

Metodología ágil para el desarrollo e implementación de un sistema de información en una organización de servicios

Tabone, Luciana Belén
lucianatabone@fi.mdp.edu.ar

Mortara, Verónica Aída
vmortara@fi.mdp.edu.ar

Dimarco, Darío Maximiliano
dimarcomaximiliano@gmail.com

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).

Fecha de recepción COINI: 07/07/2022¹

Fecha de aprobación RIII: 10/01/2023

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo e implementación de un sistema de información en una pequeña organización de servicios de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. En una etapa previa, mediante aplicación de la metodología Investigación Operativa Soft, se realizó un relevamiento de información y definición de requisitos, donde se determinaron las principales necesidades que debería cubrir el sistema de información. A partir de estos requisitos definidos, se propone continuar con el proceso de desarrollo e implementación del sistema. En una primera etapa, se realiza la evaluación y selección del proveedor del sistema mediante la aplicación del método multicriterio para la toma de decisiones Proceso Analítico de Jerarquías. En una segunda etapa, se utilizan metodologías ágiles para gestionar el desarrollo e implementación del sistema en forma conjunta con los principales actores involucrados. Dado que las metodologías ágiles están orientadas especialmente a la gestión de proyectos pequeños, su aplicación resultó una solución sencilla y adecuada para este caso de estudio, permitiendo obtener un sistema de información a medida y de fácil adopción.

Palabras Claves: sistema de información; metodologías ágiles; proceso analítico de jerarquías; servicios.

¹ **Artículo Premiado** en el XV COINI 2022

Agile methodology for the development and implementation of an information system in a service organization

ABSTRACT

The objective of this work is the development and implementation of an information system in a small service organization in the city of Mar del Plata, Argentina. In a previous stage, by applying the Soft Operational Research methodology, a survey of information and definition of requirements was carried out, where the main needs that the information system should cover were determined. Based on these defined requirements, it is proposed to continue with the system development and implementation process. In a first stage, the evaluation and selection of the system provider is carried out by applying the multicriteria method for decision making Analytical Hierarchy Process. In a second stage, agile methodologies are used to manage the development and implementation of the system jointly with the main actors involved. Given that agile methodologies are especially oriented to the management of small projects, their application was a simple and adequate solution for this case study, allowing to obtain a customized and easy-to-adopt information system.

Keywords: information system; agile methodologies; analytical hierarchy process; services.

Metodologia ágil para o desenvolvimento e implementação de um sistema de informação em uma organização de serviços

RESUMO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento e implementação de um sistema de informação em uma pequena organização de serviços na cidade de Mar del Plata, Argentina. Numa fase anterior, através da aplicação da metodologia Soft Operations Research, procedeu-se ao levantamento de informação e definição de requisitos, onde foram determinadas as principais necessidades que o sistema de informação deveria cobrir. Com base nestes requisitos definidos, propõe-se continuar com o processo de desenvolvimento e implementação do sistema. Numa primeira fase, a avaliação e seleção do fornecedor do sistema é efetuada através da aplicação do método multicritério para a tomada de decisão, o Analytical Hierarchy Process. Numa segunda fase, são utilizadas metodologias ágeis para gerir o desenvolvimento e implementação do sistema em conjunto com os principais atores envolvidos. Dado que as metodologias ágeis estão especialmente vocacionadas para a gestão de pequenos projetos, a sua aplicação revelou-se uma solução simples e adequada para este caso de estudo, permitindo obter um sistema de informação customizado e de fácil adoção.

Palavras-chave: sistema de informação; metodologias ágeis; processo analítico hierárquico; serviços.

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de información es una valiosa herramienta que puede generar valor para la empresa y sus clientes. Este permite que muchas más personas tengan acceso a la información y la compartan, lo que facilita la toma de decisiones, aumenta la eficiencia de los procesos empresariales y brinda un mejor servicio al cliente. En la definición de los requisitos y el posterior desarrollo de un sistema de información, es de suma importancia la participación activa y colaborativa de los usuarios, ya que facilitan la recolección de información y el aporte de contribuciones valiosas.

Se toma como caso de estudio a una organización de la ciudad de Mar del Plata que brinda servicios especializados en salud mental. La principal problemática detectada fue la carencia de un sistema de información digital. Implementaban registros en papel, carteleras, registros en planillas de cálculo electrónicas e informes en procesadores de texto que almacenaban en la nube para permitir el acceso de todas las áreas. Ante la creciente demanda de tratamiento y las falencias del manejo de la información, resultó imperiosa la implementación de un software de gestión que facilite la toma de decisiones estratégicas a largo plazo y las decisiones operativas de cada área. En trabajos previos (Tabone & Mortara, 2022) se definieron los requisitos para el diseño del software de gestión integral utilizando Investigación Operativa Soft.

A partir de estos requisitos, es objetivo del presente trabajo continuar con el proceso de desarrollo e implementación del sistema de información abordado desde la aplicación de metodologías participativas. Para ello, en primera instancia, se efectúa la evaluación y selección del proveedor del sistema mediante la aplicación del método multicriterio Proceso Analítico de Jerarquías (AHP, por sus siglas en inglés) y en una segunda etapa, mediante la aplicación de la metodología ágil Kanban, se gestiona el desarrollo e implementación del sistema en forma conjunta con los principales actores involucrados.

