

## **Estrategia de migración de un Sistema Legado utilizando la Metodología “Chicken Little” aplicada al Sistema de Bedelías de la Universidad de la República de Uruguay**

Cristina González, Mariela De León,

Servicio Central de Informática de la Universidad de la República,  
Colonia 2066, Montevideo, Uruguay,  
cristina.gonzalez@seciu.edu.uy, mariela.deleon@seciu.edu.uy

**Resumen.** En este trabajo se presenta la estrategia utilizada en la Universidad pública de la República Oriental del Uruguay (Udelar) en el proyecto de cambio de su Sistema legado de Bedelías (SGB) a uno nuevo (SGAE). El mismo es considerado uno de los sistemas de gestión más importante y fundamental de la organización. En dicho sistema se registra, desde hace más de 15 años, toda la actividad de los estudiantes así como su egreso. Este sistema administra el 83% del estudiantado universitario y el 75% de los profesionales del país [1]. Es considerado por tanto un sistema de misión crítica. Al momento de abordar un proyecto de cambio de la envergadura de este sistema, el área central de informática de la Universidad, se enfrentó a la necesidad de idear una estrategia de implementación del proyecto que le permitiera transitar gradualmente del sistema legado a uno nuevo con los recursos técnicos disponibles y con el menor impacto posible. Es así que los informáticos analizaron metodologías de migración de sistemas legados y decidieron utilizar la metodología Chicken Little para el despliegue del nuevo Sistema de Bedelías de la Universidad. Pero una metodología de diseño puramente informático debe ser acompañada con una metodología de gestión del proyecto que permita avanzar definiendo objetivos alcanzables a corto plazo, que mantenga la motivación de los usuarios involucrados así como la de los integrantes del staff, en un proyecto considerado de largo alcance. Asimismo debe permitir también la revisión e incorporación de funcionalidades en cada etapa a definir. Aquí se muestra una posible combinación de aplicación de la metodología Chicken Little con una metodología de gestión de proyecto que desarrollada en el caso de un sistema complejo de la Universidad ha resultado una combinación que le permite a la organización avanzar en las etapas definidas del proyecto y transitar exitosamente por el cambio.

**Palabras Clave:** Chicken Little, migración sistema legado, sistema misión crítica, gestión proyecto, sistema bedelías, sistema de gestión de la enseñanza.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software.

### **1 Introducción**

La metodología propuesta en éste artículo surge y está siendo aplicada en el proyecto SGAE de implantación del nuevo Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza de la Universidad de la República de Uruguay – Udelar.

La Udelar es una institución de educación terciaria que se organiza en facultades y escuelas que se agrupan en áreas de conocimiento (ver sección Caso de estudio en números).

Como parte de la política de descentralización de la Udelar las facultades y escuelas tienen representación en centros distribuidos en todo el interior del país organizados en centros regionales. En estos centros regionales se dicta parte de la oferta académica que también se dicta en las facultades y escuelas de referencia académica ubicadas en la capital del país. Estas facultades, escuelas y centros regionales se denominan en el Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza, servicios.

Las oficinas de bedelías de los distintos servicios son las que realizan la gestión de toda la oferta académica de la institución y atienden pedidos de información de las áreas de apoyo a la enseñanza para ser utilizada en la toma de decisiones. Las bedelías son el primer contacto del estudiante con la institución a la cual ingresan para cursar alguna de sus múltiples carreras.

Un estudiante puede inscribirse a una carrera, por ejemplo: en el servicio Facultad de Derecho y el mismo año o el año siguiente inscribirse en el servicio Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación para cursar otra carrera.

La Udelar es además una institución pública que recibe estudiantes de distintas instituciones públicas y privadas de educación media, por lo tanto es común que los estudiantes se inscriban a más de una carrera ya que además la institución es de acceso gratuito en todas sus carreras de grado. Desde hace varios años la institución plantea el concepto de estudiante Udelar en lugar del concepto de estudiante por servicio ya que los estudiantes describen trayectorias de estudio que atraviesan los distintos servicios. Para apoyar este concepto se presenta la necesidad de un cambio en su sistema de gestión, para que centralice la información de todos los servicios en un único repositorio central donde el estudiante pase a ser único.

El Sistema de Gestión de Bedelías – SGB es el sistema legado que está siendo reemplazo por el SGAE, es un sistema considerado de gran porte, transversal (utilizado por todas las bedelías de todos los servicios de la Udelar) y de misión crítica para la institución que tiene más de 15 años en producción.

El SGB es un sistema de gestión descentralizada con datos comunes descentralizados, cada servicio de la Udelar tiene un servidor con una instancia de SGB. Los distintos servidores SGBs no se comunican entre si y la información está compartimentada, cada servicio accede al conjunto de datos que ingresa y gestiona.

El SGB utiliza los siguientes conceptos: i) el estudiante es estudiante de un servicio (facultad o escuela), ii) si una carrera es compartida entre más de un servicio entonces la información se ingresa en los SGBs de ambos servicios, con lo que se tiene redundancia de datos, iii) en SGB toda oferta académica es una carrera y por ejemplo los Ciclos Iniciales Optativos que tienen una formación común a un área de conocimiento y que permiten el ingreso posterior a cualquiera de las carreras de un área son modelados como carreras, iv) si un estudiante realiza actividad en un servicio que luego le sirve para la carrera que cursa en otro servicio (la denominada movilidad horizontal del estudiante) la actividad es ingresada por las bedelías de cada servicio en su SGB, con lo que se tiene también redundancia de datos.

El SGAE por otro lado es un sistema de gestión descentralizada con datos centralizados, compartiendo información. El SGAE utiliza los siguientes conceptos: i)

estudiante de la Udelar, ii) carreras de la Udelar, iii) Ciclos iniciales optativos como opciones de ingreso a las carreras de un área específica como nuevas entidades, iii) movimiento horizontal de estudiantes, un estudiante puede tomar materias para una carrera dictada por un servicio en distintos servicios de la Udelar, iv) planes personalizados por estudiante, v) distintos perfiles en planes de una carrera.

