



MetroFacil: Aplicación Móvil de Recargas Virtuales para el Sistema de Transporte del Metropolitano de Lima

MetroFacil: Mobile Virtual Recharge Application for the Lima Metropolitan Transport System

AUTORES

Corzo Lequerica Miguel Ángel¹, Álvarez Ángeles Luis Alberto¹, Álvarez Ramón Iván Alfredo¹,
Fernando Andrés Muñoz Álvarez¹, Valverde Rodríguez Iván Nicanor¹

¹Universidad Privada del Norte

RECIBIDO: 17/06/2023, PUBLICADO: 12/09/2023

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de una aplicación móvil de recargas virtuales para el sistema de transporte del metropolitano de Lima, así mismo se realizó una prueba del sistema desarrollado mediante una encuesta, sobre el tiempo de recarga, de la tarjeta del Metropolitano, la cual se efectuó en tres estaciones principales. Luego se presentan los antecedentes de otros sistemas de pago inteligentes, resaltando una disminución de los costos en la gestión del dinero y la mejora en la experiencia del usuario. También se identifican las barreras que dificultan la adopción de estos sistemas, incluyendo las demoras en la implementación y la falta de estandarización. Se utiliza la metodología SCRUM para gestionar el proyecto, lo cual implica la integración de tecnologías y la colaboración entre las partes interesadas. En conclusión, el artículo destaca que los sistemas de pago inteligentes tienen el

potencial de mejorar significativamente el transporte público, pero se requiere una perspectiva de sistemas para su implementación efectiva y sostenible. Sobre el sistema desarrollado se demuestra su efectividad al reducir en 80% el tiempo de espera para la recarga de la tarjeta del Metropolitano.

Palabras clave: Medio de pago, recargas virtuales, transporte público, aplicación móvil.

ABSTRACT

The development of a mobile application for virtual recharges for the Lima metropolitan transport system is presented, likewise a test of the developed system was carried out through a survey, on the recharge time, of the Metropolitan card, which was carried out at

three main stations. Then the background of other intelligent payment systems is presented, highlighting a decrease in money management costs and an improvement in the user experience. Barriers to the adoption of these systems are also identified, including delays in implementation and lack of standardization. The SCRUM is used to manage the project, which implies the integration of technologies and the collaboration between the interested parties. In conclusion, the article highlights that smart payment systems have the potential to significantly improve public transport, but a systems perspective is required for their effective and sustainable implementation. The developed system demonstrates its effectiveness by reducing the waiting time for recharging the Metropolitan card by 80%.

I. INTRODUCCIÓN

El uso del smartphone como medio de pago se ha ido incrementando, debido a la sencillez de portar no solo una, sino diferentes tarjetas. Esto he permitido que diferentes empresas de transporte público brinden esta facilidad para poder acceder a sus unidades. El transporte público es fundamental en la vida cotidiana de muchas personas en todo el mundo y los sistemas de pago para este tipo de transporte están en constante evolución. Con el aumento del uso de la tecnología móvil y la disminución del uso del efectivo, los sistemas de pago inteligentes se han vuelto una opción atractiva tanto para los operadores de transporte como para los usuarios. Estos sistemas ofrecen beneficios potenciales como la reducción de costos de manejo de efectivo, reducción del tiempo de espera para evitar el caos y desorden, mostrándose una mejora en la experiencia del usuario, pero también presentan desafíos importantes en términos de implementación y adopción. Durante la prestación del servicio de transporte del metropolitano se ha identificado que uno de los principales problemas que se presentan durante