2. MARCO TEÓRICO

Metodologías ágiles

En el contexto actual, las organizaciones necesitan actualizar sus sistemas o automatizar sus procesos, generando nuevos retos en la gestión de proyectos de desarrollo de software. Esto se orienta a la mejora de la productividad y la generación de valor en las organizaciones, razón por la cual implementan nuevos métodos de gestión y las metodologías ágiles resultan ser una alternativa conveniente a adoptar (Gamboa Manzaba, 2014).

Los métodos ágiles continúan ganando espacio e importancia debido a que son más eficientes en ambientes de alta incertidumbre y cambios en comparación a los métodos tradicionales de desarrollo de software (Masood, Hoda, & Blincoe, 2018). Se fundamentan en que los requisitos y soluciones evolucionan en el tiempo según las necesidades del proyecto y en donde la colaboración de equipos de trabajo es esencial para el cumplimiento de objetivos (Gaete, Villarroel, Figueroa, Cornide-Reyes, & Muñoz, 2021). Las organizaciones, con el fin de conseguir que sus equipos alcancen altos estándares de trabajo y que los clientes perciban que se les está agregando valor a su producto, inician procesos de adopción que permiten incorporar la agilidad en sus procesos de gestión. (Valentin, Carvalho, & Barreto, 2015).

Una cuestión favorable de estos métodos es que facilitan a empresas de tamaño pequeño la adopción de prácticas que favorecen a la gestión de sus recursos sin mayores formalismos, en relación a las

metodologías tradicionales (Yepes González, Pardo Calvache, & Gómez Gómez, 2015). Es por ello, que están especialmente indicadas en proyectos con requisitos poco definidos y cambiantes y se aplican bien en equipos pequeños que resuelven problemas concretos, dividiendo el trabajo en módulos abordables para minimizar errores y costos. Las metodologías ágiles presentan diversas ventajas (Amaro Calderón & Valverde Rebaza, 2007), tales como:

- Capacidad de respuestas a cambios de requisitos a lo largo del desarrollo.
- Entrega continua y en plazos breves de software funcional.
- Trabajo conjunto entre el cliente y el equipo de desarrollo.
- Importancia de la simplicidad, eliminando el trabajo innecesario.
- Atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño
- Mejora continua de los procesos y el equipo de desarrollo.

En concreto, las metodologías ágiles para el desarrollo de software proporcionan en cortos períodos de tiempo partes pequeñas del sistema debido a su enfoque flexible y al trabajo en equipo. (Baldoceña Conde, 2021)

Los enfoques ágiles están alineados con los principios y valores declarados en el manifiesto ágil. Este es un documento que engloba principios y valores que hacen diferente un proyecto de desarrollo de software ágil de uno en su forma tradicional. Según el manifiesto ágil se valora:

- Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.
- Desarrollar software que funcione más que la documentación del mismo.
- La colaboración con el cliente más que la negociación de su contrato.
- Responder a los cambios más que seguir con el plan establecido.

Estos cuatro valores dieron origen a doce principios del manifiesto, que son:

1. La principal prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de software de valor.
2. Son bienvenidos los requisitos cambiantes, incluso si llegan tarde al desarrollo. Los procesos ágiles se dobligan al cambio como ventaja competitiva para el cliente.
3. Entregar con frecuencia software que funcione, en periodos de un par de semanas hasta un par de meses, con preferencia en los periodos breves.
4. Las personas del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos de forma cotidiana a través del proyecto.
5. Construcción de proyectos en torno a individuos motivados, dándoles la oportunidad y el respaldo que necesitan y procurándoles confianza para que realicen la tarea.
6. La forma más eficiente y efectiva de comunicar información de ida y vuelta dentro de un equipo de desarrollo es mediante la conversación cara a cara.
7. El software que funciona es la principal medida del progreso.
8. Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenido. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deben mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica enaltece la agilidad.
10. La simplicidad como arte de maximizar la cantidad de trabajo que se hace, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos que se autoorganizan.
12. En intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre la forma de ser más efectivo y ajusta su conducta en consecuencia.

Los dos primeros principios son generales y resumen gran parte de la filosofía ágil, el resto tienen que ver con el proceso a seguir y con el equipo de desarrollo (Amaro Calderón & Valverde Rebaza, 2007).

Kanban aplicado al desarrollo de software

Entre las metodologías ágiles más utilizadas se encuentran la Programación Extrema, enfocada en la parte de programación, Scrum, orientada a las prácticas de organización y gestión, y Kanban, que gestiona un flujo óptimo de trabajo dentro del proceso.

En particular el Kanban es una técnica de representación visual de información que mejora la eficiencia en la ejecución de las tareas de un proyecto. Anderson (Anderson, 2010) fue pionero en implementar esta metodología para el desarrollo de software. Dicho autor expresa que Kanban tiene como objetivo principal gestionar de manera general como se van completando las actividades y en la actualidad es ampliamente utilizada para la gestión de proyectos de software, aunque no fue creada específicamente.

Las tres principales reglas de Kanban (Pérez, 2012) son las siguientes:

1. Visualizar el flujo de trabajo: El trabajo se divide en partes o tareas, que se escriben en una tarjeta y se las coloca en la columna inicial del tablero Kanban. Las columnas representan los estados por los que puede pasar cada tarea y son tantas como las que el equipo considere necesario. El objetivo de esta regla es visualizar en que está trabajando cada miembro del equipo, que todos tengan algo que hacer, considerando las prioridades de cada tarea.
2. Determinar el límite del trabajo en proceso: Se debe establecer el límite de tareas que se pueden realizar en cada estado del flujo de trabajo con el fin de detectar cuellos de botella.
3. Controlar el tiempo en completar una actividad (lead time): El lead time es el tiempo desde que se pide la tarea hasta su entrega, mientras que el tiempo de ciclo es el tiempo desde que se inicia una actividad hasta su finalización, es decir mide el rendimiento del proceso. Es indispensable optimizar estas métricas para el control y la mejora continua.