El resto de este trabajo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta un resumen de las metodologías para la migración de sistemas legados, en la sección 3 la propuesta institucional de trabajo para la migración al nuevo sistema, en la sección 4 y 5 los procesos de migración y sincronización respectivamente, en la sección 6 el marco de trabajo con los usuarios del sistema, en la sección 7 se presenta la metodología para la gestión del proyecto para la migración del sistema legado al nuevo sistema, en la sección 8 el equipo de trabajo del proyecto, en la sección 9 el caso de estudio en números y por último en la sección 10 las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Resumen de metodologías para la migración de sistemas legados

Los problemas principales que afrontan las organizaciones con sus sistemas legados son los siguientes: i) los sistemas corren en hardware obsoleto que es caro y difícil de mantener, ii) el mantenimiento del software es caro y hacer arreglos de errores consume tiempo y dinero ya que es poca o no existe documentación de los mismos, iii) el personal técnico capacitado es escaso y es difícil conseguir nuevos recursos con experiencia en tecnologías obsoletas, iv) la interacción con otros sistemas se vuelve compleja ya que no se cuenta con interfaces apropiadas para la comunicación y v) por otra parte los datos que maneja el sistema son muy importantes para la organización y mantenerlos seguros y respaldados también es una complicación si los mismos se encuentran en tecnologías obsoletas.[2][3]

A continuación se presentan un conjunto de metodologías para migración de sistemas legados.

El método **Forward Migration** [4] propone que la base de datos se migra primero, los datos del sistema legado se pasan probablemente a un manejador de base de datos moderno y luego de forma incremental se migran las aplicaciones legadas y las interfaces. Esta metodología se basa en un Forward Gateway (un mediador entre el sistema legado y el nuevo sistema) que permite a las aplicaciones legadas acceder a la base de datos del nuevo sistema. El Gateway traduce y redirige las llamadas de las aplicaciones legadas hacia la nueva base de datos y a su vez los resultados devueltos por la base de datos son traducidas para que puedan ser usados por el sistema legado.

El método **Reverse Migration** [4] propone que la base de datos se migra al final, las aplicaciones legadas se migran gradualmente a la plataforma del nuevo sistema mientras que la base de datos permanece en la plataforma original. La migración de la base de datos del sistema legado es el último paso del proceso de migración. Esta metodología se basa en un Reverse Gateway que permite que las nuevas aplicaciones accedan al ambiente de base de datos del sistema legado. El Gateway se usa para convertir llamadas de las nuevas aplicaciones y redirigirlas al servicio de base de

datos del sistema legado. El Reverse Gateway sera responsable por mapear el esquema de la nueva base de datos a la base de datos legada. Este mapeo puede ser complejo y lento y por lo tanto puede afectar los tiempos de respuesta de la nueva aplicación.

En ambos métodos de migración (Forward y Reverse), la migración de los datos puede llevar un tiempo significativo y durante ese tiempo el sistema legado estará inaccesible. Cuando nos encontramos con la migración de sistemas de misión crítica esto puede ser inaceptable.

La metodología **Chicken Little** [5][6] propone una estrategia genérica de migración de 11 pasos que utilizan gateways. En este método, el sistema legado y el nuevo sistema operan en paralelo durante la migración. Inicialmente el sistema destino (nuevo sistema) probablemente tenga pocas funcionalidades y cuente con una base de datos pequeña. Sin embargo a medida de que la migración avanza el sistema destino crece en tamaño, hasta que en determinado momento ofrece todas las funcionalidades previstas y el sistema legado puede ser apagado.

Durante el proceso de migración, el sistema de información de misión crítica está compuesto por el sistema legado y el sistema destino que usan gateways para proveer la interoperabilidad necesaria.

En la metodología Chicken Little los datos se guardan en ambos sistemas y debido a esto en muchos casos se debe introducir un gateway que coordine la consistencia de los datos entre ambos, esto introduce una complejidad técnica importante.

La metodología Chicken Little fue tomada como referencia para la migración del sistema legado SGB al nuevo sistema SGAE, en el marco del proyecto de implantación del nuevo sistema en la Udelar.

La metodología **Cold Turkey** [5][6] propone que el sistema legado tiene que ser reescrito y que todos los datos tienen que ser migrados en una operación masiva. En esta estrategia el riesgo es alto ya que el desarrollo de un nuevo sistema de gran porte puede llevar muchos años y en el camino los distintos factores que afectan al sistema podrían cambiar.

La metodología **Butterfly** [7][8] tiene como objetivo principal migrar un sistema legado de misión crítica a un sistema destino, de forma simple, rápida y segura. La metodología elimina durante el proceso de migración la necesidad de acceder simultáneamente a ambos sistemas (legado y destino), y por lo tanto evita la complejidad de mantener consistencia entre ambos sistemas de información.

La metodología Butterfly divide la migración del sistema legado en 6 fases, en particular la fase 4 refiere a la migración de los datos.

La metodología Butterfly durante la migración guarda los datos vivos del lado del sistema legado y por lo tanto el sistema destino no estará en producción hasta que el proceso de migración completo finalice. Esta es una diferencia con respecto a los enfoques basados en gateway donde los datos vivos están distribuidos en ambos sistemas (legado y destino) durante la migración.

### **3 Propuesta institucional de trabajo para la implantación del nuevo sistema**

La metodología propuesta tiene como objetivo realizar la migración y puesta en producción del SGAE (Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza), a partir de los datos existentes en el sistema legado SGB (Sistema de Gestión de Bedelías) de forma de minimizar el impacto del cambio.

La metodología se basa en una serie de etapas incrementales en funcionalidad donde cada etapa es aplicada a todos los servicios de la Udelar al mismo tiempo. Las etapas migran y hacen sincronización de un grupo de entidades hasta llegar a la etapa final donde el SGB se apaga y el SGAE pasa a ser el sistema titular en producción.

A continuación, se presenta la planificación de liberación de funcionalidades del sistema SGAE, que está basada en liberar a los usuarios funcionalidades siguiendo un criterio de precedencia que considera primero lo básico que una bedelía tiene que definir para dar inicio a una gestión de estudiantes.

**Etapas 1:** Definición de la oferta académica y sistemas de previaturas. Los usuarios pueden definir en el SGAE carreras, planes de estudio, títulos y materias (unidades curriculares que forman los distintos planes de estudio). El sistema permite la definición de los distintos sistemas de previaturas que rigen la cursada de las materias dentro de un plan de estudio determinado.

**Etapas 2:** Ingreso de estudiantes, inscripciones a carreras, ciclos iniciales optativos y perfiles y cambios de plan. Registro de egresos a los distintos títulos (títulos totales, parciales y certificados) según las condiciones de obtención definidas para los mismos.

