

# Integración de Métodos Ágiles a una Empresa de Nivel 5 CMMI-DEV: un Caso de Estudio

G. Arauz, M. Morales, H. Oktaba and E. Ramírez

**Abstract**— Integrating new practices into software development processes requires previous research and planning; thus, the transition becomes easier, the maturity is achieved in a gradual but constant manner, and consequently, the organization fulfills its business objectives. This paper describes the experience of a Mexican software development organization that integrated agile methods into its CMMI-DEV level 5 development processes. This case study identifies and discusses quantitative and qualitative benefits related to the competitive level of the organization, enriched ways of working, optimization of resources and time, and encouraging a motivating working environment.

**Keywords**— agile, CMMI, software development, software process improvement.

## I. INTRODUCCIÓN

LAS EMPRESAS líderes en desarrollo de software buscan colocarse en el mercado nacional e internacional alcanzando un alto rendimiento en sus proyectos, para así aumentar la producción de software de calidad [1]. En el desarrollo de software, los modelos de procesos sirven de guía para establecer un modo de trabajo con prácticas y técnicas robustas, mientras que las metodologías establecen la estructura, planeación y control de las actividades del personal que participa en un proyecto.

Por una parte, los modelos de procesos de CMMI son colecciones de buenas prácticas para direccionar el desarrollo y mantenimiento de productos y servicios en su ciclo de vida [2] mismos que proporcionan un enfoque para mejorar los procesos de una organización [3]. En particular, el modelo CMMI para desarrollo, denominado CMMI-DEV, concentra un conjunto completo e integrado de guías para desarrollar productos y sistemas de software [2]. Por otra parte, las metodologías ágiles como Scrum, XP o Kanban, son una forma de desarrollar software funcional, valorando a las personas, respondiendo ante el cambio y fomentando el trabajo colaborativo [4]. La integración de métodos ágiles con CMMI-DEV, permite generar una combinación innovadora de dos técnicas, aparentemente contrarias, para obtener beneficios y aprovechar la sinergia que tienen mejorando la productividad del negocio [5].

Este artículo presenta un caso de estudio llevado a cabo dentro de una empresa de desarrollo de software evaluada en

CMMI-DEV nivel 5 la cual integró a sus procesos técnicas ágiles. El objetivo del caso de estudio fue documentar los efectos, cuantitativos y cualitativos, reflejados en el desempeño de sus proyectos bajo esta forma de desarrollar software. Los resultados de la investigación pretenden proporcionar un ejemplo documentado de los beneficios de incorporar técnicas ágiles con CMMI-DEV, y se espera sirva de referencia a empresas latinoamericanas que opten por integrar técnicas ágiles a sus procesos CMMI-DEV conservando la calidad y aumentando la productividad de la empresa.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección II se presentan los antecedentes a este trabajo; la sección III presenta las generalidades del caso de estudio; la sección IV describe el análisis de los datos recolectados; la sección V concentra los resultados; y finalmente la sección VI establece las conclusiones y el trabajo futuro.

## II. ANTECEDENTES

En esta sección se describe el estado del desarrollo de software a nivel mundial, países que han tenido buenos resultados en exportación de software, ubicación de países latinoamericanos en evaluaciones CMMI-DEV Nivel 5. Además se muestran casos reales de empresas con CMMI-DEV Nivel 5 que han integrado técnicas ágiles a su forma de trabajo de manera exitosa. Finalmente se describe a la empresa en donde se realizó el caso de estudio.

### A. Desarrollo de software a internacional

El progreso tecnológico es uno de los principales motores que han transformado el mundo, marcando un capitalismo informático mundial [6], donde el software juega un papel estratégico en la industria de todos los países para manejar información [7]. A nivel mundial, EUA, Japón y China han impulsado la industria de software [7] y la industria pesada con fábricas nacionales de computadoras y exportación de software [8].

Algunas naciones de reciente industrialización como India, Israel e Irlanda han destacado en producción e inserción de software en otras naciones [8]. Países como Brasil, Argentina, México, Uruguay y Costa Rica se encuentran en proceso de madurez conservando un crecimiento constante [7]. Estos países latinoamericanos han producido software a nivel internacional gracias a sus capacidades, infraestructura y apoyos del gobierno para impulsar la industria de software [8]. Brasil y Argentina se han colocado en el mercado interno, mientras que Uruguay y Costa Rica se han centrado en exportar software, dejando a un lado el mercado interno [7].

Con la información anterior es notoria la presencia de

G. Arauz, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, a\_arauz\_o@uxmcc2.iimas.unam.mx

M. Morales, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, migmor@ciencias.unam.mx

H. Oktaba, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, hanna.oktaba@ciencias.unam.mx

E. Ramírez, Praxis, erz@praxis.com.mx

varios países latinoamericanos en el orden mundial de desarrollo de software, usando esta industria para mejorar su posición económica.