Una de las características por la que el Kanban se diferencia de otras metodologías ágiles es la ausencia de roles. Sin embargo, esto no implica que no se puedan añadir roles adicionales en caso de ser necesarios, siempre y cuando se esté seguro que agreguen valor y no generen conflictos con otros elementos del proyecto (Kniberg, Skarin, Poppendieck, & Anderson, 2010).

Los tableros Kanban pueden ser implementados de forma física o virtual, dependiendo del contexto de trabajo de la organización, de la localización de los miembros del equipo y de las condiciones laborales para el desarrollo del software (León Yacelga & Checa Cabrera, 2022).

Proceso Analítico de Jerarquías

La toma de decisiones en escenarios de múltiples alternativas no puede basarse en un solo criterio. Existen diversas técnicas que consideran evaluar simultáneamente varios criterios, cualitativos y cuantitativos, de un conjunto de alternativas. Para que esta evaluación sea más acertada debe ser realizada bajo un enfoque participativo y no por una sola persona (Gil Torrijos, 2018). El AHP es uno de los métodos que suele utilizarse como apoyo a la toma de decisiones en estos contextos.

Este método se basa en la construcción de las jerarquías, el establecimiento de prioridades y una consistencia lógica. Descompone el problema en una estructura jerárquica multinivel de objetivos o metas, criterios, subcriterios y alternativas (Tapiero, Trujillo Barrios, & Guzmán, 2017). Los decisores realizan evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y de cada una de las alternativas referida a cada criterio. Como resultado final se establece la prioridad global de

las alternativas de decisión respecto al objetivo (Toskano Hurtado, 2005). Es una técnica ampliamente utilizada por los tomadores de decisiones y los investigadores por su extenso campo de aplicación en los procesos de planificación, la asignación de recursos y la selección de proyectos tecnológicos, entre otros (Huamaní Huamaní & Eyzaguirre Tejada, 2015).

3. METODOLOGÍA

La metodología adoptada se basa en un estudio de caso efectuado en una organización que presta servicios de salud en la ciudad de Mar del Plata. Se aborda mediante una investigación mixta, cualitativa y cuantitativa. Inicialmente se analizan datos en forma descriptiva y luego, mediante la aplicación de las herramientas propuestas, se realizan cálculos matemáticos requeridos. Las etapas a seguir para el desarrollo del trabajo son las siguientes:

- Paso 1: Análisis de los requisitos para el diseño del software de gestión integral y proceso de desarrollo e implementación, definidos previamente mediante la aplicación de Investigación Operativa Soft (Tabone & Mortara, 2022).
- Paso 2: Evaluación y selección del proveedor del software mediante la aplicación del método multicriterio AHP.
- Paso 3: Aplicación de la metodología ágil Kanban para gestionar el proceso de desarrollo e implementación del sistema mediante el software Gitlab®.
- Paso 4: Análisis de las métricas del método Kanban: lead time y tiempo de ciclo.

Para la ejecución de los pasos anteriores se efectúan visitas in situ y entrevistas programadas con los actores involucrados en el proceso analizado. Todos ellos mostraron muy buena disposición y gran interés en participar en las actividades propuestas.

Método AHP

Este método requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones objetivas y/o subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios que se seguirán para tomar la decisión y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión referida a cada criterio. Como resultado se obtiene la prioridad total de las alternativas de decisión respecto a la meta (Toskano Hurtado, 2005).

Para tomar una decisión en forma organizada, es necesario seguir los siguientes pasos (Saaty, 2008):

1. Definir el problema, estableciendo sus componentes o elementos relevantes.
2. Estructurar la jerarquía del problema. Para ello, se elabora una representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios a ser usados y las alternativas de decisión (Figura 1).
3. Establecer las preferencias: El AHP, requiere a quien toma las decisiones, señalar un juicio de valor con respecto a todos los elementos de un nivel, referido a cada uno de los elementos del nivel inmediato superior. Se utilizan matrices de comparaciones pareadas para establecer dichas preferencias. Las comparaciones pareadas son las bases fundamentales del AHP. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9, como se muestra en Tabla 1, para calificar las preferencias relativas de los elementos.

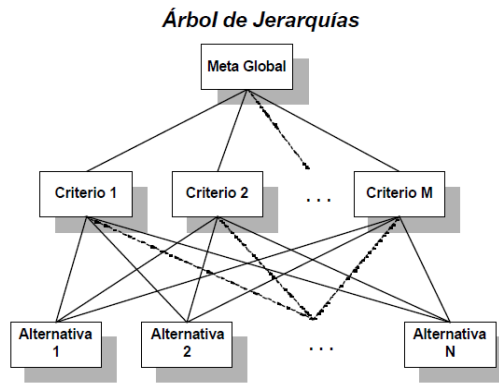


Figura 1: Estructura Jerárquica.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 1: Escala de Saaty.

4. Priorizar y sintetizar: en un problema jerarquizado, las prioridades pueden ser locales, globales o totales. Una consideración importante en términos de la calidad de decisión final se refiere a la consistencia de juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. La consistencia perfecta es difícil de lograr ya que los juicios son realizados por personas. Esta metodología calcula la relación o razón de consistencia de Saaty, considerando aceptable los valores menores a 0,1. Por último, se realiza la síntesis del problema para obtener la prioridad total de las alternativas mediante la agregación multiaditiva de las prioridades globales. Esto permite ordenar el conjunto de las alternativas consideradas y seleccionar la mejor alternativa para obtener la meta buscada (Alberto & Carignano, 2019).