**Etapas 3:** Entrega de escolaridad por SGAE, para eso es necesario el pasaje de todas las actividades de los estudiantes de cada uno de los SGBs a la base centralizada del SGAE con su previa unificación de datos.

**Etapas 4:** Inscripciones a cursos y exámenes en las distintas unidades curriculares que forman los planes de estudio de cada una de las carreras dictadas en la institución. Las inscripciones se realizan en su mayoría por parte de los propios estudiantes a través de la nueva autogestión estudiantil del SGAE.

**Etapas 5:** Pasaje y Emisión de actas, Control de Inhabilitados y Generación de actividades por cambios de plan o reválidas.

Dado que las bedelías son la puerta de entrada de los estudiantes a la Udelar el sistema SGB es considerado un sistema transversal y de misión crítica para la institución. El sistema apoya la gestión de la actividad estudiantil así como también el registro y gestión de sus egresados. La información en el sistema permite la inscripción a las distintas carreras que ofrece la Udelar en cada uno de sus servicios, la inscripción a cursos y exámenes, la emisión de la escolaridad estudiantil y la gestión del egreso previo a la emisión de los títulos universitarios.

En situaciones similares donde otros sistemas transversales de la institución fueron reemplazados la metodología aplicada se basaba en seleccionar un conjunto acotado de servicios para poner en producción el sistema. Luego de finalizada la implantación en los servicios seleccionados se pasaba a elegir un nuevo conjunto de servicios hasta cubrir la totalidad de los mismos. Esta metodología de trabajo requería que el sistema a implantar estuviera completamente finalizado y que todos los requerimientos fueran conocidos al inicio. Las particularidades de cada servicio no podían ser conocidas en

su totalidad hasta que el servicio pasaba a integrar el conjunto de servicios en producción.

La nueva metodología propuesta que lleva el SGAE a la vez a las bedelías de todos los servicios de la Udelar presenta las siguientes ventajas y desventajas.

**Ventajas:** Todos los servicios de la Udelar tendrán en una etapa temprana contacto con el SGAE lo que permitirá obtener retroalimentación de los usuarios y paulatinamente conocer las particularidades de cada uno. Esto es muy importante teniendo en cuenta que el sistema atiende bedelías de áreas tan distintas como la Facultad de Psicología, la Facultad de Derecho, la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Medicina entre otros. En poco tiempo será posible dar visibilidad a las autoridades del nuevo sistema de forma de contar con su patrocinio y apoyo. El nuevo sistema se puede ir desarrollando o ajustando a medida que se va implantando.

**Desventajas:** Es necesario que el equipo de expertos en el SGAE que trabaja con el equipo de técnicos informáticos de migración/implantación tenga una contraparte (por lo menos una) por servicio que esté involucrada en el proyecto para brindar apoyo a los usuarios de todas las bedelías y realizar las tareas de seguimiento de cada una de las etapas, de forma de que todos los servicios lleven el mismo ritmo de trabajo. Es necesario desarrollar componentes de software (Gateways) que tendrán un uso limitado en el tiempo para poder mantener la sincronización entre el sistema legado SGB y el nuevo sistema SGAE. Estos componentes serán descartados una vez que el sistema legado se apaga.

La propuesta se apoya en el diseño e implementación de distintos tipos de componentes ETL (extracción, transformación y carga por sus siglas en inglés). Se necesitan ETLs: i) para realizar la migración central de datos de cada etapa, ii) para la actualización periódica posterior a la migración (sincronización inversa), iii) para la actualización en tiempo real que dado un nuevo ingreso y/o modificación en la base del SGAE actualice de forma automática, luego de aplicar una transformación la base del SGB. Los ETLs requieren conectividad continua entre las bases del SGAE y el SGB lo que requiere cambios en la infraestructura.

## 4 Los procesos de migración

Los procesos de migración [9] de datos se elaboran previo a la salida de una etapa y son ejecutados por única vez. Estos procesos realizan extracción de datos correspondientes a las entidades de la etapa, trabajan a partir de un respaldo completo y congelado de cada una de las instancias SGB existentes (una por servicio), o sea a partir de una foto al día de la migración de todos los datos. Con los datos extraídos y posiblemente con información complementaria relevada en campañas de datos con los usuarios, se aplican transformaciones para llevar los datos al formato de la base de datos del SGAE. Al finalizar la ejecución de una migración de datos las tablas de SGAE correspondientes a la etapa quedan pobladas con la información que estaba en los SGBs a la fecha. A su vez la migración completa las tablas de mapeo existentes en un esquema auxiliar (de nombre MAP\_UNIF) que se utiliza para indicar que entidad/es SGB se corresponden con que entidad/es SGAE y se utiliza para identificar que entidades SGB ya fueron migradas. Si una entidad SGB está mapeada entonces

ya fue migrada. Este esquema auxiliar y sus tablas de mapeo también son utilizados por los procesos de sincronización.

La depuración y unificación de los datos se realiza previa, durante y posteriormente a la migración implementando en el SGAE funcionalidades específicas para que los usuarios puedan unificar sus datos luego de migrados. Las funcionalidades se centran en la unificación de unidades curriculares y estudiantes donde se requiere interacción de un usuario con conocimiento del dominio de los datos. A continuación se presenta un diagrama de la arquitectura de la migración de datos de una etapa.