### B. Evaluaciones CMMI-DEV Ver 1.3 a nivel mundial

La competencia aumenta en la industria de software, forzando a las empresas a mejorar sus prácticas y procesos de desarrollo de software [9]. Seguir un modelo de calidad basado en buenas prácticas y principios, permite a la industria de software aumentar la productividad y calidad del producto final, administrando el tiempo y presupuesto establecidos [10] [11].

La Figura 1 muestra los países con mayor número de empresas evaluadas con CMMI-DEV Ver 1.3 Nivel 5, resaltando el aumento de más del 100% de evaluaciones del 2013 al 2014.

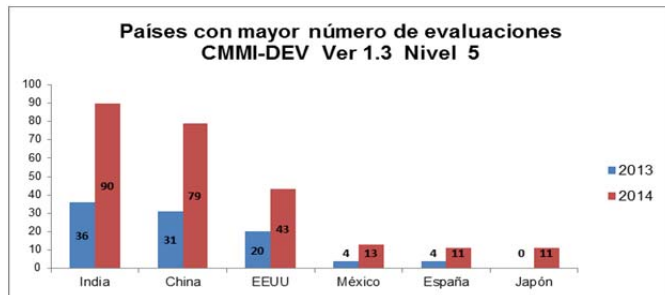


Figura 1. Países con el mayor número de empresas evaluadas CMMI-DEV Ver 1.3 Nivel 5 [12] [13].

La India se mantiene a la vanguardia no solamente en la industria del software [7], sino también en primer lugar en evaluaciones CMMI-DEV Ver 1.3 nivel 5 obtenidas [14], mientras que México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en empresas evaluadas pasando de 4 a 13 en un año.

Los países latinoamericanos con alguna evaluación CMMI-DEV Ver 1.3 nivel 5 muestran que Brasil y Argentina han incrementado las empresas evaluadas, colocándose debajo de Colombia. En tanto, Uruguay y Ecuador se han mantenido constante el número de empresas evaluadas, mientras Perú evaluó una empresa en el 2014 (ver Figura 2).

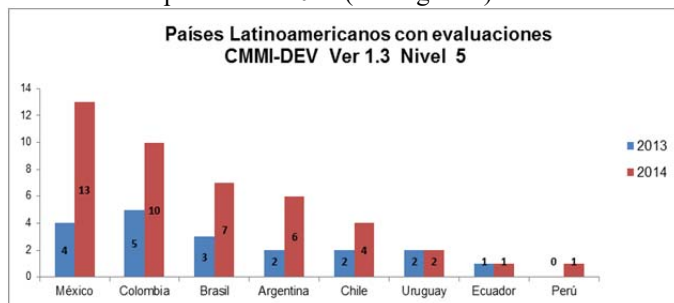


Figura 2. Países latinoamericanos con al menos una evaluación CMMI-DEV Ver 1.3 Nivel 5 [12] [13].

### C. Experiencias de integración de técnicas ágiles con CMMI-DEV Nivel 5

Las metodologías ágiles han venido evolucionado [15] y se han incorporado rápidamente a la industria de software por su flexibilidad y capacidad de respuesta [16]. CMMI-DEV incrementa el rendimiento organizacional al integrar métodos ágiles [17], centrándose en los objetivos que se deben alcanzar

y no en la forma de lograrlo [18]. Esta sección describe dos casos de empresas con evaluación CMMI-DEV Nivel 5 que integraron métodos ágiles para desarrollar software.

#### 1) Empresas de Desarrollo de Software Offshore

“The impact of process choice in high maturity environments: An empirical analysis” [19] fue una investigación de tres años en dos empresas offshore con características similares. Ambas tenían evaluación CMMI Nivel 5 y un Grupo de Procesos de Ingeniería de Software (SEPG). La investigación abarcó 112 proyectos. Cada equipo decidía si utilizaba métodos ágiles o no. Entre los resultados más relevantes se observa que proyectos más pequeños, con clientes no involucrados fueron más propensos a utilizar técnicas ágiles.

Además, el trabajo con métodos ágiles tuvo un impacto positivo en el desempeño de los proyectos aumentando la reutilización y productividad, disminuyó el retrabajo y la densidad de defectos. Ambas empresas estandarizaron e institucionalizaron los procesos con técnicas ágiles para una posterior evaluación con CMMI-DEV y recertificación nivel 5.

#### 2) Empresa mexicana CMMI-DEV Nivel 5 adopta ágiles

Por otra parte en “Applying Agile and Lean Practices in a Software Development Project into a CMMI Organization” [3] se reporta cómo una empresa evaluada CMMI-DEV nivel 5 Ver 1.2 promueve reuniones internas de control, en búsqueda de nuevas propuestas para aumentar la agilidad sin perder la disciplina en sus procesos.

La empresa integró procesos ágiles a lo largo de todo el ciclo de vida de dos proyectos. A través de Scrum se administró el proyecto y diseñaron plantillas para controlar el proceso; mientras que con Lean se adaptó el proceso tradicional mediante la integración de técnicas ágiles en sus prácticas ya definidas.