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

La organización bajo estudio es una fundación radicada en la ciudad de Mar del Plata que se dedica a brindar un servicio especializado en salud mental. Proporcionan servicio profesional altamente personalizado según las características y necesidades terapéuticas de cada paciente. Desde su apertura en el año 2013, su estructura organizacional fue modificándose, según el crecimiento de la cantidad de pacientes atendidos. El actual organigrama de la empresa se presenta en la Figura 2, donde se evidencia una estructura de tamaño pequeño con una departamentalización por funciones. Posee una dotación de diez trabajadores distribuidos en los diferentes niveles y tres asesores externos.

Las decisiones estratégicas son tomadas por la Gerencia, y en sus comienzos, al ser una organización pequeña esta área también se encargaba de algunas tareas y toma de decisiones de los mandos medios. Debido al incremento del número de pacientes atendidos estas decisiones, en su mayoría, han sido

delegadas a las áreas correspondientes. En principio la empresa no disponía de un sistema de información o software de gestión integral, se implementaban registros en papel y en planillas de cálculo electrónicas, carteleras e informes en procesadores de texto que almacenan en la nube para permitir el acceso de todas las áreas. Debido a la creciente demanda de tratamiento y las falencias que generaba el manejo de la información se consideró necesaria la implementación de un software de gestión que facilite la toma de decisiones estratégicas a largo plazo y las decisiones operativas de cada área.

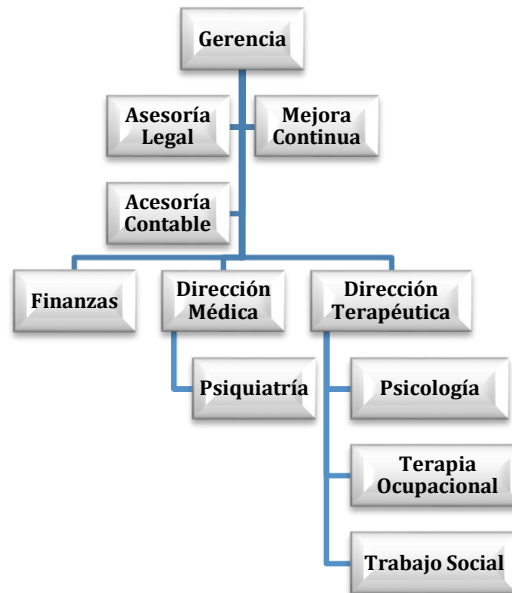


Figura 2: Organigrama actual.

En un trabajo previo (Tabone & Mortara, 2022), mediante la combinación de las metodologías participativas Investigación Operativa Soft y AHP, se definieron los requisitos para el diseño del software de gestión integral que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Requisitos del sistema

REQUISITOS	
1	Incluir en el software de gestión reportes sobre la emisión de la facturación, el flujo de caja (ingresos y egresos) y seguimiento de cobros
2	Definición de indicadores financieros y para la toma de decisiones estratégicas
3	Registro de la información sobre la forma en que los pacientes tomaron conocimiento de la institución y segmento socioeconómico, forma de pago
4	Definición de indicadores de ingresos, permanencia, altas tempranas y altas de los pacientes.
5	La facturación, recibos de pagos y egresos de dinero debería realizarse directamente desde el sistema (integrar a AFIP)
6	Generación de un módulo para la programación de las entrevistas iniciales a los potenciales pacientes y generación de base de datos de las entrevistas
7	Generación de registros digitales en el sistema de las entrevistas iniciales y generación automática de las historias clínicas en informe inicial de los pacientes
8	Generación de registros digitales en los grupos terapéuticos de las tres subáreas y coloquios individuales y generación de indicadores de desempeño del área
9	Generación de registros digitales de los informes evolutivos/cierres de cada paciente
10	Generación de un módulo con el semáforo evolutivo de cada paciente, con estadísticas e integración con los registros de grupos terapéuticos y coloquios individuales

El equipo de trabajo define la secuencia de actividades necesarias para desarrollar e implementar el software de gestión que se presentan en la Figura 3. Como se indica en el mapa conceptual, este trabajo comienza con la búsqueda y selección de proveedores del software. Una vez realizada dicha selección, se inicia con la fase final que corresponde al proceso de desarrollo e implementación del software de gestión integral propuesto.

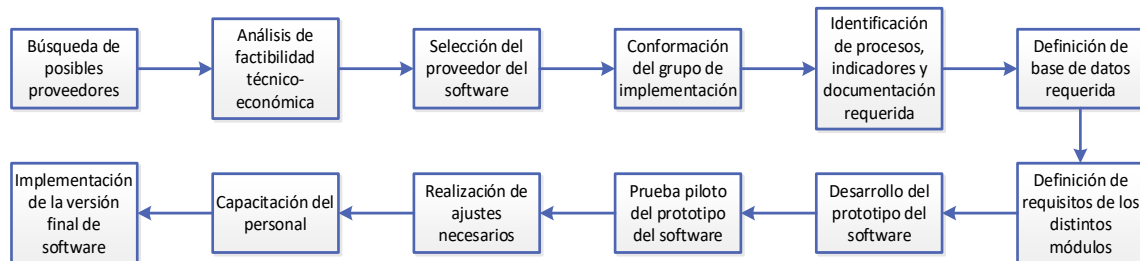


Figura 3. Mapa conceptual.