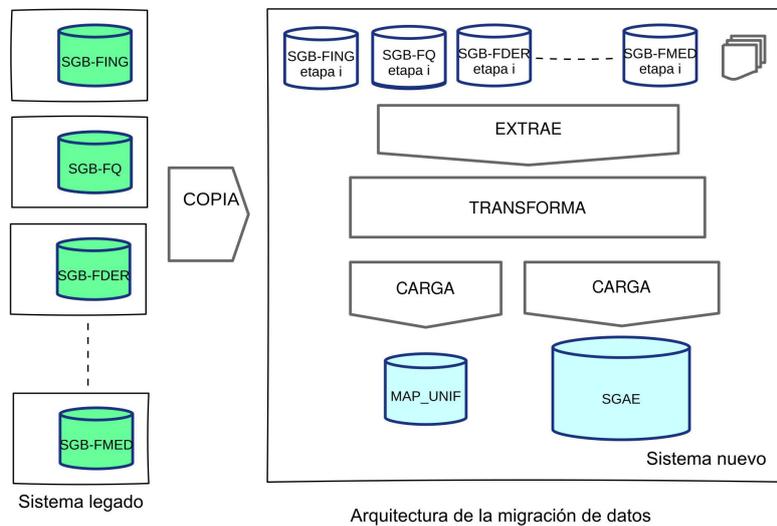
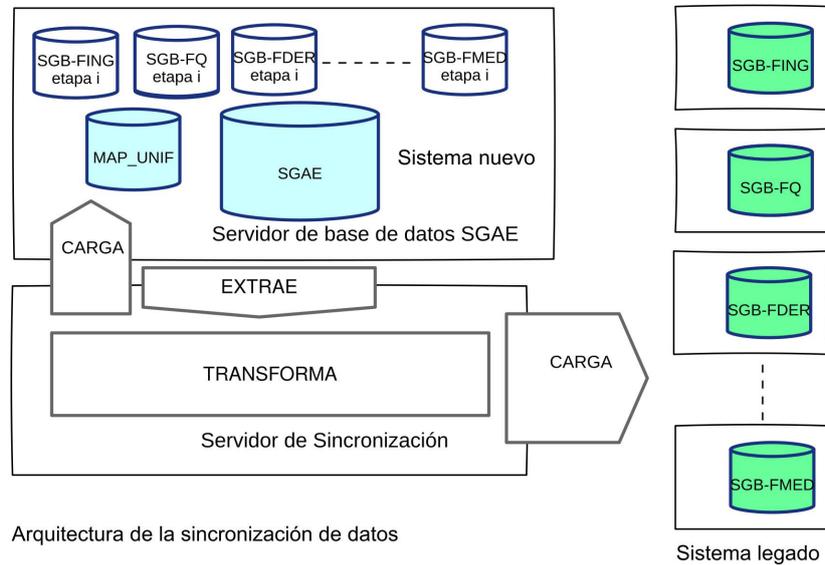


Fig. 1. Arquitectura de la migración de datos.

## 5 Los procesos de sincronización (Gateways)

Los procesos de sincronización son parte fundamental de la metodología aplicada en la migración de datos entre el SGB y el SGAE. La necesidad de esta sincronización surge a partir de la propuesta de migración e implantación del SGAE basada en etapas incrementales en las cuales se van liberando funcionalidades para que el SGAE vaya sustituyendo paulatinamente al SGB. La idea es implementar procesos ETL (extracción, transformación y carga) que se ejecuten periódicamente, por ejemplo cada 20 minutos o una vez al día, los cuales extraigan datos de una de las bases de datos de gestión, que será el origen, SGB o SGAE, dependiendo del sentido de la sincronización y los carguen en las tablas correspondientes de la base destino. A continuación se presenta un diagrama de la sincronización de datos de una etapa.



**Fig. 2.** Arquitectura de la sincronización de datos..

El objetivo de los ETL de sincronización es el de detectar novedades, en tablas del SGB que ya fueron migradas (de SGB a SGAE) y en tablas del SGAE correspondientes a funcionalidades para las cuales este pasó a ser el sistema titular (de SGAE a SGB), para mantener ambas bases de datos sincronizadas. Esto significa detectar: i) tuplas nuevas, ii) tuplas eliminadas y iii) tuplas modificadas [10][11].

## 6 Marco de trabajo con los usuarios

Como se mencionó anteriormente la aplicación de la Metodología Chicken Little de migración de sistemas legados de misión crítica, debe estar acompañada de un diseño de despliegue del proyecto dentro de la organización que acompañe la metodología y que permita mantener un ritmo de trabajo continuo y preserve la motivación de los usuarios y del equipo del proyecto involucrados en el cambio. En sistemas de gran porte y que abarcan toda la institución estos proyectos de cambio llevan años en completarse y por tanto el éxito del mismo está fuertemente ligado a la estrategia de gestión del mismo.

La metodología de trabajo es presentada a los usuarios de las bedelías previo a la salida con cada etapa en distintas reuniones planificadas. Las reuniones previstas son: las reuniones de campaña de datos, reuniones de validación, capacitaciones formales y reuniones de lanzamiento de las etapas.

Los usuarios desde el primer momento están al tanto sobre que funcionalidades tendrán disponibles en el SGAE luego de la puesta en producción de la etapa y que todas las bedelías de todos los servicios estarán involucradas.

El concepto fundamental es que a partir de la puesta en producción de la primera etapa del SGAE ambos sistemas SGB y SGAE se encontrarán trabajando juntos. Ambos serán los sistemas utilizados para llevar adelante la gestión estudiantil. Paulatinamente un sistema crece en funcionalidad (el SGAE) mientras otro (el SGB) se va dejando de usar hasta que llegue un punto en que se apaga.

### **6.1 Campañas de datos**

En las reuniones de campañas de datos se busca complementar la información disponible en las tablas del sistema SGB (estructura y datos) con el conocimiento que tienen de su realidad los usuarios de las bedelías. El significado que tiene para los usuarios tal o cual dato sirve para determinar si hay una necesidad específica que fue resuelta de forma artesanal en el SGB pero que podría estar dejando en evidencia un nuevo requerimiento para el SGAE [12]. Por ejemplo dos materias (asignaturas o unidades curriculares) que tienen exactamente el mismo nombre pero distinto código pueden indicar por ejemplo que es necesario que una materia tenga a lo largo del tiempo distinta forma de aprobación y el usuario para subsanar esta situación creó dos materias aunque lo que necesita es una materia con más de una forma de aprobación.

Por otro lado las reuniones de campañas de datos son útiles para relevar información cuyo registro permite el SGAE pero que hasta el momento el SGB no permitía y que por lo tanto cada bedelía llevó en algún tipo de registro independiente al SGB. Por ejemplo el SGAE introduce el concepto de carrera compartida que permite identificar aquellas carreras cuyos planes de estudio fueron elaborados por más de un servicio. En este caso en las reuniones de campañas de datos en planillas se registraba para cada carrera si era compartida o no, además de recabar la información de entre que servicios era compartida la misma. De esta manera al migrar la carrera desde el SGB al SGAE se adicionaba la información registrada en planillas resultado de las campañas de datos.

### **6.2 Instancias de validación**

Las instancias de validación tienen como objetivo: i) validar con los usuarios de las bedelías los datos migrados correspondientes a la etapa, ii) conocer los nuevos conceptos que podrán ingresar en el nuevo sistema y que no estaban disponibles en el SGB y iii) realizar una prueba exploratoria del nuevo sistema en las funcionalidades a liberar en la etapa para obtener retroalimentación del usuario final y poder aplicar mejoras antes de la puesta en producción de la etapa.