En el artículo se analizan evidencias sobre cómo la empresa aumentó la satisfacción del cliente, mejoró la comunicación del equipo de trabajo, redujo el tiempo de entrega del producto y tuvo una mejor administración de cambios.

### D. Praxis

Praxis es una organización reconocida en el área de Tecnologías de la Información que inició la adopción de modelos de calidad, tales como CMMI-DEV, PMBoK e ISO 9001 desde 2003. El objetivo perseguido era definir un modelo de operación basado en las mejores prácticas internacionales que le permitieran estandarizar los flujos de trabajo y obtener las ventajas prometidas por aquellas.

Los procesos implementados por Praxis han utilizado dos ciclos de vida para desarrollar software: Modelo en Cascada y Rational Unified Process (RUP).

El Centro de Excelencia para el Desarrollo de Software (CEDS), área de desarrollo de software de Praxis, logró que en el año 2005 la empresa obtuviera la evaluación CMM nivel 3, en 2007 alcanzó CMMI-DEV Nivel 4 y en 2009 logró CMMI-DEV Versión 1.2 nivel 5 por primera ocasión.

En el año 2010, para mejorar la productividad de sus desarrollos e innovar sus procesos, surgió la propuesta de incorporar métodos ágiles. Para tal fin, el personal del área de

Ingeniería de Procesos de Praxis participó en cursos, congresos, asesorías e investigación de métodos ágiles para fundamentar la propuesta de trabajo con estas técnicas.

El plan de mejora de Praxis para el año 2010 consideró la incorporación de técnicas ágiles en un proyecto piloto realizado en el área del CEDS. El éxito de los productos obtenidos en el proyecto piloto provocó que se incorporaran técnicas ágiles a sus procesos organizacionales.

En el año 2012 Praxis ratificó su evaluación CMMI-DEV Versión 1.3 nivel 5 al innovar sus procesos con técnicas ágiles, lo que le ha permitido aumentar su participación en el mercado, incrementar la productividad manteniendo su nivel de calidad y mejorar los resultados del negocio. Praxis fue una de las primeras empresas en evaluarse con la Versión 1.3 de CMMI-DEV en México.

Hoy, la empresa cuenta con la implementación de técnicas ágiles como su tercer ciclo de vida para desarrollar software, donde las técnicas ágiles son utilizadas en entornos complicados para reducir tiempo de desarrollo y mejorar la productividad de los proyectos. Por esta razón, la presente investigación pretende documentar y compartir esta experiencia exitosa de incorporar técnicas ágiles con procesos CMMI-DEV Nivel 5.

#### 1) *Arquitectura de procesos CMMI en Praxis*

La Arquitectura de Procesos usada en Praxis y utilizada para obtener su primera certificación CMMI-DEV Nivel 5 incluye tanto áreas de proceso de CMMI como procesos internos de la empresa.

Para realizar la integración de modelos ágiles, la arquitectura fue modificada y el documento del activo organizacional fue ajustado al ciclo de vida del proyecto. Scrum y Kanban fueron las metodologías de las que se extrajeron mejores prácticas para cubrir el nivel de madurez 2 de CMMI relacionadas principalmente con la Administración de Requerimientos (RM), Planificación de Proyectos (PP) y Monitorización y Control del Proyecto (PMC).

Para el Aseguramiento de la Calidad del Producto, el proceso de auditorías se hizo más dinámico, ya que se dejaron de lado revisiones semanales o quincenales y se sugirió usar listas de verificación más simples y aplicadas diariamente.

La Administración de la Configuración de Software se adaptó a la velocidad de desarrollo, implementando técnicas de integración continua que permitían la realización de liberaciones parciales y formales diariamente.

### III. CASO DE ESTUDIO

La motivación del caso de estudio fue conocer las técnicas ágiles que integró Praxis con CMMI-DEV para establecer una nueva forma de construir software que permitiera mejorar la productividad, disminuir el tiempo para desarrollar un proyecto y mejorar el ambiente de trabajo de los equipos.

El objetivo de la investigación fue documentar los beneficios cuantitativos y cualitativos en el desempeño de los proyectos bajo esta forma de trabajo. Las metas específicas definidas fueron:

- Identificar las técnicas ágiles y la manera cómo se integraron con CMMI-DEV nivel 5 en la empresa.

- Comparar las métricas de productividad y calidad en proyectos que utilizaron metodología RUP con CMMI-DEV contra los que integraron técnicas ágiles con CMMI-DEV.
- Identificar por medio de testimonios los beneficios del uso de técnicas ágiles en el desempeño laboral y en la integración de los equipos de trabajo.

En el caso de estudio se analizaron los datos recolectados con métodos acordes a la cantidad y tipo de información. Entre las actividades realizadas por los investigadores destacan:

- Inducción sobre Praxis y su forma de trabajo.
- Recopilación de la información del proyecto piloto y la forma actual de desarrollar software.
- Documentación de las herramientas y procesos de Praxis.
- Recopilación de métricas sobre proyectos con metodología RUP y técnicas ágiles.
- Recopilación de información del ambiente de trabajo de los equipos ágiles.