Evaluación y selección del proveedor del sistema

Para comenzar con el proceso de evaluación y selección del proveedor del sistema se conforma un grupo de trabajo formado por el Gerente, el responsable de Mejora continua y los responsables de las tres áreas de la empresa. Luego, se realizan una serie de entrevistas a los mismos, para identificar aspectos claves del sistema de información, definir las alternativas de desarrollo o compra del sistema y los criterios más relevantes para la selección. Se realiza una búsqueda exhaustiva de posibles proveedores (desarrolladores y sistemas de información médicos existentes en el mercado) y luego de un análisis de factibilidad técnico- económico se consideran viables las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Proveedor local con 18 años de experiencia en el mercado, ofrece un sistema estandarizado para la gestión integral de establecimientos médicos con diversos módulos y capacidad, según estén destinados a consultorios, policonsultorios o clínicas. Posee dos módulos que no son requeridos por la organización como farmacia e internación y no hay posibilidad de adaptar el sistema a algunos requerimientos particulares del área terapéutica. Es un sistema basado en la WEB en un servidor del proveedor y no tiene costo inicial de adquisición ya que se abona mensualmente según la cantidad de profesionales/consultorios requeridos. Ofrece soporte en línea y telefónico.
- Alternativa 2: Es un proveedor internacional altamente reconocido por su gran trayectoria y amplia cartera de clientes. Ofrece un sistema de gestión integral de establecimientos médicos con funcionalidades similares a la alternativa 1 pero con la posibilidad de customizarlo según los requerimientos de la organización. Es un sistema basado en la WEB en un servidor del proveedor. Tiene un elevado costo inicial para la customización de las funcionalidades requeridas y luego se abona mensualmente según la cantidad de profesionales que utilicen el sistema. Ofrece soporte en línea y telefónico.
- Alternativa 3: Esta alternativa consiste en contratar un desarrollador de software para diseñar e implementar un sistema propio creado a medida de los requerimientos de la organización y atendiendo a las particularidades y características del área terapéutica. Esta alternativa implica una inversión inicial más baja en relación a la alternativa 2 y no requiere de abono mensual. Es un sistema basado en la WEB alojado en un servidor propio de la organización. Los tiempos de desarrollo e implementación son más elevados que las alternativas anteriores. El soporte es telefónico o vía correo electrónico.

Los criterios considerados para evaluar a los tres proveedores se definen en función de las características de la organización y los requerimientos del sistema y se presentan en la Tabla 3.

En base a los criterios y alternativas definidas previamente, se aplica el Proceso de Analítico de Jerarquía para seleccionar al mejor proveedor del sistema de información requerido por la empresa. De esta manera, en la Figura 4 se presenta la estructura jerárquica del problema planteado.

Tabla 3: Criterios e indicadores de desempeño.

Criterios	Descripción
1.Flexibilidad	Capacidad de adaptación a los requisitos funcionales de la empresa.
2.Costos	Costo de adquisición y/o mantenimiento
3.Entrega	Tiempo de desarrollo/customización e implementación
4.Servicio Postventa	Actualizaciones y soporte a usuarios.



Figura 4: Estructura jerárquica.

Mediante las entrevistas grupales, los involucrados en el proceso decisorio determinaron en forma consensuada sus preferencias para establecer las medidas de prioridad tanto para los criterios como para las alternativas de decisión respecto a cada criterio de selección. Con estas valoraciones se construyen cinco matrices de comparaciones pareadas. La primera (Tabla 4) para determinar las prioridades de los cuatro criterios en términos de la importancia que cada uno tiene al contribuir al objetivo o meta global y las restantes cuatro matrices (Tablas 5, 6, 7 y 8) para establecer la preferencia de las tres alternativas en términos de cada criterio de selección. Se calcula la relación de consistencia de cada matriz, obteniendo en todos los casos una Relación de Consistencia menor a 0,1. De esta manera, se verifica la calidad de la decisión final ya que los juicios del tomador de decisiones son consistentes en todo el proceso de análisis jerárquico.

Tabla 4: Matriz de comparación pareada de criterios.

Criterios	C1	C2	C3	C4	Prioridad
C1	1	1	8	4	0,4364
C2	1	1	6	3	0,3786
C3	1/8	1/6	1	1/3	0,0537
C4	1/4	1/3	3	1	0,1313
					RC=0,0115

Tabla 5: Matriz de comparación pareada de criterio flexibilidad.

Flexibilidad	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	1/6	1/9	0,0598
A2	6	1	1/3	0,2819
A3	9	3	1	0,6583
				RC=0,0466

Tabla 6: Matriz de comparación pareada de criterio costo.

Costo	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	8	3	0,6571
A2	1/8	1	1/5	0,0683
A3	1/3	5	1	0,2746
RC=0,0383				

Tabla 7: Matriz de comparación pareada de criterio entrega.

Entrega	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	6	9	0,7644
A2	1/6	1	3	0,1659
A3	1/9	1/3	1	0,0698
RC=0,0469				

Tabla 8: Matriz de comparación pareada de criterio servicio postventa.

Serv. Postventa	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	1/3	6	0,2895
A2	3	1	8	0,6463
A3	1/6	1/8	1	0,0641
RC=0,0641				

De esta manera, se obtiene como resultado que los criterios flexibilidad y costos son los más importantes, seguido de los criterios servicio postventa y entrega, con un menor nivel de prioridad. Asimismo, se determina que la alternativa 1 es la más importante si se consideran los criterios costos y entrega. Analizando la flexibilidad, la alternativa 3 contribuye en forma significativa con este criterio. Si se analiza el servicio postventa, la alternativa 2 es la de mayor relevancia. Finalmente, se obtiene la prioridad total que da como resultado la jerarquización u ordenamiento de las tres alternativas de proveedores consideradas para este caso. La Tabla 9 presenta los valores obtenidos.

