

Ingeniería de requerimientos aplicada a un software de gestión para los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.

E. Moreno-Núñez¹, M.G. Flores-Luévanos¹, K.V. Rodríguez-Lozano¹, J.M. Arzola-Monreal¹.

Resumen— La ingeniería de software inicia técnicamente con un conjunto de tareas de modelado dirigidas a la especificación de los requerimientos y a la representación del software a elaborar. La ingeniería de requisitos es el proceso de descubrimiento, análisis, documentación y verificación de los requisitos del producto de software deseado. Este artículo describe la aplicación de tareas y técnicas de la ingeniería de requerimientos, en las etapas de análisis y diseño de una solución de software cuyo objetivo es optimizar el acceso y registro en los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Por medio del software se obtienen, entre otras, las estadísticas del uso de los laboratorios por los docentes en las distintas especialidades, disponibilidad y estado físico de los equipos; para apoyar a la toma de decisiones pertinentes enfocadas a la mejora continua de esos espacios educativos. Dado que la calidad del software implica el cumplimiento de expectativas y el apego a estándares, se sostuvo una estrecha colaboración con los futuros usuarios del sistema y las tareas se enmarcaron en una metodología de desarrollo. Así, el diseño resultante resultó en una base sólida para la construcción exitosa del software.

Palabras claves— Análisis, Ingeniería de requerimientos, Ingeniería de Software.

Abstract— Software engineering starts technically with a set of modeling tasks aimed at specifying the requirements and representing the software to be developed. The requirements engineering is the process of discovery, analysis, documentation and verification of the desired software product requirements. This article is described the application of tasks and techniques of requirements engineering, in the stages of analysis and design of a software solution whose objective is to optimize the access and registration in practices laboratories of the Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Through software they will have to obtain, among others, statistics of the use of the laboratories by teachers in different specialties, availability and physical condition of equipment; to support relevant decision making focused on the continuous improvement of those educational spaces. Since the quality of the software implies the fulfillment of expectations and the adherence to standards, a close collaboration was maintained with future users of the system and the tasks were framed in a development methodology. Thus, the resulting design resulted

in a solid foundation for the successful construction of the software.

Keywords— Analysis, Requirements Engineering, Software Engineering.

I. INTRODUCCIÓN

El instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) define a la ingeniería de software (en adelante IS) como “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento de software: es decir, la aplicación de la ingeniería al software” [1]

Pressman [2] dice que “debe hacerse ingeniería con el software en todas sus formas y a través de todos sus dominios de aplicación.” Para la construcción adecuada de la IS, se define un proceso de desarrollo, el cual se divide en tres fases genéricas, independientemente del área de aplicación, tamaño o complejidad del proyecto, las cuales son: fase de definición, de desarrollo y de mantenimiento.

En la primera fase, se identifican: la información a manejar, las funciones y el rendimiento deseados en el software, su comportamiento, interfaces, restricciones de diseño y criterios de validación. La IEEE define al requerimiento como la condición o capacidad que debe satisfacer o poseer un sistema o un componente de éste para satisfacer un contrato, un estándar, una especificación u otro documento impuesto de manera formal [1]. La IS inicia técnicamente con un conjunto de tareas de modelado dirigidas a la especificación de los requerimientos y a la representación del software a elaborar. El objetivo principal de la ingeniería de requerimientos (IR) es esclarecer con claridad, corrección y consistencia las especificaciones válidas para el comportamiento del sistema a construir, con el fin de disminuir los problemas que se desdoblaron en el proceso de desarrollo de éste y que afectan la calidad del producto final de software. Existen varias técnicas para la IR, entre las que figuran: entrevistas, cuestionarios, sesiones de lluvia de ideas, elaboración y evaluación de prototipos, casos de uso y el uso de herramientas automatizadas para la gestión de los requisitos [3],[4]. En el

¹ Tecnológico Nacional de México, Campus Lerdo.
Av. Tecnológico No. 1555 Sur. Periférico Gómez - Lerdo.
Km. 14.5, Ciudad Lerdo, Estado de Durango. C.P. 35150, México.
Elda Moreno Núñez.
*emoreno@itslerdo.edu.mx.

artículo se aborda la explicación de las actividades de la ingeniería de requerimientos, así mismo se describe la aplicación de tareas y técnicas de ésta en las etapas de análisis y diseño de una solución de software cuyo objetivo es la optimización de los accesos y registros de los usuarios de los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Se incluyen los resultados obtenidos del proceso: la documentación formal de los requerimientos, el modelo de casos de uso, modelo de datos y las interfaces gráficas de usuario propuestas para el software de gestión de los laboratorios de prácticas del ITSL.