Las preguntas de investigación quedaron definidas de la siguiente manera:

1. ¿Qué técnicas ágiles utilizó Praxis para modificar sus procesos y mantener el nivel 5 de CMMI-DEV?
2. ¿Qué beneficios se obtuvieron al integrar técnicas ágiles con CMMI-DEV Nivel 5?
3. ¿Cuál es el nivel de la adaptación de los grupos de trabajo al integrar técnicas ágiles con CMMI-DEV?

El caso de estudio se realizó en una sola empresa, sin embargo, se distinguen varias unidades de análisis, por lo que se tiene un caso de estudio simple embebido.

A continuación se detallan las unidades de análisis estudiadas.

**Técnicas ágiles integradas con CMMI-DEV.** Para tener información suficiente, la unidad de análisis se dividió en dos secciones. La primera se encargó de investigar la forma de desarrollar software usando metodología RUP con CMMI-DEV para tener un conocimiento general de la forma de trabajó antes de integrar las técnicas ágiles. En la segunda, se indagó sobre la integración de técnicas ágiles con CMMI-DEV.

**Métricas de proyectos para determinar beneficios.** La segunda unidad de análisis tuvo la finalidad de conocer cuáles fueron los beneficios cuantitativos de emplear técnicas ágiles con CMMI-DEV como nueva forma de trabajo. La extracción de estos beneficios se realizó al comparar las métricas de desarrollar software usando técnicas ágiles respecto a emplear metodología RUP durante los proyectos.

**Adaptación del grupo de trabajo.** Esta unidad de análisis consistió en indagar cómo respondió el equipo de trabajo ante esta forma de trabajo y las ventajas y desventajas de ésta.

#### IV. ANÁLISIS DE DATOS

En esta sección se presenta el proceso seguido para analizar los datos cualitativos y cuantitativos, respondiendo a las preguntas de investigación de cada unidad.

##### A. Técnicas ágiles integradas con CMMI-DEV

Los datos analizados en esta unidad fueron las transcripciones de las entrevistas realizadas al Asesor del proyecto piloto y miembro del Grupo de Procesos, Desarrollador del primer proyecto piloto y al Asegurador de Calidad de Software.

###### 1) Codificación de las entrevistas

La información de las entrevistas fue clasificada por aspectos comunes. Esta clasificación se realizó con el proceso de codificación propuesto en [20], donde se agrupan los datos en bloques de información identificables.

A partir de las preguntas de investigación se creó un catálogo de códigos para clasificar la información de las entrevistas, y se asignó el código correspondiente al tema en cada texto o párrafo. Si el texto no estaba relacionado con algún código existente, se asociaba un código nuevo y se anexaba al catálogo de códigos. Se realizó una re-lectura de todas las entrevistas para verificar la asociación correcta del código.

Posteriormente, la información de cada código fue reordenada en orden cronológico, prioritario o lógico. A continuación, los códigos identificados y su texto correspondiente se anexaron a la pregunta de investigación asociada. Finalmente, se revisó el mapeo resultante para verificar que la información recabada contribuía a dar respuesta a las preguntas de investigación.

###### 2) Triangulación de las entrevistas

La triangulación se realizó sobre las respuestas de cada pregunta de investigación, de tal manera que los textos que coincidan para más de un encuestado daban sustento a la respuesta [21]. En tanto, aquellos resultados que no coincidieran, dieron una mejor perspectiva de lo que ocurre con el fenómeno en estudio, considerando la influencia en el participante [21].

La triangulación reveló la coincidencia de las aportaciones de los diferentes entrevistados a una misma pregunta de investigación. La información ya analizada e interpretada, se reúne en la sección V Resultados.

##### B. Métricas de proyectos para determinar beneficios

La perspectiva considerada dentro de esta unidad fue positivista, al buscar evidencia formal, medir variables y cuestionar la hipótesis. El enfoque fue deductivo al explorar, analizar y explicar la información recabada para responder las preguntas de investigación.

A las entrevistas se les aplicó el proceso de codificación y triangulación, permitiendo conocer el proceso de métricas, determinar el estado de un proyecto a partir de los indicadores y entender la información de los reportes de métricas para proyectos con RUP y técnicas ágiles. Las métricas elegidas fueron:

**Mejora de velocidad de implementación.** La mejora de la velocidad de implementación fue planteada como un objetivo organizacional. El valor histórico de la velocidad de

implementación en Praxis era 2.47 cp/hr (Puntos de complejidad entre horas.).

Para determinar si hubo mejora en el desarrollo con técnicas ágiles, se realizaron muestreos al mismo indicador en cada Sprint de los primeros proyectos pilotos con técnicas ágiles.

El muestreo de la velocidad de implementación del Sprint 1 del primer proyecto piloto, fue analizado para ver su distribución. Mediante la prueba de Anderson-Darling [22], se determinó que el comportamiento de las muestras no se apegaba a una distribución normal, lo que mostró que la velocidad real durante la implementación podía tener un comportamiento fuera de control durante el monitoreo. Por lo que se aplicó a este muestreo un método de transformación, para apegar a un comportamiento normal y seguir analizando las muestras.