Tabla 9: Priorización total.

Prioridades	A1	A2	A3
C1	0,4364	0,0598	0,2819
C2	0,3786	0,6571	0,0683
C3	0,0537	0,7644	0,1659
C4	0,1313	0,2895	0,6463
Prioridad Total	0,3540	0,2426	0,4034

Como se puede observar, la alternativa con mayor peso es la alternativa 3 con un 40,38%, seguido por la alternativa 1 con un 35,40% y finalmente la alternativa 2 con un 24,26%. Así, se puede afirmar que en relación a los criterios establecidos y sus prioridades el mejor proveedor para desarrollar e implementar el sistema de información de la organización bajo estudio es el desarrollador (A3).

Desarrollo e implementación del software

Seleccionado el desarrollador, se realizan reuniones con el gerente de la organización y el coordinador de mejora continua para consensuar la forma de gestionar el proceso de desarrollo e implementación del software en forma participativa. En base a las propuestas del desarrollador, las características de la organización y los requisitos funcionales del software a desarrollar, se selecciona Kanban que es una metodología ágil que permite gestionar este proceso de forma flexible, reducir el tiempo de espera de las actividades y visualizar los cuellos de botella.

Se comienza armando el equipo de trabajo conformado por el desarrollador, el Gerente y la Coordinador de Mejora Continua. Si bien el Kanban es una metodología que se caracteriza por tener una ausencia de

roles, en este caso se consideró necesario para evitar situaciones conflictivas la definición de los siguientes roles (Salvay, 2017):

- Product Owner: es la persona que toma las decisiones, conoce el negocio del cliente y su visión del producto. Se encarga de escribir las ideas del cliente, las ordena por prioridad. Debe permanecer en contacto continuo con el desarrollador para la planificación y revisión de cada actividad. Este rol es asignado al Coordinador de Mejora Continua.
- Desarrollador: se encarga del desarrollo del software, organiza y toma decisiones para alcanzar los objetivos planteados. Actúa también como facilitador, eliminando los riesgos e inconvenientes que impidan que el proceso fluya.
- Usuarios: son los destinatarios finales del producto y acompañan el progreso del desarrollo aportando ideas, sugerencias o necesidades. Son usuarios todo el personal de la organización.
- Stakeholders: participan durante las revisiones o pruebas del producto. Son los responsables de las áreas de la empresa.
- Manager: es quien toma las decisiones finales participando en la selección de los objetivos y de los requisitos. Este rol corresponde al Gerente de la organización.

El tablero Kanban se implementa de forma virtual, mediante la aplicación del software on-line GITLAB® ya que este proceso de desarrollo comenzó durante la época de pandemia y sin posibilidad de reuniones presenciales. Se establece un cronograma de reuniones semanales entre el Product Owner y el Desarrollador, mientras que el resto de los actores involucrados son convocados cuando es necesaria su participación.

Para visualizar el flujo de trabajo el tablero se divide en los siguientes estados:

- Actividades abiertas: Corresponde al listado de tareas que se van generando para el proyecto. Para cada una de ellas se crea una tarjeta donde se indica la descripción de la misma, su responsable y prioridad.
- En progreso: En esta etapa el responsable de la tarea debe comenzar su ejecución.
- En revisión: Se realizan revisiones en una versión de prueba del software.
- Aprobada: Se implementan los desarrollos a la versión final del software y se efectúa las pruebas finales.
- Actividades cerradas: En este estado se sitúan las tareas implementadas en forma exitosa.

A modo de ejemplo se muestra el modelo del tablero y una de las tareas (Figura 5):

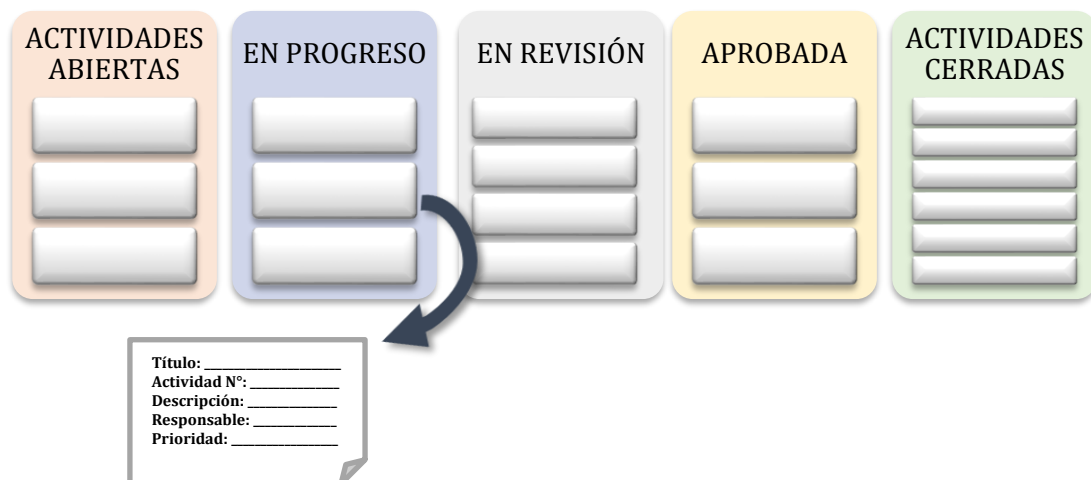


Figura 5: Tablero Kanban.