las horas de mayor afluencia de público, que son entre 7:00am – 9:00am y 5:00pm y 8:00pm, es el servicio de recarga de saldo mediante ventanillas con el que se cuenta ubicadas en las estaciones del servicio, las cuales no son capaces de darse abasto para atender la gran cantidad de usuarios que necesitan recargar saldo. Producto de este problema las operaciones en las diferentes estaciones se ven entorpecidas ya que por momentos se llegan a formar largas colas de usuarios a la espera de ser atendidos. Dichas colas constituyen tanto un problema para transitar al interior de las mismas estaciones como un problema de seguridad ya que dificultan el tránsito de las personas al interior de las estaciones representando un gran peligro para la integridad de los usuarios y el personal de la empresa en caso de evacuación. Durante la prestación del servicio de transporte del metropolitano se ha identificado que uno de los principales problemas que se presentan durante las horas de mayor afluencia de público, que son entre 7:00am – 9:00am y 5:00pm y 8:00pm, es el servicio de recarga de saldo mediante ventanillas con el que se cuenta ubicadas en las estaciones del servicio, las cuales no son capaces de darse abasto para atender la gran cantidad de usuarios que necesitan recargar saldo. Producto de este problema las operaciones en las diferentes estaciones se ven entorpecidas ya que por momentos se llegan a formar largas colas de usuarios a la espera de ser atendidos. Dichas colas constituyen tanto un problema para transitar al interior de las mismas estaciones como un problema de seguridad ya que dificultan el tránsito de las personas al interior de las estaciones representando un gran peligro para la integridad de los usuarios y el personal de la empresa en caso de evacuación. Por otro lado, las dificultades que encuentran los usuarios al momento de recargar saldo para utilización del servicio, es la segunda queja más común identificada en los estudios realizados recientemente, llegando a ser un factor determinante que hace que muchos usuarios opten por no utilizar el servicio.

Ante los inconvenientes del tiempo de espera que genera aglomeraciones, robos, tocamientos indebidos, riesgos de contagio, el manipuleo del dinero que se da en las estaciones del metropolitano de Lima (Ordenanza 2154; 2018). Además, conociendo que los sistemas de pago inteligentes tienen el potencial de mejorar significativamente este servicio, pero se necesita una verificación de los sistemas más idóneos para lograr una implementación efectiva y sostenible; en este artículo se propone el desarrollo un sistema que permita crear una tarjeta virtual desde nuestro smartphone y se puedan realizar operaciones como la de recarga de manera virtual para el sistema de transporte del metropolitano de Lima, revisando previamente la literatura existente sobre sistemas de pago inteligentes para el transporte público, con el objetivo de identificar los beneficios y barreras de estos sistemas y proponer una perspectiva de sistemas que aborde estos desafíos (Tabuada & Zegras, 2018).

II. TRABAJOS RELACIONADOS

El pago con tarjetas virtuales en el transporte público es un tema que ha sido objeto de interés en varios estudios. En la literatura, se han identificado diferentes sistemas de pago, como tarjetas inteligentes, aplicaciones móviles y tarjetas bancarias. También se han estudiado los beneficios de estos sistemas, como la reducción de costos de manejo de efectivo, la mejora de la experiencia del usuario y la mayor eficiencia en la gestión de pagos. Entre los trabajos relacionados, se encuentran estudios sobre la aceptación y adopción de estos sistemas de pago, que han identificado factores clave como la seguridad, la facilidad de uso y la accesibilidad. Asimismo, se han evaluado las implicaciones económicas y sociales de estos sistemas, incluyendo la reducción de costos de transacción, el impacto en la inclusión financiera y la privacidad de los usuarios.