Por medio de este software se deberán obtener, entre otras, las estadísticas del uso de los laboratorios por los docentes en las distintas especialidades, disponibilidad y estado físico de los equipos; para apoyar a la toma de decisiones pertinentes enfocadas a la mejora continua de esos espacios educativos. La mayoría de las anomalías de los productos finales de software tienen su inicio en la fase de definición y se deben a un análisis, documentación y/o verificación incompleta o incorrecta de los requisitos. En añadidura, dichos defectos provocan un desacuerdo entre las necesidades o deseos de los usuarios finales o clientes, e implican costos elevados en su remediación, entre otras consecuencias no deseadas por el equipo de desarrollo. Dado que la calidad del software implica el cumplimiento de expectativas y el apego a estándares [2], [5], [6], [8], el supuesto que guió esta investigación aplicada fue que por medio de una estrecha colaboración con los futuros usuarios del sistema, la selección y el seguimiento de una metodología de desarrollo como marco del proceso y el apego a técnicas y estándares, el diseño resultante ofrecerá una base sólida para la construcción exitosa del software.

II. APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS

Para el desarrollo del software se propuso la metodología incremental. Se eligió debido a que el alcance del proyecto es amplio y supone la participación de los encargados de los laboratorios de prácticas con que cuenta el ITSL. A pesar de que los requerimientos generales se enuncian desde un principio por los interesados, se espera que surjan cambios en algunos de los requerimientos o se añadan nuevos. La metodología incremental se caracteriza por permitir la construcción del software mediante incrementos, y cada uno se compone de un conjunto de nuevas funcionalidades. Se basa en el tradicional ciclo de vida en cascada; siendo sus etapas globales: análisis, diseño, codificación y pruebas, aunque en el desarrollo incremental éstas se repiten las veces que sea necesario hasta lograr un producto de software que satisfaga plenamente las expectativas de los usuarios finales y clientes [2].

A. Obtención de Requerimientos

Para el descubrimiento de los requisitos el equipo de análisis, conformado por cuatro ingenieros de software, acordó visitar los laboratorios de prácticas del instituto, con el objetivo de documentar el proceso actual de registro de las prácticas en cada uno de dichos anexos educativos. Se elaboró una breve guía de entrevista con las siguientes preguntas, dirigidas a los encargados de cada laboratorio y a los jefes divisionales, que tienen bajo su jurisdicción esos espacios educativos. Las preguntas iniciales fueron las siguientes:

- ¿Qué información se registra cada vez que un profesor hace uso del laboratorio?
- ¿Qué documentos utilizan en el laboratorio para el control del uso del mismo?
- ¿Cómo puede el profesor expresar las anomalías que encuentre en el laboratorio?
- ¿Qué observaciones o sugerencias tiene para el proceso actual?
- ¿Qué debería incluirse en un software que automatice la administración del ingreso de los profesores y estudiantes para la realización de las prácticas?

En una reunión se compartieron los resultados obtenidos, mismos que se plasmaron en documentos de textos compartidos en un espacio de almacenamiento en la nube.

B. Análisis de los requisitos

La siguiente actividad consistió en revisar los textos para encontrar similitudes y diferencias en las respuestas de los entrevistados. Las semejanzas se clasificaron y las diferencias se agruparon en una categoría expofeso. Con las primeras, se procedió a analizarlas para desglosar en elementos simples aquellas que resultaban complejas en su especificación. Se identificaron tres categorías generales de requisitos: aquellos referentes al almacenamiento permanente y/o temporal de la información, los que denotaban actividades del proceso de registro y los que expresaban necesidades organizacionales.

Así mismo se revisó la categoría de “diferencias”. Se identificó que los encargados de dos laboratorios solamente eran los que habían expresado esas necesidades, mismas que se referían al control del material prestado a los estudiantes para la realización de sus actividades en el laboratorio y a la consulta de la disponibilidad de los espacios vía remota, sin necesidad de acudir el profesor o estudiante en persona.

El equipo de desarrollo acordó trabajar con los requerimientos comunes a la mayoría de los espacios y se procedió a dar forma a los requerimientos funcionales.

