktop.org/wiki/Software/dbus>. Extraído el 9 de marzo de 2013.
23. R. Cristaldo, C. Villalba, E. Méndez, G.González. “Identificación de pacientes utilizando biometría en el Hospital de Clínicas”. Departamento de informática, Facultad Politécnica – UNA. Paraguay. 2013
24. Information Technology Laboratory. “Fingerprint Vendor Technology Evaluation 2003 - Appendix F. Participant Responses”. 2003.