En cuanto a la implementación de estos sistemas de pago, se han investigado aspectos técnicos como la interoperabilidad, la compatibilidad con diferentes tecnologías y la integración con sistemas de gestión de transporte. También se ha abordado la colaboración entre las diferentes partes interesadas, incluyendo operadores de transporte, proveedores de servicios de pago y reguladores. Diferentes estudios han planteado el uso y la adopción de realizar pagos en el transporte público con el smartphone. Uno de ellos es el trabajo de (Tabuada & Zegras, 2018), el cual menciona que la adopción de la tecnología de pago móvil en el transporte público será en su mayoría por las poblaciones más jóvenes debido a la frecuencia que lo usan. Concluye con que la implementación de esta tecnología podría mejorar la eficiencia y la satisfacción de usuario, pero se necesita abordar la adopción, falta de infraestructura y seguridad de los datos. Otro estudio relevante en nuestro contexto Kazmi, Iqbal, Qadir, (2020), quienes implementaron el pago con el smartphone en el transporte público. En este trabajo se identifican los beneficios potenciales de la implementación de pagos móviles, como la reducción de costos y la mejora de experiencia de usuario. A su vez, se discute los principales desafíos como la falta de infraestructura y la necesidad de colaboración entre las partes interesadas. Concluye con una serie de recomendaciones para futuras investigaciones y la implementación efectiva de pagos móviles. En Perú, el sector transporte existe una modalidad tradicional donde un cobrador recauda los pagos de los usuarios, evidenciándose una ausencia de sistemas automatizados; lo cual provoca que las empresas presenten una reducción de sus ingresos económicos. Por lo que es vital el desarrollo de un sistema web basado en la metodología XP, el cual involucra 4 fases: Exploración, Diseño, Codificación y Testeo (Rodríguez et al, 2022). Asimismo, es necesario realizar un monitorio de indicadores clave como el tiempo medio de atención y el tiempo medio de espera en cola, son de vital importancia para evaluar la calidad del servicio

prestado y encontrar áreas de mejora (Cutipa, 2022). Es vital importancia el uso de estrategias tecnológicas para una Empresa del Sector Servicios. Las estrategias basadas en las TIC en el proceso de atención al cliente, logra ventajas significativas en cuanto a la eficiencia y eficacia de la gestión de las actividades involucradas y su relación con los usuarios (Deza, 2022).

En el contexto de recaudación por parte de la empresa, podemos hablar sobre el trabajo de Wong, et al, (2017), donde señala que es necesario implementar sistemas de recaudación de tarifas automáticas en el transporte público, como mecanismos para incrementar su eficiencia y calidad del servicio al usuario.

En general, los antecedentes indican que el pago con tarjetas virtuales en el transporte público tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia y la experiencia del usuario (Gómez, 2022).

Sin embargo, se han identificado barreras importantes en términos de adopción e implementación que requieren la colaboración y el enfoque sistemático de diferentes partes interesadas para lograr una implementación efectiva y sostenible (Perez, 2002).

III. MÉTODO PROPUESTO

Para el desarrollo de la Aplicación Móvil de Recargas Virtuales para el Sistema de Transporte del Metropolitano de Lima (MetroFacil) se ha utilizado marco de gestión de proyectos de metodología ágil SCRUM, que es una de las más utilizadas por su estructura de desarrollo incremental y permite realizar entregas de manera continua, en tiempos cortos y con participación activa del cliente, de esta forma llegar a obtener un producto final de calidad. Esta metodología consta de 4 fases, las cuales se mencionan a continuación (Ver Figura 1).



Figura 1. Diagrama de etapas en la metodología ágil, SCRUM

- Planificación de Sprint
- Etapa de Desarrollo
- Finalización

1. PLANIFICACIÓN DEL SPRINT

En esta fase, se realizaron diferentes encuestas a los clientes del metropolitano, como también a sus trabajadores, lo cuales se encuentran en cada estación del metropolitano. Esto permitió la recolección de información necesaria para poder determinar los requerimientos de la nueva página web que ayuda a los usuarios a recargar su saldo mediante ella y generar una tarjeta virtual. Para llevar a cabo la estimación de las tareas, se utilizó una modificación del Planning Poker (Laoyan, 2022). En lugar de utilizar la serie de Fibonacci, cada día del sprint equivale a un story point. Así se contabiliza alrededor de 8 a 9 puntos por cada dos semanas, teniendo en cuenta que son durante 5 a 10 días laborales. Cada historia de usuario se desarrolló de manera ordenada, para finalizarlas de manera satisfactoria. Se desarrollo un total de 8 sprints. El equipo ágil se mantuvo sostuvo diferentes reuniones para la definición de actividades, requerimientos y cambios que se requieran de último momento que pueda requerir el cliente o dueño del producto (Product Owner). Al inicio del proyecto, se llevó a cabo una reunión para definir el alcance del proyecto, roles y preparar los requerimientos del usuario. Al finalizar cada sprint, se realizaron reuniones de cierre con los interesados para la verificación de estado en que se encuentra el proyecto, si la o las historias fueron finalizadas según la planificación. Cabe