Continuando con la fase de análisis de requisitos, se programó una reunión con el jefe del Centro de Cómputo

del ITSL con el objetivo de mostrarle el modelo de requisitos inicial. La decisión de acudir con él tuvo varias razones: el Centro de Cómputo (C.C.) tiene a su cargo la administración de 10 laboratorios del ITSL, de los servidores web y de aplicaciones donde residen los sistemas de software institucionales y controla, en conjunto con el departamento de servicios escolares, la base de datos de los profesores y estudiantes pertenecientes al instituto.

De la reunión se derivaron requisitos no funcionales como restricciones al software: lenguajes y licencias de desarrollo, colaboración de personal del C.C. en tareas específicas; información necesaria de la base de datos institucional, manera de utilizar los servicios web, entre otros. También se acordaron algunas modificaciones a los requisitos funcionales iniciales. En la reunión estuvieron presentes el personal de administración del C.C. y el equipo de desarrollo.

Entre los requisitos funcionales, en términos generales, el sistema proporcionará soporte a las siguientes tareas de control de los profesores y estudiantes que ingresan a los laboratorios de prácticas:

- X Registro del ingreso de docentes internos y externos al laboratorio de prácticas.
- X Gestión de apartados de laboratorio.
- X Generación de reportes de los datos almacenados.
- X Facilitar el llenado de una encuesta de satisfacción.
- X Los interesados administrativos como el subdirector académico y los jefes de división podrán acceder al sistema sólo para consulta y generación de reportes.
- X El sistema guardará la información de los docentes externos que utilicen algún laboratorio de prácticas, los cuales son especificados a continuación: el nombre completo del profesor, institución de procedencia y laboratorio asignado.

En cuanto a los requisitos no funcionales, se determinaron:

- X Para el desarrollo del sistema informático se utilizarán los lenguajes PHP con el framework Bootstrap, HTML5, Javascript, MySQL como el sistema gestor de base de datos y el entorno gráfico de workbench para su administración.
- X La interfaz de usuario del sistema se implementará con HTML 5, PHP y el Framework Bootstrap y deberá funcionar con los navegadores Internet Explorer, Mozilla Firefox y Google Chrome.
- X El diseño de la interfaz principal del sistema deberá cumplir con los lineamientos especificados en la “Guía Básica Web” de la Subsecretaría de Educación Superior de la SEP.
- X Este proyecto implementará dispositivos de

lectura digital de código Quick Response Code (QR).

- X Se hará uso de servicios web para la obtención a través de la red interna, de los datos de los profesores y estudiantes, mismos que se encuentran en la base de datos institucional. De esta forma se eliminará la necesidad de capturar nuevamente esa información.
- X La información de los estudiantes, departamentos y personal del instituto que se almacene y utilice deberá ser la misma del sistema de calificaciones del Instituto, para evitar errores de actualización o ambigüedad en los datos.
- X El sistema deberá utilizar un algoritmo para la encriptación de las contraseñas de los usuarios.
- X La base de datos se configurará para crecer automáticamente en forma ilimitada, el crecimiento del registro de transacciones será automático en un 10 % cada vez, sin límite. El tamaño de la BD estará definido por el espacio de almacenamiento destinado para el sistema en el disco duro del servidor Web, definido por el administrador del C.C.

C. Trazabilidad

La trazabilidad permite encontrar las dependencias entre los requisitos, entre éstos y los componentes del diseño y con la documentación, siendo básica para el control de la calidad. [3], [7], [8].

Para asegurar la trazabilidad de los requisitos, se generó una matriz con la información de todos y cada uno de los requisitos, en la Tabla I se muestra, por razones de espacio, sólo una sección de esta matriz con la información correspondiente a la jerarquización del requisito funcional 01. Se definieron: un código de identificación, su descripción y el interesado que lo originó, Además se asientan: el nivel de complejidad, el nivel de prioridad del requisito, el estado actual, la fecha en que fue registrado, como se muestra en la Tabla II.

TABLA I
MATRIZ DE TRAZABILIDAD DEL RF01. 1ª PARTE.