En las reuniones de validación de cada una de las etapas se repasa con los usuarios de las bedelías, que pueden ser públicos distintos en cada reunión, los principales conceptos del nuevo sistema. Estos conceptos son los siguientes: i) base de datos centralizada, ii) gestión descentralizada y iii) todos los datos disponibles en modo consulta para todos los servicios de la Udelar.

Estos conceptos son muy importantes ya que identifican claramente las diferencias con el sistema legado donde cada servicio tiene su propia base que es una instancia del sistema SGB y que debido al no estar comunicadas cada uno trabaja exclusivamente sobre sus propios datos pero no puede ver los datos de los demás servicios. Esta forma de trabajo pasó a no ser aceptable desde el momento que la Udelar ve al estudiante como único dentro de la institución y no compartimentado por servicio.

### **6.3 Capacitaciones formales**

En las capacitaciones formales que se dictan en semanas previas a la fecha de salida en producción con la etapa, se capacita en cada una de las funcionalidades que estarán disponibles en el menú del SGAE al día siguiente de la puesta en producción. Se dictan clases teóricas y prácticas donde los usuarios de las bedelías trabajan en un ambiente de capacitación que tiene además de las nuevas funcionalidades una migración preliminar de los datos. De esta forma los usuarios visualizan las nuevas funcionalidades con sus propios datos los que les permite un mejor entendimiento y les permite identificar como van a trabajar al salir en producción.

Las capacitaciones son dictadas por expertos funcionales en el SGAE que participan diariamente en la verificación y validación del mismo, elaborando los manuales de usuario y realizando sugerencias con el foco en el usuario. Estos expertos son además referentes de un conjunto de servicios y por lo tanto conocen de su oferta académica, de sus realidades y particularidades lo que facilita el dialogo y el dictado de la capacitación. En la capacitación participan usuarios de todas las bedelías de todos los servicios de la Udelar que realizan tareas de gestión en el SGB y que las realizarán en SGAE. En las capacitaciones formales también se registran en caso de que existan sugerencias de los usuarios que pueden ser en el futuro mejoras al sistema.

## **7 Metodología de Gestión del proyecto para la migración del SGB (sistema legado) al SGAE (nuevo sistema)**

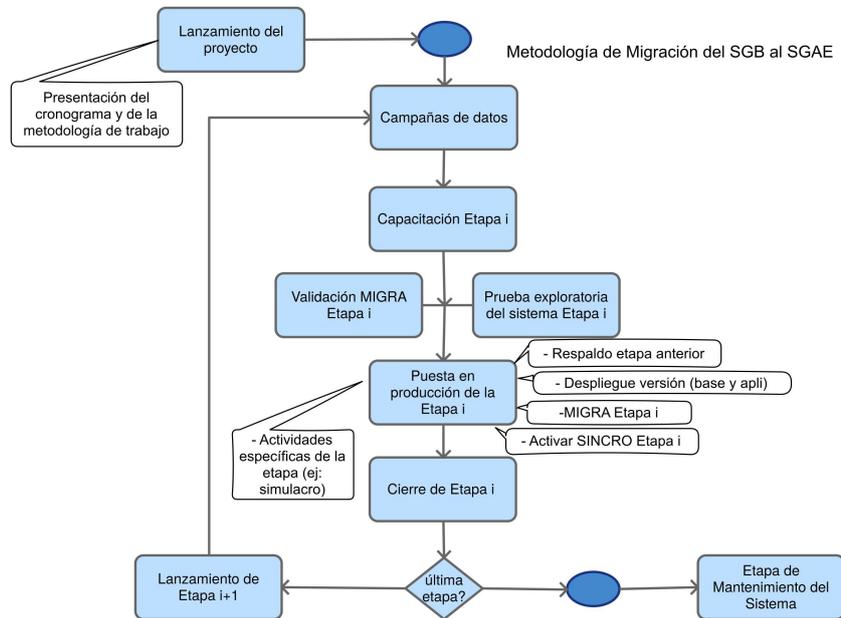
A continuación se presenta cada uno de los pasos que integran la metodología de forma de llegar a la puesta en producción de una etapa estipulada en el plan del proyecto SGAE.

Los pasos que forman la metodología propuesta que se aplica en cada una de las etapas son los siguientes:

- Se realizan campañas de datos donde se analiza junto con los funcionarios de las bedelías un conjunto de datos en los distintos sistemas legados. Estas instancias tienen como objetivo mejorar la calidad de los datos, entender la semántica de los mismos y realizar relevamiento de información que no existe en el sistema legado permitiendo completar nuevos atributos que introduce el SGAE.

- Se realizan migraciones de datos que son verificadas teniendo en cuenta las reglas de negocio del nuevo sistema por un equipo de verificación.
- El equipo de implantación que son los responsables de hacer llegar el SGAE a las bedelías. (funcionales y técnicos) realizan con los funcionarios de las bedelías instancias de validación de la migración y pruebas exploratorias de las funcionalidades del SGAE a incorporar en la etapa. Se registran errores encontrados en la migración. Se registran incidentes funcionales y sugerencias de mejora de los usuarios sobre el SGAE.
- Con el resultado de la validación se trabaja para obtener una versión candidata a salir en producción, tanto del sistema como de la migración.
- Sobre la versión candidata se realiza la capacitación a los funcionarios de la bedelías por parte del equipo funcional del SGAE. La capacitación cubre a todos los funcionarios encargados de realizar las tareas relacionadas a las funcionalidades del sistema incorporadas en la etapa.
- Se realiza la puesta en producción de la etapa. Se detienen ambos sistemas (legado y nuevo), se realiza la migración de los datos, se libera una nueva versión del sistema y se activan los procesos de sincronización correspondientes a la etapa. La puesta en producción se realiza generalmente en días no hábiles y el corte de operaciones dura entre 1 a 2 días máximo.
- Se realizan visitas a cada una de las bedelías de forma de apoyar la salida y presentar los cronogramas de trabajo correspondientes a la etapa. Los cronogramas tienen como objetivo establecer las tareas de unificación de datos y de definiciones que incorpora el nuevo sistema y que debido a su complejidad no fueron relevadas previo a la migración. Es el usuario que utilizando las funcionalidades del nuevo sistema realiza las definiciones sobre los datos migrados.
- Ejecución de la etapa: durante la ejecución se atienden solicitudes a través de la mesa de ayuda centralizada de la institución y se derivan al primer nivel de atención integrado por el equipo funcional del SGAE. En el segundo nivel de atención se encuentra el equipo técnico de implantación. Se atienden solicitudes relacionadas a la etapa actual y a todas las etapas que se encuentran en producción hasta el momento. Se atienden solicitudes relativas al SGAE así como también relacionadas a la sincronización con el sistema legado. Se realizan seguimientos del cronograma, los seguimientos son presenciales o por teléfono dependiendo las necesidades de los distintos servicios.