También, se obtuvo el Gráfico Individual y el Gráfico de Rango Móvil, arrojando una velocidad de implementación promedio de 3.87 cp/hr, como se muestra en la Figura 3.

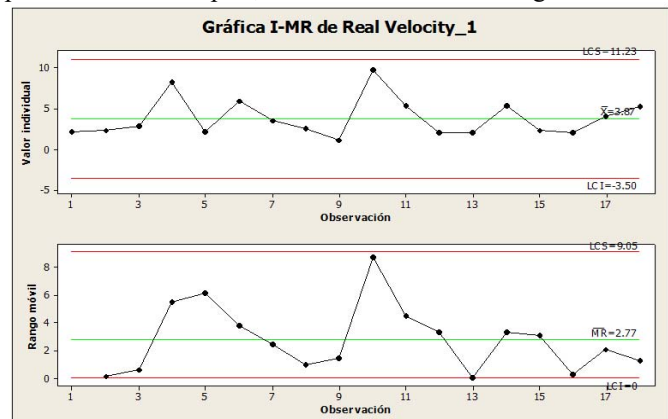


Figura 3. Análisis del indicador de velocidad de implementación del Sprint 1.

Al comparar la velocidad de implementación histórica contra la velocidad de implementación promedio 3.87 cp/hr, se observó que la velocidad aumentó un 56.27%. Se realizó el mismo análisis al muestreo del Sprint 2, obteniendo una velocidad de implementación promedio de 5.56 cp/hr mostrando un aumento de 125%.

Praxis realizó la prueba estadística ANOVA para verificar que la mejora en la velocidad de implementación en los proyectos pilotos no eran casos particulares ni aislados.

Para realizar la prueba ANOVA, se consideraron los muestreos de la velocidad de implementación de los Sprints de tres proyectos. Los resultados demostraron que la mejora en la velocidad de implementación no fue un caso aislado.

El segundo análisis con la misma prueba comprobó que no existe diferencia entre la velocidad de implementación de proyectos pilotos con técnicas ágiles respecto a proyectos con procesos desplegados que incluyen técnicas ágiles.

Con los dos análisis se estableció que la mejora en la velocidad de implementación se mantuvo en proyectos pilotos y proyectos desplegados, demostrando que dicha mejora no fue un caso aislado ni particular al proyecto.

**Disminución de defectos en el producto final de un proyecto.** El valor histórico sobre el número de defectos por producto final en un proyecto con metodología RUP era de 0.054 defectos por producto. Al muestrear el indicador del

proyecto piloto, se obtuvo un valor medio de 0.016 defectos en productos finales, comparando con el valor de la línea base se observa una reducción de 28.98%, ver Figura 4.

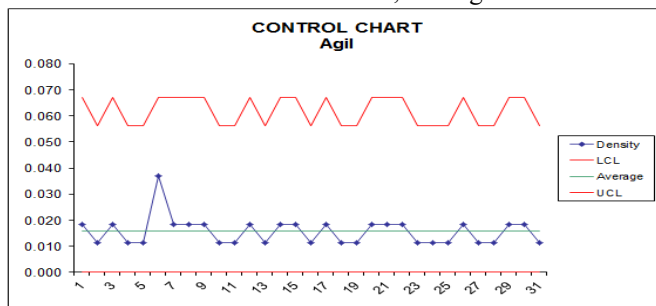


Figura 4. Muestreo de densidad de defectos por producto en el primer proyecto ágil.

### C. Adaptación del grupo de trabajo

Esta unidad de análisis investiga la respuesta de los integrantes de los equipos de trabajo ante la integración de técnicas ágiles con CMMI-DEV. Para esta unidad de análisis fueron recabadas 9 encuestas.

La descripción informativa de un conjunto de datos está dada por la frecuencia con que se repite un evento, denominada frecuencia de clase [23]. En el análisis de la investigación, la clase fue representada por cada una de las posibles respuestas de cada pregunta. Mientras que la frecuencia relativa es la frecuencia de repetición respecto a toda la población y es quién hace evidente la existencia de patrones.

Las respuestas de las encuestas fueron almacenadas en una base de datos y se extrajo la frecuencia relativa de cada una. Los porcentajes de las respuestas se presentan en la sección de resultados y apoyan la discusión de cada aspecto relacionado con la adaptación del grupo de trabajo.

## V. RESULTADOS

Los efectos de la integración de técnicas ágiles con CMMI-DEV tuvieron impacto sobre los integrantes de los equipos de trabajo, el cliente y la misma organización. A continuación se listan los más relevantes agrupados en beneficios y áreas de oportunidad.

### A. Beneficios

**Enfoque en producto y no en documentación.** La nueva estrategia permitió enfocarse en el producto y no en la documentación para así disminuir el tiempo de fabricación y reducir el costo del producto sin descuidar la evidencia solicitada por CMMI-DEV.