señalar que esta etapa se verifico que la investigación de sistemas de información y tecnologías de la información ha permitido mejorar la gestión de la información (Perez, 2006).

2. ETAPA DE DESARROLLO

En esta etapa se realizó la codificación de las historias definidas en la planificación del sprint. Aquí es donde se desarrolló el sistema web para realizar las recargas virtuales y generación de una tarjeta virtual, aplicando desarrollo frontend y una arquitectura basada en microservicios. Para lograr todos los requerimientos especificados para optimizar el producto, se desarrolló una arquitectura de sistemas, que garantiza estabilidad y robustes ante la alta demanda que tiene el Metropolitano como servicio (Ver Figura 2). Se utilizó la versión Open Source de Java (OpenJdk Java 17) y Spring Framework, el cual nos permite crear microservicios de manera sencilla y permitir la comunicación entre ellos. Para la gestión de los datos que se van a almacenar, se creó tres bases de datos en MySQL. Este es un gestor de datos muy popular y fue seleccionado por su fácil adaptabilidad y escalabilidad en proyectos como este (Ver Figura 1).

3. FINALIZACIÓN

En esta etapa se tuvo que realizar pruebas con un grupo de usuarios seleccionados y también con personal de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) para que puedan brindar asistencia a los usuarios en las diferentes estaciones. Esta prueba se basó en confirmar el cumplimiento de las funcionalidades determinadas en el sistema de recargas y tarjeta virtual. Además, se realizaron pruebas de rendimiento en los diferentes navegadores para que los usuarios tengan una mejor experiencia al usar la web.

Para finalizar, todos los entregables fueron presentados con su respectiva documentación. A continuación, se mostrará como fue la implementación del proyecto.

1. BASES DE DATOS EN MYSQL 8

Para poder implementar la base de datos MySQL se tuvo las siguientes consideraciones:

1. Debido a que se está trabajando bajo una arquitectura de microservicios, esta nos obliga a desacoplar la información, por ello se llegó a conclusión de crear tres bases de datos relacionales.
2. Se crearon las tablas correspondientes para cada base de datos (usuarios, viajes y pagos).
3. Se añadieron mecanismos de seguridad, como: creación de usuarios y roles necesarios para acceder y manipular las diferentes bases de datos planteadas.
4. Se crearon index, store procedures, triggers. Los cuales ayudan a tener la información de manera rápida y precisa.



Figura 1 Diagramas de Bases de Datos de la aplicación MetroFacil

2. BACKEND CON JAVA Y SPRINT FRAMEWORK

Para poder implementar la arquitectura de microservicios, se eligió a las tecnologías de Java y Sprint Framework por la rapidez con la que se puede montar una aplicación basada en microservicios. Por ello se tomó en cuenta lo siguiente:

1. Una vez que se tuvo el modelo de datos, se comenzó a crear los proyectos correspondientes: service-eureka-server, service-api-gateway, service-user, service-payment, service-travel.
2. En el proyecto “service-eureka-server”, se implementó para registrar los microservicios que se vayan creando y estos puedan ser reconocidos por otros.
3. En el proyecto “service-api-gateway”, se implementó el patrón API Gateway. Se encarga de exponer una única puerta de entrada para los dispositivos. También cumple la función de poder filtrar la entrada y salida de datos, brindar mecanismos de seguridad, etc.
4. Los proyectos restantes implementan las funcionalidades relacionadas a proyecto web de recargas virtuales. A su vez, cuentan con la configuración necesaria para ser registrados en el eureka-server y mantener la conexión a la base de datos que corresponda.
5. En la Figura 2 se detalla los servicios que han sido creados para el proyecto y en Figura 3, se observa la arquitectura de microservicios de la aplicación MetroFacil.