En la figura siguiente se presenta un diagrama de los pasos más importantes de la metodología de gestión del proyecto a través de los cuales se itera etapa tras etapa.



**Fig. 3.** Metodología de la migración de SGB a SGAE e etapas.

Previo a la salida con una etapa se realiza una reunión general de lanzamiento de la etapa donde se presenta a los usuarios y a las autoridades de los servicios que novedades trae la etapa y cuales serán los cronogramas de trabajo para la misma. Se explica que entidades serán migradas y como deberá trabajar la bedelía con ambos sistemas. Se explica además como trabajaran los procesos de sincronización, en que sentido llevarán los datos (de SGAE a SGB o a la inversa) y cada cuanto tiempo se ejecutarán los mismos.

Al finalizar una etapa se realiza una reunión general de cierre donde se presentan los resultados de la etapa, el avance de los cronogramas y las lecciones aprendidas. Si fuera necesario se determina las tareas que deben continuar en la etapa siguiente.

La metodología tiene previsto además pasos específicos para una determinada etapa como por ejemplo un simulacro de un hito importante en el trabajo diario de las bedelías. Este es el caso del ingreso de una nueva generación a la Udelar que sucede principalmente en febrero de cada año y donde la bedelía recibe en forma presencial en pocos días a un volumen importante de estudiantes para recibir documentación e inscribirlos a las distintas carreras de grado. Para simular esta instancia con el nuevo sistema se realizó un simulacro de inscripción donde las bedelías trabajaron durante 2 días en el nuevo sistema. Los principales objetivos del simulacro de inscripciones fueron: i) prepararnos para las inscripciones reales en febrero, ii) conocer el comportamiento del SGAE y de la sincronización (gateways) entre SGAE y SGB con todas las bedelías inscribiendo a la vez y iii) conocer la logística física utilizada durante las inscripciones (equipos, impresoras, etc).

El simulacro de inscripciones fue una prueba controlada del sistema ejecutada en el propio ambiente de producción que contó con la participación de todas las oficinas de bedelías de todos los servicios de la Udelar. Previamente al inicio del simulacro se respaldaron los datos del SGAE y se desactivaron los procesos de sincronización con el SGB. A continuación los usuarios de todas las bedelías simultáneamente realizaron inscripciones utilizando un juego de datos con la población de estudiantes a ingresar proporcionado por el equipo de implantación. Por su parte cada bedelía definió las inscripciones a realizar contemplando su realidad específica y las nuevas posibilidades que ofrece el SGAE. Luego de finalizado el simulacro se restauró el respaldo de datos para volver al estado previo al simulacro y se activó nuevamente la sincronización entre SGAE y SGB.

Durante el simulacro el SGAE estuvo bajo y el SGB solo se utilizó para tareas que no estuvieran relacionadas a inscripciones. Los servicios contaron con apoyo en sitio de un integrante del equipo de implantación o del equipo de verificación, quienes asesoraron y registraron cualquier comportamiento inesperado del sistema.

El simulacro fue exitoso ya que contó con la participación del 100% de los servicios, en 4 horas de simulacro se realizaron del orden de 5000 inscripciones y en un momento determinado llegaron a estar trabajando en el sistema a la vez 100 usuarios. El simulacro dejó como resultado una lista de sugerencias de mejoras planteadas por los usuarios que permitieron ajustar el sistema para las inscripciones reales de febrero del año siguiente. Los usuarios llegaron a febrero con mayor seguridad ya que conocían como trabajar en el SGAE en una situación similar.

## **8 Equipo de trabajo**

El proyecto SGAE tiene como principal objetivo implantar de forma completa en todos los servicios de la Udelar el nuevo Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza y realizar el mantenimiento del mismo hasta completar la liberación en producción de todas las etapas previstas.

El equipo de implantación está formado por dos equipos: equipo funcional y ii) equipo técnico, y un coordinador del equipo de implantación con roles técnicos y funcionales.

El equipo funcional está integrado por técnicos en administración quienes participan de la verificación del sistema, para de esta manera conocer el SGAE en forma temprana. Realizan los instructivos y manuales de usuario, dictan la capacitación a los usuarios finales y son el primer nivel de atención. En el equipo funcional se encuentran los expertos en el SGAE. Cada integrante del equipo funcional es referente de un conjunto de servicios de la Udelar y conocen su realidad y particularidades.

El equipo técnico está integrado por informáticos quienes programan y ejecutan la migración de datos, programan la sincronización entre ambos sistemas y son el segundo nivel de atención. El equipo técnico conoce el modelo de datos del SGAE y del sistema legado, conocen la arquitectura de la solución y realizan el despliegue de las distintas versiones del SGAE. Es el encargado de mantener los distintos ambientes

de verificación (funcional, de performance, de migración), de pre-producción, capacitación y producción.

El coordinador del equipo de implantación es el referente de ambos equipos y por lo tanto debe conocer las funcionalidades del sistema, la arquitectura de la solución incluyendo la migración y sincronización. Es el responsable de interactuar con otros equipos del proyecto (equipo de desarrollo, equipo de verificación, equipo de soporte e infraestructura, equipo de mantenimiento del sistema legado, equipo de mesa de ayuda central). El coordinador trabaja junto con el equipo funcional en las instancias de validación y responde frente a los usuarios finales. Es referente del equipo técnico y participa del análisis y diseño de alto nivel de la solución.

En el proyecto SGAE participan además del equipo de implantación, el equipo de desarrollo del nuevo sistema, el equipo de verificación, el equipo de soporte e infraestructura, el equipo de mesa de ayuda central y el equipo de mantenimiento del sistema legado. Toda esta gente junto con los referentes de cada una de las bedelías hacen día a día el SGAE. En el siguiente diagrama se presenta la conformación del equipo del proyecto.