Al implementar técnicas ágiles se eliminaron actividades de RUP que no generaban valor al proyecto y tomaba tiempo hacerlas. Se eliminó por ejemplo la actividad de documentar para comprobar que se hicieron pruebas unitarias y la descripción de éstas. Se establecieron los periodos para documentar y se dejó de hacer esta actividad todos los días.

**Selección de las tareas a realizar.** En el desarrollo con RUP, el administrador de proyecto asigna las actividades a los desarrolladores. Sin embargo, en técnicas ágiles cada integrante selecciona las tareas con las que se siente más cómodo, de esta manera son ellos quienes van administrando diariamente sus tareas en los tableros. Esto ayuda a que los

integrantes del equipo se sientan tomados en cuenta, motivados y con sentido de pertenencia a la organización.

**Descripción de tareas.** Las funcionalidades de las actividades están descritas con texto narrativo y quedan sujetas a la interpretación de los programadores. Sin embargo, el equipo de trabajo participa en la reunión de planeación del Sprint, colaborando a entender, dimensionar y estimar tanto las tareas como el esfuerzo que se requiere para alcanzar el objetivo del Sprint.

Con técnicas ágiles los integrantes se encuentran involucrados en la planeación lo que mejora el entendimiento de los productos a implementar. Los integrantes del equipo conocen todo el proyecto y pueden apoyarse para aclarar detalles de los productos directamente con el dueño del producto (Product Owner) o su representante.

**Mayor control de actividades.** Para monitorear y controlar el avance del equipo se utilizan las reuniones diarias con el equipo de trabajo, el tablero Kanban y las herramientas tradicionales de administración de proyectos. Esto repercute en el mayor control del trabajo del equipo, una mayor visibilidad del proyecto y un mejor manejo de los riesgos diarios.

Las encuestas arrojaron que un 56% considera que se tiene un mayor control de las actividades con las técnicas ágiles.

**Corrección oportuna de defectos.** Las diferencias de trabajar CMMI-DEV Nivel 5 con metodología RUP respecto a las técnicas ágiles recaen mayormente en la retroalimentación constante del cliente. Durante cada Sprint se realizan pruebas y correcciones al producto. Al finalizar el Sprint el cliente puede ver un producto funcional, dando una retroalimentación oportuna a los desarrolladores. Las correcciones no sólo se hacen a nivel del producto, sino también con el equipo de trabajo por medio de las reuniones de retrospectiva.

El 33% de los encuestados destaca la identificación oportuna de errores como una diferencia al desarrollar software con técnicas ágiles respecto al hacerlo con RUP.

**Aumento de productividad.** El incremento de la velocidad de implementación se logró al reducir el tiempo estimado para el desarrollo y la documentación innecesaria provocando menos interrupciones al programar.

Al desarrollar con técnicas ágiles se da prioridad a implementar productos de mayor valor, lo que genera mayor productividad del equipo a los ojos del cliente. Así, el 22% de los encuestados considera que se optimiza el tiempo con las técnicas ágiles, el 100% respondió que las actividades se realizaron en el tiempo planeado al utilizar técnicas ágiles, y el 44% piensa que las actividades se realizan más rápido respecto a otras metodologías. Además, el 78% de los encuestados considera que se ha aumentado la productividad de los equipos de trabajo.

**Conservar la calidad.** Se obtuvo una reducción del 28.98% en los defectos generados al desarrollar el producto, y en la encuesta el 22% indica que se tienen menos errores en el desarrollo ya que el trabajo con técnicas ágiles ayuda a solucionar problemas durante el desarrollo y no después. La calidad del producto no solamente se conservó, sino que fue mejorada con ágiles al terminar el proyecto con menos defectos que utilizando RUP.

**Mejora profesional de los integrantes del equipo de trabajo.** Las encuestas arrojaron los siguientes porcentajes: al



44% no le costó trabajo adaptarse al trabajo con ágiles, al 56% le costó un poco de trabajo la adaptación, el 67% recibió algún tipo de asesoría para desempeñar mejor su trabajo. Finalmente el 89% piensa que desarrollar software con ágiles incrementó su nivel profesional y el 67% considera haber mejorado su desempeño en el trabajo.

Cuando los desarrolladores cumplen con todos los roles se vuelven interdisciplinarios. Aunado a las cualidades de ser autodidacta, proactivo y trabajar en equipo aumenta el conocimiento durante cada proyecto.

**Mejoras personales de los integrantes.** El 33% identifica mejoras en su vida personal con el trabajo ágil, el 33% detecta pocos beneficios personales y el 22% consideran que no tiene relación ambos aspectos. El 67% se siente a gusto con el desarrollo ágil, el 56% se siente motivado por el conocimiento adquirido, en tanto el 22% está motivado por ser de los primeros en integrar técnicas ágiles con CMMI-DEV.

**Mejoras en el ambiente de trabajo.** En las reuniones diarias, entre todos los integrantes del equipo resuelven los problemas que tiene cada uno de ellos y puedan avanzar con su trabajo del día. El 89% de los encuestados consideran que los integrantes de un equipo de trabajo se apoyan entre sí y 78% considera que se ha mejorado el ambiente de trabajo en los equipos ágiles.