Id.Req.	Descripción del requisito	Estado actual	En fecha (estado registrado)
RF01	Registro del ingreso de profesores al laboratorio.	Aprobado	02/05/18
RF01.1	Los docentes se identifican mediante su número de empleado, o credencial con código de barras o QR	Aprobado	02/05/18

RF01.2	Capturar el número y nombre de la práctica a realizar	Aprobado	02/05/18
RF01.3	Los docentes seleccionan el tipo de práctica	Aprobado	02/05/18
RF01.4	Los docentes capturan el número de alumnos	Aprobado	02/05/18
RF01.5	Los docentes seleccionan el software a utilizar	Propuesto	02/05/18

TABLA II
MATRIZ DE TRAZABILIDAD DEL RF01. 2ª PARTE

Id.Req.	Nivel de complejidad	Interesado (Stakeholder) dueño del requisito	Nivel de prioridad
RF01	Medio	Jefe de C.C/Jefes divisionales	Alto
RF01.1	Alto	Jefe de C.C/Jefes divisionales	Alto
RF01.2	Bajo	Jefe de C.C/Jefes divisionales	Medio
RF01.3	Bajo	Jefe de C.C/Jefes divisionales	Alto
RF01.4	Bajo	Jefe de C.C/Jefes divisionales	Medio
RF01.5	Medio	Jefe de C.C/Jefes divisionales	Medio

D. Especificación y validación.

Para la documentación de los requisitos, se optó por utilizar el estándar propuesto por la IEEE para la especificación de requisitos de software IEEE 830-998. Con base en este documento formal, el siguiente paso fue generar una serie de diagramas, utilizando la notación UML (lenguaje de modelado unificado) específicamente diseñada para representar, construir y documentar elementos de software bajo el paradigma orientado a objetos [9], con el software libre ArgoUML.

Diagramas de casos de uso.

En la Figura 1 se muestran todos los usuarios que tienen interacción con el sistema.

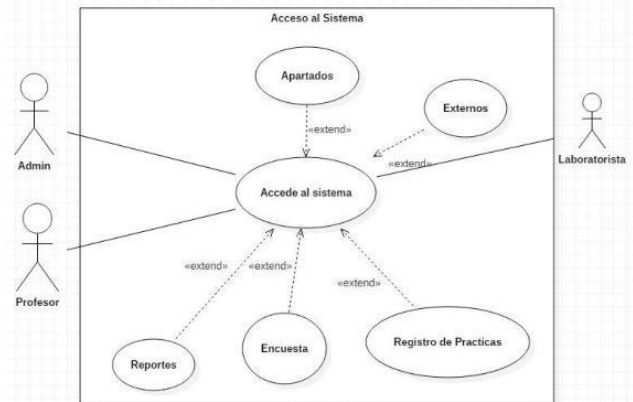


Figura 1. Diagrama de casos de uso de acceso al sistema

En la Figura 2 se muestra el diagrama de casos de uso para el requisito funcional 01, registro de los docentes que ingresan a realizar prácticas en el laboratorio. La interacción con esta funcionalidad puede darse con el profesor o el encargado del laboratorio, quienes deberán introducir los datos de la práctica: número, nombre, tipo, software utilizado, cantidad de alumnos atendidos. Esta funcionalidad incluye contestar una encuesta de satisfacción.

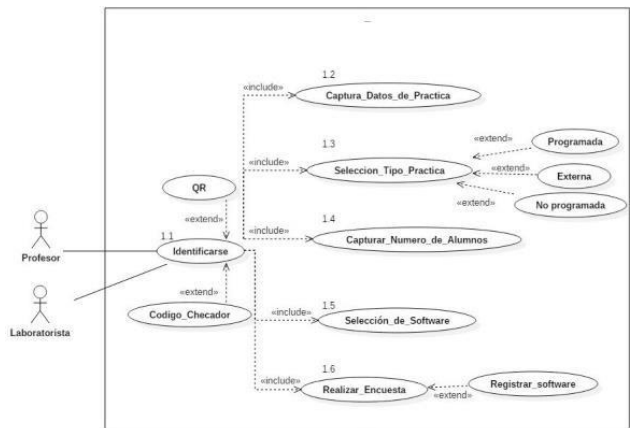


Figura 2. Diagrama de casos de uso registro de usuarios del laboratorio

Diagrama relacional.

En la Figura 3 se muestra el diagrama relacional de la base de datos creada para dar satisfacción a los requisitos de almacenamiento especificados, utilizando el SGBD MySQL Server.