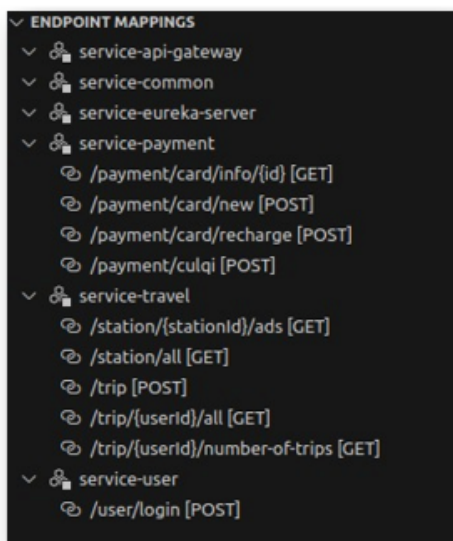


Figura 2. Servicios que han sido creados para el proyecto

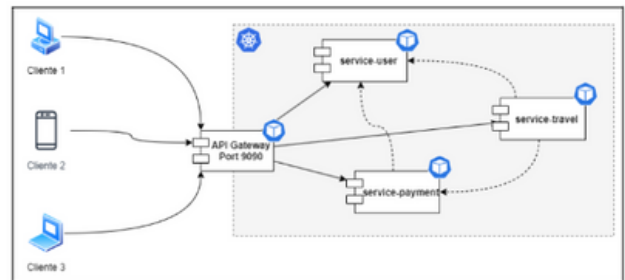


Figura 3. Arquitectura de Microservicios de la aplicación MetroFacil

3. INFRAESTRUCTURA

Los servicios que han sido creados fueron dockerizados para posteriormente desplegarlos a través de Kubernetes. En tal sentido, cada servicio cuenta con un DockerFile y Docker Compose.

Estos archivos permiten generar un contenedor por cada servicio, los cuales son llamados en el archivo k8s.yml (archivo de configuración para Kubernetes).

Este último archivo, es montado en cualquier proveedor Cloud y de manera automática genera los contenedores. Recordemos que se está usando el patrón API Gateway, por lo que solo un contenedor tendrá salida al internet, mientras que los demás conviven internamente.

La arquitectura planteada nos permite que los componentes/módulo del sistema operen independientemente y, en caso de fallas en algunos componentes/módulo solo afectará a este componente/módulo sin afectar el funcionamiento del resto.

Se tiene los siguientes componentes o módulos:

1. User: Módulo que permite el registro de usuario, login, cambio de contraseña, actualización de saldos, etc. Tiene su propia base de datos: DB_User.
2. Payment: Módulo para los pagos por la web. Registra los pagos y se comunica con Culqi el cual actúa como pasarela de pago. Se realiza el pago correctamente, el saldo es actualizado. Tiene su propia base de datos: DB_Payment.
3. Travel: Módulo para el registro de viajes realizados por el usuario.

En la Figura 4, se presenta la arquitectura de la aplicación MetroFacil.