La comunicación es uno de los factores que más han ayudado en el ambiente de trabajo, debido al apoyo que se brindan los integrantes al resolver un problema avanzando más rápido.

**Recertificación en Nivel 5 de CMMI-DEV.** La evaluación de Praxis con CMMI-DEV, ayudó a mejorar la posición del negocio al lograr obtener el nivel 5 de CMMI-DEV.

**Satisfacción del cliente.** La respuesta de los clientes con esta forma de trabajo fue positiva por los resultados obtenidos, inclusive algunos comentaron que regresarán o solicitarán una segunda fase de aplicaciones. Ha habido felicitaciones a los grupos de trabajo.

### B. Áreas de oportunidad

Las áreas de oportunidad fueron identificadas principalmente en las actividades que no se realizaron de manera adecuada o faltaron para asegurar un método de trabajo óptimo en el desarrollo de software.

**Mejorar el proceso de cambios empleando técnicas ágiles.** Cuando se solicita un cambio, en la metodología RUP se avanza en el desarrollo de productos que no son afectados y cuando el cambio es aceptado, se actualiza la planeación del proyecto. Mientras que al utilizar técnicas ágiles, la única forma de hacer un cambio cuando hay un Sprint en proceso, es deteniendo totalmente el Sprint.

Una posible solución, sería utilizar la misma estrategia de la metodología RUP, es decir, al surgir la solicitud de cambio se avanza con las tareas que no son afectadas y al ser autorizado se actualiza la planeación del proyecto, objetivo y alcance.

**Desventajas para los integrantes del equipo.** El trabajo con técnicas ágiles puede provocar más presión en el equipo al buscar llegar al objetivo contando con tiempos más cortos. Así como, surge la dificultad de acoplarse a un nuevo integrante pudiendo afectar el avance del proyecto.

En cuanto a los porcentajes: el 78% detectó dificultades al trabajar técnicas ágiles con CMMI-DEV, el 33% piensa que fue un poco difícil la adaptación al cambio, mientras que el 11% considera que influye la sinergia del equipo para evitar dificultades al desarrollar software con ágiles.

## VI. CONCLUSIONES

El objetivo de la investigación fue documentar la manera en que Praxis integró dos formas de desarrollar software, así como detectar los beneficios y áreas de oportunidad de este método de trabajo.

Los beneficios no solamente fueron a nivel empresarial al conservar el Nivel 5 de la evaluación de CMMI-DEV y mejorar su posición en la industria del software, sino que enriqueció el método de trabajo de los equipos de desarrollo, optimizando los recursos para generar productos de calidad en un menor tiempo.

Además de mejorar la calidad del producto de software, también hubo beneficios para los individuos que colaboran en el desarrollo del proyecto. Generando un ambiente de trabajo apropiado, que comprometía, responsabilizaba y motivaba a cada miembro del equipo o involucrado en el proyecto.

Las metas específicas fueron alcanzadas al identificar las técnicas ágiles que se incorporaron con CMMI-DEV y la manera en que fueron implementadas en proyectos reales; al comparar métricas de productividad y calidad, confrontando los resultados de proyectos ágiles respecto a proyectos que utilizan metodología RUP; al identificar los beneficios de desarrollar con técnicas; y al detectar áreas de oportunidad con esta forma de desarrollar software.

Integrar nuevas prácticas a la forma de desarrollar software requiere de una investigación y planeación previa, para establecer la estrategia de trabajo e implementarla en proyectos piloto con la intención de facilitar y pulir su incorporación como proceso institucional, así como para alcanzar los niveles de madurez de manera paulatina y constante.

Las debilidades de la investigación se centran en dos puntos: el primero de ellos es que la información para documentar el aumento de la productividad no fue completo, debido a que son datos históricos y en muchas ocasiones confidenciales. Por otra parte el número de encuestas aplicadas fue reducido, lo que impidió aplicar otros métodos estadísticos para analizar el comportamiento o influencia de las respuestas de la encuesta.

En cuanto al trabajo futuro se consideran relevantes los siguientes puntos: (i) Examinar y comparar las estimaciones de las tareas de proyectos ágiles contra las estimaciones tradicionales; y (ii) Aplicar técnicas ágiles en otros modelos de calidad enfocados a empresas más pequeñas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al apoyo del CONACyT, el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación (PCIC-UNAM), al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP-UNAM) y del "Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM" de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