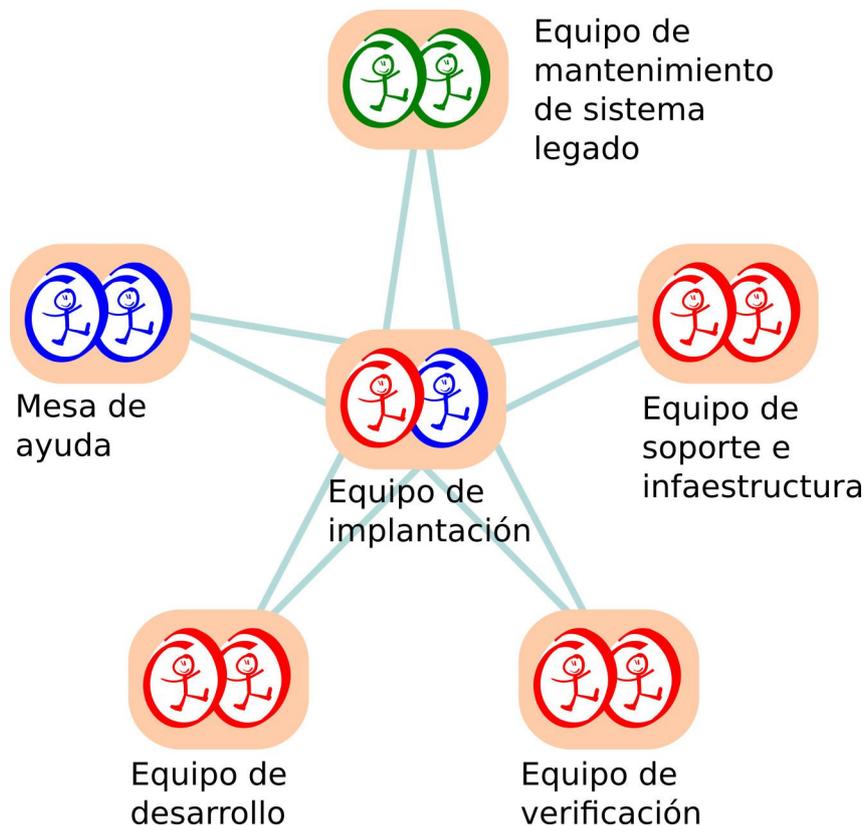


Fig. 4. Equipo de trabajo del proyecto.

La cantidad de recursos (técnicos y funcionales) con los que cuenta cada equipo es la siguiente: i) equipo de implantación: 8 técnicos y 4 funcionales, ii) equipo de desarrollo: 20 técnicos, iii) equipo de verificación: 8 técnicos, iv) equipo de soporte e infraestructura: 4 técnicos, v) mesa de ayuda: 6 funcionales (compartidos con otros proyectos ya que es la mesa de ayuda central de la institución) y vi) equipo de mantenimiento del sistema legado: 3 técnicos.

## 9 Caso de estudio en números

La metodología propuesta se comenzó a aplicar en mayo de 2015 para la puesta en producción del SGAE en todas las bedelías de la Udelar.

La Udelar es una institución de educación pública terciaria que tiene del orden de 100.000 estudiantes activos en su oferta académica del orden de 400 carreras distribuidas en: i) carreras de grado, ii) carreras técnicas y tecnológicas, iii) títulos intermedios, iv) títulos pre-universitarios y v) carreras de posgrado (doctorados, maestrías y diplomas). Se registran en el entorno de 25.000 ingresos a carrera por año y egresan 6000 profesionales por año.[13]

La Udelar está formada por 26 servicios, tiene del orden de 15.500 funcionarios correspondiendo el 63% a personal docente y el 37 % a funcionarios técnicos, administrativos, de servicios, pasantes y becarios.[14] De estos funcionarios 200 aproximadamente corresponden a funcionarios de las oficinas de bedelías de los distintos servicios que son usuarios finales del sistema legado y del SGAE.

A continuación se presenta el cronograma general del proyecto que actualmente se encuentra en ejecución y tiene previsto finalizar en mayo de 2018.

- Etapa 1: Lanzamiento: Mayo 2015 Duración: 5 meses
- Etapa 2: Lanzamiento: Setiembre 2015 Duración: 5 meses
- Etapa 3: Lanzamiento: Mayo 2016 Duración: 8 meses
- Etapa 4: lanzamiento: Abril 2017 Duración prevista: 5
- Etapa 5: Lanzamiento: Setiembre 2017 Duración prevista: 8 meses
- Fin del proyecto: Mayo 2018

El cronograma refleja meses de trabajo empleados en la ejecución de la etapa que inicia con el lanzamiento de la misma. No se tienen en cuenta meses donde la institución planifica licencias o momentos de trabajo donde las oficinas de bedelías tienen tareas no vinculadas directamente a la etapa en ejecución.

Debido a las características de la institución el SGAE es un sistema de gran porte formado por un conjunto de módulos que se distribuyen en una infraestructura de servidores formada por: i) servidores de base de datos, ii) servidores web, iii) servidores de aplicación, iv) servidores de balanceo de carga, v) servidores de contenido estático, vi) servidores destinados a la autenticación y autorización de los usuarios y vii) servidores destinados a la seguridad de la aplicación. La arquitectura de servidores del SGAE tiene del orden de 18 servidores, físicos y virtuales.

Los módulos del SGAE se dividen en módulos destinados a: i) los usuarios de las oficinas de bedelías de la Udelar, ii) los estudiantes de la Udelar y iii) los servicios ofrecidos a otros sistemas de la Udelar mediante web services.

A su vez el SGAE consume servicios ofrecidos por otros sistemas de la Udelar como el Sistema Integrado de Administración de Personal y el Servicio de Autenticación Centralizado y Gestión de Identidades.[15]

La base de datos del SGAE tiene del orden de 400 tablas destinadas a los datos del sistema junto con un volumen similar de tablas de auditoría donde se registran cada uno de los movimientos (altas, bajas y modificaciones) que se realizan sobre los datos. Además los gateways (procesos de sincronización) utilizan del orden de 100 tablas para mantener el mapeo (correspondencia) con el sistema legado.

El SGAE registra datos del orden de: i) 300.000 estudiantes (de los cuales 100.000 se consideran activos por tener por lo menos una actividad en los últimos 2 años), ii) 1000 carreras y planes, iii) 600.000 inscripciones a carreras, iv) 130.000 egresos, v) 35.000 unidades curriculares y vi) 10.000.000 actividades y resultados de los estudiantes.

En resumen, la información que almacena y gestiona el SGAE es de gran volumen e importancia para la Udelar lo que se traduce en un gran desafío para el sistema que la administra y gestiona.