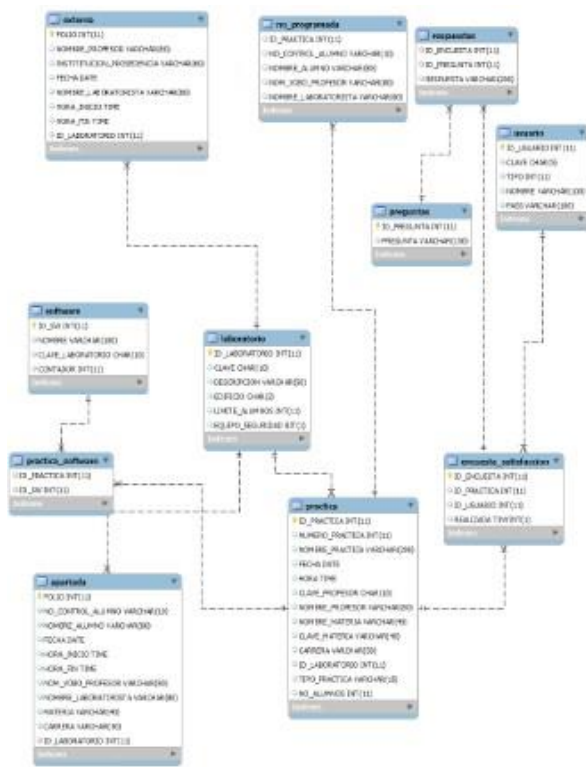


Figura 3. Diagrama relacional de la Base de Datos.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de colaboración entre las clases entidad identificadas para el sistema.

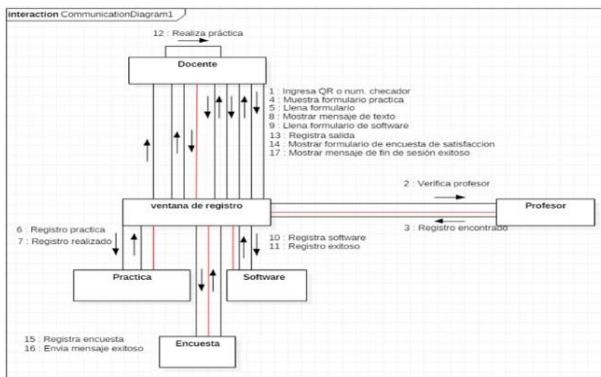


Figura 4. Diagrama de colaboración del sistema.

III. RESULTADOS

El software de maquetado Ninja Mock es una herramienta de uso libre para la creación de diseños para móviles y web. En ésta se creó un prototipo de la aplicación, con flujo entre las interfaces gráficas de usuario (IGU) que satisfacen los requerimientos. El propósito de esta actividad fue la refinación de los requisitos y la identificación de errores u omisiones en el diseño.

En la figura 5 se muestra la IGU de inicio, que satisface el requisito de identificación de los docentes en el ingreso al laboratorio mediante la digitación de su número de empleado, o la lectura de su credencial con código de barras o QR.



Figura 5. Maquetado de la interfaz de inicio.

En la Figura 6 se muestra el diseño de la IGU para cumplir el requisito de facilitar el apartado de los laboratorios a los estudiantes. Se implementan los controles para seleccionar un laboratorio de prácticas, capturar el número de control del estudiante mediante escaneo de la credencial o en forma manual, fecha y hora, número de profesor que otorga el visto bueno, botones de registro y cancelación.



Figura 6. Maquetado de la interfaz de registro de apartados.

Como parte de los requisitos funcionales organizacionales, se incluyó la generación de reportes a partir de la información almacenada. En la figura 7 se muestra el boceto de la interfaz que permitirá a los usuarios administradores filtrar los datos para obtener el reporte de asistencia: por profesor, laboratorio o carrera, entre otros.



Figura 7. Maquetado de la interfaz de reportes.

IV. CONCLUSIÓN

Después de aplicar las actividades básicas de la IR se obtuvo un modelo de requisitos constituido por: un documento de especificación de requisitos que sigue el estándar 830-1998; un modelo de casos de uso, con diagramas y descripciones de escenarios; una matriz de trazabilidad de requisitos; un modelo de datos y un conjunto de interfaces gráficas con flujo. Estas actividades se enmarcan en las etapas de análisis y diseño correspondientes a las primeras iteraciones en el desarrollo incremental del software de gestión de los laboratorios de prácticas del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.