## REFERENCIAS

- [1] N. K. Lim, J. Ang y F. Pavri, «Diffusing software-based innovation with a software factory approach for software development» IEEE Xplore, pp. 549-555, 2000.
- [2] M. B. Chrissis, M. Konrad y S. Shrum, CMMI for Development: Guidelines for Process Integration and Product Improvement, Addison-Wesley.
- [3] M. Morales Trujillo, H. Oktaba, F. J. Pino y M. J. Orozco, «Applying Agile and Lean Practices in a Software Development Project into a CMMI Organization» Springer, pp. 17-29, 2011.
- [4] Varios Autores, «Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software,» 2001. [En línea] <http://agilemanifesto.org/iso/es/>
- [5] H. Glazer, J. Dalton, D. Anderson, M. Konrad y S. Shrum, CMMI or Agile: Why Not Embrace Both!, U.S.A.: Software Engineering Institute, 2008.
- [6] A. Dabat y J. Basave, Globalización y alternativas incluyentes para el siglo XXI, México: Porrúa, 2002.
- [7] P. Mochi Alemán, «La Industria del Software en México,» Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía, vol. 35, n° 137, pp. 41-58, 2004.
- [8] L. Yuhong, «Software Industry Competitive Strategy and Innovation, A Comparison among Typical Nations» de International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences, Nanjing, China, 2011.
- [9] R. Moreira de Castro, J. L. Braga y L. Santos Soares, «Selection of good practices for small software development teams: a knowledge-based approach» de ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, New York, E.E.U.U., 2013.
- [10] G. P. Gasca-Hurtado, L. M. Giraldo, J. Calvo Manzano y J. A. Echeverri Arias, «Análisis estadístico de la implementación de buenas prácticas en organizaciones desarrolladoras de software,» de 8a Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información y Tecnologías, Lisboa, Portugal, 2013.
- [11] A. De Vasconcelos, J. De la Vara, J. Sánchez y O. Pastor, «Towards CMMI-compliant Business Process-Driven Requirements Engineering,» de Conference on the Quality of Information and Communications Technology (QUATIC), Lisboa, Portugal, 2012.
- [12] N. Y. León Padilla, Y. N. Gonzales Meneses, J. J. Hernández Mora y M. G. Medina Barrera, «Ranking mundial en certificaciones CMMI-DEV Ver. 1.3 Año 2013,» Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa, vol. 1, n° 1, 2014.
- [13] S. E. Institute, «Software Engineering Institute» 24 10 2014. [En línea] <http://cmmiinstitute.com/assets/Spanish%20Technical%20Report%20CMMI%20V%201%203.pdf>.
- [14] C. Institute, «Published Appraisal Result» 09 09 2014. [En línea] <https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx>.
- [15] P. E. McMahon, Integrating CMMI and Agile Development, Boston, E.E.U.U.: Addison-Wesley, 2011.
- [16] T. Madi, Z. Dahalin y F. Bahar, «Content analysis on agile values: A perception from software practitioners» de 5° Malaysian Conference in Software Engineering (MySEC), Malasia, 2011.
- [17] M. B. Chrissis, M. Konrad y S. Shrum, CMMI for Development: Guidelines for Process Integration and Product Improvement, Addison-Wesley, 2010.
- [18] S. W. Baker, «Formalizing agility: an agile organization's journey toward CMMI accreditation» de Proceedings of the Agile Development Conference (ADC'05), Colorado, E.E.U.U., 2005.
- [19] N. Ramasubbu y R. K. Balan, «The impact of process choice in high maturity environments: An empirical analysis» de IEEE 31st International Conference on Software Engineering, 2009. ICSE 2009, Vancouver, Canadá, 2009.
- [20] A. Coffey y P. Atkinson, Encontrar sentido a los datos cualitativos. Estrategias complementarias de investigación, Medellín, Colombia: Editorial Universidad Antioquia, 2003.
- [21] M. Okuda Benavides y C. Gómez Restrepo, «Métodos de investigación cualitativa: triangulación,» Revista Colombiana de Psiquiatría, vol. XXXIV, n° 1, pp. 118-124, 2005.
- [22] Stephens, M. A. (1974). EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, Journal of the American Statistical Association, 69, pp. 730-737.
- [23] G. Canavos, Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos., México: Mc Graw-Hill, 1998.



**Gabriela Arauz Ortiz** es Maestra en Ingeniería (Computación) por la Universidad Nacional Autónoma de México desde 2015.



**Miguel Ehécatl Morales Trujillo** es Doctor en Ciencias (Computación) por la Universidad Nacional Autónoma de México desde 2015. Actualmente se desempeña como Profesor de Asignatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Sus áreas de interés son la Ingeniería de Software y Bases de Datos.



**Hanna Oktaba** es Doctora por la Universidad de Varsovia, Polonia. Desde 1983 es profesora de la UNAM, tanto en la Facultad de Ciencias como en el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación. Sus áreas de interés son los modelos de procesos para pequeñas organizaciones de software y la creación de normas. Desde 2006 es representante de México ante el WG24 de ISO JTC1/SC7.



**Elsa Ramírez Hernández** es Ingeniera en Computación, socia fundadora y actualmente directora de Innovación y Calidad del Corporativo Praxis desde 1996. Egresada del Instituto Tecnológico Autónomo de México con estudios de Maestría en Tecnologías de Información y Administración, así como de Maestría en Redes y Sistemas de Información para las Empresas por la Escuela Nacional Superior de Telecomunicaciones de Bretagne-Rennes en Francia.