Se determina el límite del trabajo en curso que el número de tareas que se pueden realizar en cada etapa y debe ser conocido por todo el equipo. Para la etapa “en progreso” se define como límite máximo cuatro tareas y para las etapas “en revisión” y “aprobada” se establece un límite de seis tareas para cada una. La duración total del proyecto de desarrollo e implementación del sistema fue de 226 días y durante este período se generaron 43 tareas (n). A continuación, se presentan los indicadores (Tabla 10) obtenidos.

Tabla 10: Indicadores.

Indicador	Medición	Valor
Lead time promedio	$\frac{\sum_{i=1}^n (Fecha\ de\ cierre\ i - Fecha\ de\ apertura\ i)}{n}$ [días]	34,098
Tiempo de ciclo promedio	$\frac{\sum_{i=1}^n (Fecha\ de\ cierre\ i - Fecha\ de\ inicio\ "en\ progreso"\ i)}{n}$ [días]	16,768

Como se puede observar, el lead time promedio de las tareas del proyecto prácticamente duplica el tiempo el ciclo promedio. Esta diferencia se debe al tiempo que transcurre desde que se genera una tarea hasta que se comienza con su ejecución. Dicha brecha se origina debido al límite de trabajo establecido para las diferentes etapas del flujo de proceso del sistema Kanban.

En la Figura 6 se presenta el diagrama de flujo de actividades con la evolución de las mismas a lo largo de los días trabajados. Se representa el lead time de cada actividad, compuesto por el tiempo de espera desde que la actividad es abierta hasta que empieza a ejecutarse y el tiempo de ciclo durante el cual esta se encuentra en alguna de las 3 etapas de ejecución.

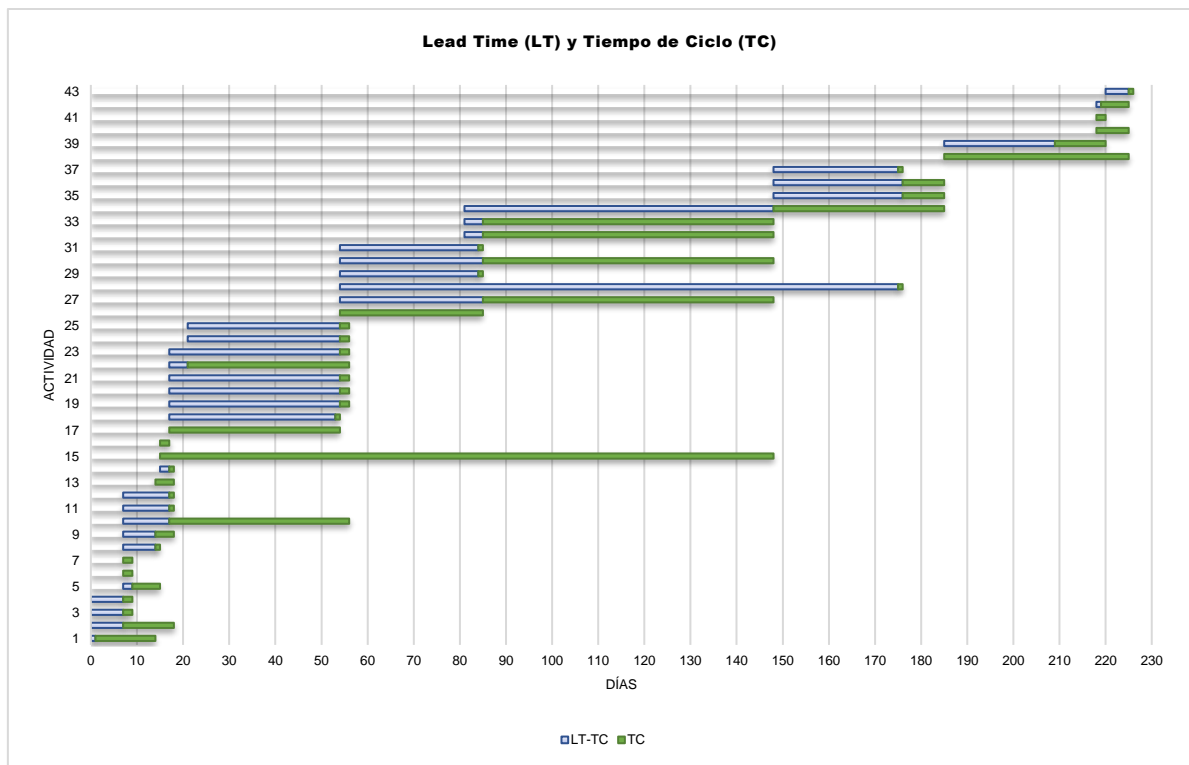


Figura 6: Lead time y Tiempo de ciclo

Al analizar las desviaciones de los tiempos respecto de su promedio y a su vez, las dispersiones de los tiempos entre sí, se puede observar que el LT y el TC componen series de datos que presentan un amplio

rango de variación, con una variabilidad relativa de 96,91% y 161,12% respectivamente. Esto se debe a que existe una gran diversidad en el nivel de complejidad de las actividades que forman el proyecto.

Cabe aclarar que las actividades del proyecto incluyen además de las tareas específicas de diseño, pruebas e implementación del sistema, todas las tareas inherentes a la capacitación del personal y generación de documentación necesaria para el uso del software.