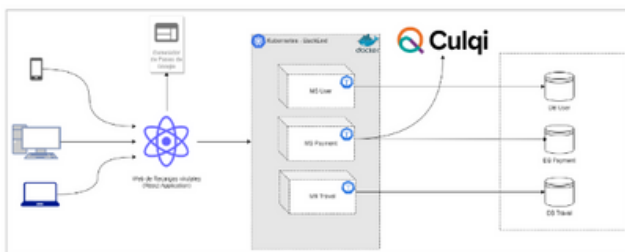


Figura 4. Arquitectura de la aplicación MetroFacil

4. INTEGRACIÓN CON CULQI

Culqi está dirigida a los negocios y tiene el objetivo de recibir pagos con tarjetas de crédito y/o débito a través de los dispositivos móviles. Actualmente, es una compañía de servicios financieros peruana perteneciente al grupo Credicorp que busca ofrecer a sus clientes una manera más sencilla de aceptar pagos en cualquier tienda virtual o aplicativo móvil. Este servicio nos permite integrarnos fácil y rápidamente a través de los pluggins y API al entorno de Culqi. Asimismo, Culqi Online acepta el pago de todas las tarjetas de crédito, débito y Pago Efectivo sin costos mensuales, por lo que solo pagarás por la venta exitosa.

En la Figura 5, se muestra el flujo para realizar un cargo independiente del mecanismo de integración de Culqi.

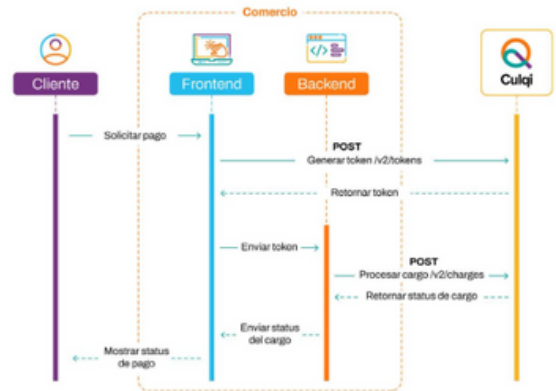


Figura 5. Flujo para realizar un cargo independiente del mecanismo de integración de Culqi.

IV. RESULTADOS

Se realizó una encuesta a 187 usuarios en las tres estaciones principales las cuales son: Estación Naranjal, Estación Central y Estación Matellini. La encuesta realizada tenía como pregunta principal ¿Cuánto tiempo tarda en recargar la tarjeta del Metropolitano?, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

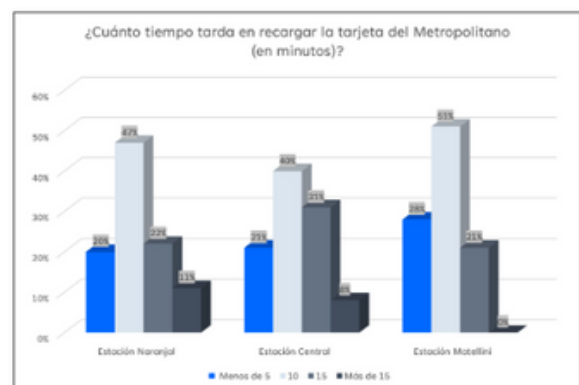


Figura 6. Gráfico de encuesta realizada sobre el tiempo de recarga

Observando estos resultados se tiene que aproximadamente el 50% de los usuarios en las diferentes estaciones principales demoran 10 minutos en poder realizar una recarga sencilla de saldo.

Se realizó un contraste con la aplicación móvil para recargas virtuales, dando como resultado la reducción de aproximadamente un 80% del tiempo que se emplea para poder realizar una recarga de saldo en las estaciones principales del Metropolitano. En cuanto a la interacción con la aplicación móvil, del total de encuestados que usaron la aplicación propuesta, el 91% indicó que es de fácil uso y valoran más aspectos como el uso simple, facilidad de pago y seguridad.



Figura 7. Facilidad de uso de la aplicación móvil propuesto

V. CONCLUSIONES

El propósito de este estudio fue implementar un aplicativo web y móvil para realizar recargas virtuales a la tarjeta del metropolitano, siguiendo las buenas prácticas, seguridad y facilidad de uso. De esta manera, se implementó la aplicación “MetroFacil”, el cual se basa en una arquitectura de microservicio y, por medio del proveedor Culqui, el cual actúa como pasarela de pago, se consigue la integración y actualización de saldos en la tarjeta del metropolitano.