## **10 Conclusiones y trabajos futuros**

La combinación de la metodología de migración de sistema legado de gran porte (Chicken Little) con la metodología diseñada para la gestión del proyecto de implantación del nuevo sistema resultó de aplicación exitosa en la Udelar.

El avance del proyecto según lo planificado así como las encuestas que se realizan al cierre de cada Etapa a los usuarios del sistema que dan cuenta de un 98% de aceptación y conformidad con la misma confirman esta conclusión.

Creemos que el grado de aceptación de esta combinación se debe a varios factores entre los que encontramos i) la metodología Chicken Little a través de sus gateways permite reducir el trabajo de doble ingreso de datos en los dos sistemas (trabajo de paralelo) por parte de los usuarios ii) Chicken Little permite realizar en cada etapa ajustes de desarrollo, performance, seguridad, locales e incrementales por etapa lo que permitirá al final obtener un producto más ajustado a la problemática de la Udelar iii) la metodología seleccionada para la gestión del proyecto en etapas graduales permite un acercamiento y aceptación gradual de una herramienta de gestión compleja por parte del usuario iv) el desarrollo de las etapas se pueden ir ajustando en la medida que se utilizan las funcionalidades, esto brinda flexibilidad a la hora de realizar modificaciones haciendo que el usuario se sienta parte del diseño de la herramienta v) objetivos claros y alcanzables en cada etapa mantienen el enfoque y la motivación alta dentro del proyecto. vi) equipo del proyecto con técnicos funcionales especializados y altamente comprometidos en relación permanente con los usuarios de las oficinas de bedelías permite un mejor seguimiento y comprensión de la problemática a resolver.

La Metodología Chicken Little aplicada a un sistema de gran porte y de misión crítica de una organización debe ser acompañada con una estricta gestión del proyecto de implantación del sistema [16]. La misma requiere grandes esfuerzos de gestión y seguimiento diario del mismo y de un equipo altamente comprometido. Requiere compromiso de los funcionarios de las oficinas de Bedelía de cada servicio Universitario así como el apoyo institucional del proyecto.

Deben realizarse grandes esfuerzos de coordinación y comunicación de las tareas y resultados dentro del proyecto. Grandes esfuerzos de monitoreo técnico y ajustes del funcionamiento de los gateways involucrados en la estrategia.

Resta completar las etapas definidas utilizando la combinación de metodologías, continuar manteniendo el funcionamiento de los gateways junto con los dos sistemas (nuevo y legado) así como mantener la motivación de los usuarios y equipo del proyecto por un año más es un desafío importante para este proyecto dentro de la Udelar.

La utilización de estas metodologías de nueva aplicación dentro de la Udelar, podrían ser tomadas como caso exitoso para ser aplicadas en otros proyectos de migración de sistemas legados de gran porte.

Al momento de la presentación de este trabajo la Udelar se encuentra a unos días de salir a producción con la Etapa 4 del sistema que implica un cambio importante en el Módulo Web de Autogestión Estudiantil, módulo este que gestiona toda las inscripciones a cursos y exámenes del estudiante a través de la web. Este es el primer módulo que afecta masivamente al estudiante universitario. Se han realizado grandes esfuerzos para atender a estos 100.000 estudiantes con un tiempo de respuesta aceptable, se espera diseñar herramientas que nos permitan tomar medidas del grado de aceptación del sistema para poder continuar incorporando nuevas funcionalidades al mismo.

## Referencias

1. Ministerio de Educación y Cultura, <http://educacion.mec.gub.uy/mecweb/container.jsp?contentid=927&site=5&chanel=mecweb&3colid=927>
2. Bing Wu, Deirdre Lawless, Jesus Bisbal, Jane Grimson, Vincent Wade, Donie O'Sullivan , Ray Richardson "Legacy System Migration : A Legacy Data Migration Engine", Computer Science Department, Trinity College, Dublin, Ireland,(1997).
3. Priyadarshi Tripathy,Kshirasagar Naik, Software Evolution and Maintenance, ISBN 0470603410, 9780470603413
4. Bateman A. and Murphy J. "Migration of legacy systems", School of Computer Applications, Dublin City University, working paper CA - 2894.
5. Brodie M. and Stonebraker M., "DARWIN: On the Incremental Migration of Legacy Information Systems", Distributed Object Computing Group, Technical Report TR-0222-10-92-165, GTE Labs Inc., (1993), <http://info.gte.com/ftp/doc/tech-reports/tech-reports.html>
6. Brodie M. and Stonebraker M., "Migrating Legacy Systems Gateways, Interfaces and the Incremental Approach", Morgan Kaufmann, (1995).
7. Bing Wu, Deirdre Lawless, Jesus Bisbal, The Butterfly Methodology : A Gateway-free Approach for Migrating Legacy Information Systems, (1997)

8. Bing Wu, Deirdre Lawless, Jesus Bisbal, Legacy Systems Migration - A Method and its Tool-kit Framework, (1997).
9. Francisca O. Oladipo, Jude O. Raiyetumbi, Re-Engineering Legacy Data Migration Methodologies in critical sensitive systems, ISSN-2229-371X, (2015).
10. Monitoring changes to table data, <http://hoopercharles.wordpress.com/2012/03/22/monitoring-changes-to-table-data/>
11. CDC - Change Data Capture, [http://docs.oracle.com/cd/B13789\\_01/server.101/b10736/cdc.htm](http://docs.oracle.com/cd/B13789_01/server.101/b10736/cdc.htm)
12. M. Angélica Caro Gutiérrez, Jorge Bocca, Daniel Campos, Migración de sistemas heredados: una metodología de apoyo basada en el uso de herramientas de KDD (Knowledge Discovery in Databases), (2002)
13. Dirección General de Planeamiento Udelar, Estadísticas básicas, <http://planeamiento.udelar.edu.uy/publicaciones/estadisticas-basicas>
14. Dirección General de Planeamiento Udelar, Censos de funcionarios y estudiantes, <http://planeamiento.udelar.edu.uy/publicaciones/censos>
15. Emilio Penna, Mariela De León, Implementación de un servicio de autenticación centralizado y gestión de identidades en la Universidad de la República, (2016), <http://documentos.redclara.net/handle/10786/1077>
16. Manoel Heleno Ramos de Mendonça, Metodologia de Migração de Dados em um contexto de Migração de Sistemas Legados,(2009), [http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/1934/arquivo1908\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/1934/arquivo1908_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)