5. CONCLUSIONES

La implementación de la metodología Investigación Operativa Soft, realizada en un estudio previo, ha sido de gran utilidad para la definición de los requisitos del sistema de información de la organización bajo estudio. Estos requisitos resultaron ser el pilar fundamental para el presente trabajo, cuyo objetivo fue el desarrollo e implementación del sistema de información abordado desde la aplicación de metodologías participativas.

En primera instancia, el AHP permitió la evaluación y selección del proveedor del sistema en función de las características de la organización y los requisitos de desarrollo definidos. Este método permitió priorizar de forma consistente las alternativas de proveedores consideradas en relación a los criterios cualitativos y cuantitativos definidos por el grupo de trabajo. La mejor alternativa resultó ser la contratación de un desarrollador para que diseñe el sistema a medida de la organización. Esta selección responde a los criterios más relevantes, flexibilidad y costos, logrando un equilibrio entre ambos.

Luego se gestionó el proceso de desarrollo e implementación del sistema mediante la aplicación de la metodología ágil Kanban. Este enfoque permitió visualizar y organizar el flujo de trabajo de forma efectiva, administrando los cuellos de botella, el trabajo en proceso, los tiempos de ciclo y lead time de las actividades que conforman el proyecto. Debido a su gran versatilidad resultó ser una metodología muy práctica para el desarrollo del software, facilitando la realización de cambios según las necesidades que fueron surgiendo a lo largo del proyecto. Asimismo, siendo una empresa de tamaño pequeño, Kanban permitió gestionar los recursos eficazmente y sin grandes formalismos.

Se concluye que la metodología propuesta contribuyó a la gestión efectiva y sistémica del proceso de desarrollo e implementación del sistema de información, al tener en cuenta la infraestructura informacional que se requiere, las características de usuarios y las condiciones estructurales y funcionales de la organización en sus distintos niveles. Además, se logró un alto grado de compromiso y participación activa del grupo de trabajo contribuyendo a un desarrollo exitoso y sostenible. La implementación del software ha mejorado la disponibilidad de información relevante, simplificado las tareas del personal y disminuido los tiempos improductivos para la toma de decisiones. Estas mejoras impactan de forma directa en el desempeño de toda la organización y en la calidad del servicio prestado, lo que se traduce en un agregado de valor continuo para la organización y sus clientes.

6. REFERENCIAS

- Alberto , C., & Carignano, C. (2019). Apoyo cuantitativo a las decisiones. Córdoba: Asociación Cooperadora Facultad de Ciencias Económicas de la UNC.
- Amaro Calderón, S., & Valverde Rebaza, J. (2007). Metodologías Ágiles. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Anderson, D. (2010). ANDERSON, David. Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology. Estados Unidos: Blue Hole Press.
- Baldoceda Conde, A. (2021). Propuesta de mejora de los procesos de planificación y desarrollo de sistemas una empresa de soluciones tecnológicas. Lima: Universidad del Pacífico.
- Gaete, J., Villarroel, R., Figueroa, I., Cornide-Reyes, H., & Muñoz, R. (2021). Enfoque de aplicación ágil con Scrum, Lean y Kanban. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(1), 141-157.
- Gamboa Manzaba, J. (Diciembre de 2014). Aumento de la productividad en la gestión de proyectos, utilizando una metodología ágil aplicada en una fábrica de software en la ciudad de Guayaquil. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, 27(2), 1-36.
- Gil Torrijos, M. (2018). La selección de proveedores, elemento clave en la gestión de aprovisionamientos. Universidad de Oviedo.
- Huamaní Huamaní, G., & Eyzaguirre Tejada, R. (2015). Modelo de aplicación de ahp para seleccionar editor de contenidos de objetos de aprendizaje (modelo PAJOA – ECOA). *Industrial Data*, 18(2), 121-125.
- Kniberg, H., Skarin, M., Poppendieck, M., & Anderson, D. (2010). Kanban y Scrum–obteniendo lo mejor de ambos. C4Media Inc.
- León Yacelga, A., & Checa Cabrera, M. (2022). Uso de tableros Kanban como apoyo para el desarrollo de la smetodologías ágiles. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(S2), 208-214.
- Masood, Z., Hoda, R., & Blincoe, K. (2018). Adapting agile practices in university. *Journal of Systems and Software*, 144, 501-510.
- Pérez, P. (2012). Guía comparativa de Metodologías Ágiles. Universidad de Valladolid.
- Saaty, T. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Salvay, J. (2017). Kanban y Scrum orientados a Proyectos de Tecnología de la Información. Córdoba: Instituto Universitario Aeronáutico.
- Tabone, L., & Mortara, V. (2022). Modelo para la definición de los requisitos de un sistema de información en una organización de salud de Mar del Plata, Argentina. *Ingeniería Industrial*(42), 159-181.
- Tapiero, S., Trujillo Barrios, D., & Guzmán, N. (2017). Aplicação de processo AHP analytic hierarchy para definir o melhor café da avaliação dos cafés especiais. *Coffee Science*, 12(3), 374-380.

Toskano Hurtado, G. (2005). El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Lima: UNMSM.

Valentin, E., Carvalho, J., & Barreto, R. (2015). Rapid improvement of students' soft-skills. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), (págs. 1-9).

Yepes González, J., Pardo Calvache, C., & Gómez Gómez, S. (2015). Revisión sistemática acerca de la implementación de metodologías ágiles y otros modelos en micro, pequeñas y medianas empresas de software. Revista Tecnológica ESPOL – RTE, 28(5), 464-479,.