El desarrollo de aplicaciones, permiten mejorar la experiencia del usuario. Permite optimizar un 80% de su tiempo en realizar una simple recarga. Abre el paso para que otras entidades puedan digitalizar sus operaciones y ofrecerles mejores servicios a sus usuarios.

En trabajos futuros se pueden evaluar nuevas y mejores funcionalidades al usuario que ayuden en su día a día al usar el Metropolitano. También se podría mejorar la infraestructura tecnológica, añadiendo nuevas tecnologías, patrones, que ayuden a soportar las altas demandas. El mantenimiento constante a las funcionalidades que posee y brindar soporte personalizado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Privada del Norte sede Breña, por brindar el apoyo tecnológico y administrativo para realizar la investigación.

SOBRE LOS AUTORES

Corzo Lequerica Miguel Ángel, es estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Privada del Norte. Tiene experiencia en desarrollo de software, análisis de datos y uso de metodologías ágiles.

Álvarez Ángeles Luis Alberto, es estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Privada del Norte. Tiene experiencia en gestión de proyectos y desarrollo de software a medida.

Álvarez Ramón Iván Alfredo, es estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Privada del Norte. Tiene experiencia en desarrollo de software, análisis de datos y uso de metodologías ágiles.

Fernando Andrés Muñoz Álvarez, es estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Privada del Norte. Tiene experiencia en gestión de proyectos y desarrollo de software a medida.

Valverde Rodríguez Iván Nicanor, es estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales de la Universidad Privada del Norte. Tiene experiencia en desarrollo de software, análisis de datos y uso de metodologías ágiles.

REFERENCIAS

Cutipa, A., Torrealba, J., Viacava, G., & Cardenas, L. (2022). Reduction of the rate of claims in a financial company in peru applying an integrated PDCA model. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July
doi:10.18687/LACCEI2022.1.1.78

Deza Castillo, J. M., Florián Castillo, O. R., Arribasplata Meléndez, T. K., & García, K. V. P. (2022). Technological strategies for customer service in a service sector company. Paper presented at the Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, , 2022-July
doi:10.18687/LACCEI2022.1.1.607

Gómez Hernando José (2022) Los pagos digitales en el transporte intermunicipal: panorama internacional, Revista de Banca y Fianzas.

Kazmi, Z. H., Iqbal, A., & Qadir, J. (2020)

Laoyan, Sarah (2022) Planning poker: la estrategia integral para la estimación ágil - Planning Poker – agile method for stimates

Ordenanza N° 2154; Municipalidad Metropolitana de Lima. Ordenanza que previene, prohíbe y sanciona a quienes realicen y toleren el acoso sexual en espacios públicos en contra de las personas, en especial contra mujeres, niñas, niños y adolescentes, en la jurisdicción de la Municipalidad Metropolitana de Lima

Perez Gabriel (2002) Sistemas de cobro electrónico de pasajes en el transporte público; recursos naturales e infraestructura Santiago de Chile, julio de 2002; 45 División de Recursos Naturales e Infraestructura Unidad de Transporte

Perez, D.; Alonso, M.; Solana, P. (2006). "Evolution and Future in Research of Information Systems and Information Technologies". En: "Managing Information in the Digital Economy: Issues & Solutions". Editor: Khalid S. Soliman. International Business Information Management Association, p. 668-680. ISBN 0-9753393-5-4.

Rodríguez, V. R., Trujillo, A. L., Gamboa-Cruzado, J., Salas-Ruiz, J., Victoria, E. R. L., & Torres, J. P. (2022). Application of web systems for restaurant order management: A case study. [Aplicación de Sistemas Web para la Gestión de Pedidos en Restaurantes: Un Estudio de Caso] RISTI - Revista Iberica De Sistemas e Tecnologias De Informacao, 2022 (E54), 1-14

Tabuada, P., & Zegras, C. (2018)

Wong, Y. D., Wong, S. C., Yuen, K. F., & Chow, H. K. H. (2017)