En las revisiones a los productos generados se encontraron inconsistencias, errores y omisiones, que se subsanaron en el mismo modelo de requisitos; el diseño resultante ofreció una base sólida para la construcción exitosa de la primera versión del software, que incluye, entre otras, las funcionalidades descritas en este artículo. Puesto que no se descartan mejoras al software creado, se prevé que será necesario ejecutar de nuevo el proceso de IR para la definición e implementación correcta de las nuevas funcionalidades a incluir en las siguientes versiones. La ingeniería de requisitos ofrece una plataforma sólida para continuar con el desarrollo hasta obtener el producto final de software con la calidad deseada.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las Subdirecciones de Posgrado y de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto, por su apoyo para la publicación de este artículo. Un agradecimiento especial al equipo de estudiantes prestadores de servicio social por su valiosa colaboración.

VI. REFERENCIAS

- [1] *IEEE recommended practice for software requirements specifications*. IEEE Computer Society. Software Engineering Standards Committee, & IEEE-SA Standards Board. 1998.
- [2] Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software. Un Enfoque Práctico*. Madrid: McGraw-Hill.
- [3] Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de Software*, Naucalpan de Juárez: Pearson.
- [4] Serrano, G. L. (1996). *Ingeniería de sistemas de software*. Madrid: Isefe
- [5] Arias Chaves, M. (2005). La ingeniería de requerimientos y su importancia en el desarrollo de proyectos de software. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, VI (10), 1-13.
- [6] Davis, A., Overmyer, S., Ta, A., Theofanos, M., Jordan, K., Caruso, J., & Reynolds, P. (1993). Identifying and measuring quality in a software requirements specification. In *Proceedings First International Software Metrics Symposium* (pp. 141-152). IEEE.
- [7] Villafañe, A., Ferraro, M. D. L. A., Medina, Y., Greiner, C. L., Dapozo, G. N., & Estayno, M. G. (2013). Herramienta de gestión de trazabilidad de requerimientos en proyectos de software. In *XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*.
- [8] *ISO/IEC 25010 Quality model and guide*. (International Organization for Standardization. 2011
- [9] Schmuller J. (2000) *Aprendiendo UML en 24 horas*, México: Prentice Hall

VII. BIOGRAFÍA

Moreno Núñez Elda. Nació en Gómez Palacio, Durango, México. Es ingeniera en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de la Laguna (1996), Maestra en Administración por la Universidad Autónoma de Coahuila (2012) y Doctora en Desarrollo Educativo por la Universidad Autónoma de la Laguna (2018), todas instituciones en Torreón, Coah., México. Ella actualmente es profesora asociada 'C' en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en la ciudad de Lerdo, Durango, México. Imparte cátedra en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales desde el año 2005. Colaboró ocho años en la Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte de la Comisión Nacional del Agua, en Torreón, Coah. México. Sus áreas de interés son la educación y la ingeniería de software.





Flores Luévanos María Guadalupe. Nació en Torreón, Coahuila de Zaragoza, México, es Ingeniero en Sistemas Computacionales. Egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah., México (2002). Estudió la Maestría en Administración en la Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coah., México. (2004). Ella es Profesora Titular A del Instituto

Tecnológico Superior de Lerdo, Cd. Lerdo. Durango, México. Sus áreas de interés son el Desarrollo de aplicaciones en el área de Sistemas Computacionales.

Rodríguez Lozano Karla Verónica. Nació el



01 de junio de 1981 en la ciudad de Torreón, Coahuila. Egresada del Instituto Tecnológico de la Laguna, en el año de 2012, obtuvo el título de Ingeniero en Sistemas Computacionales, y obtuvo el grado de maestro en Administración en el año de 2005, en la Universidad Autónoma de Coahuila, ambos en Torreón, Coah. México. Experiencia docente de más de 10 años en la

impartición de clases en las áreas de sistemas computacionales. Docente con actividades en el área de investigación y desarrollo tecnológico produciendo 14 proyectos de Software y un registro de marca, integrando alumnos a los proyectos de investigación. Experiencia profesional de más de 12 años en el soporte empresarial en el ámbito de las tecnologías de la información.



Arzola Monreal Juan Martín. Nació en Ciudad Lerdo, Durango. México, es Licenciado en Informática. Egresado del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ciudad Lerdo, Durango. México (2002). Estudió la Maestría en Sistemas Computacionales. Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coahuila. México. (2007).

Él actualmente es docente del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Ciudad Lerdo. Durango. México. Sus áreas de interés son las redes computacionales, investigación de operaciones y el diseño CAD y vectorial.