

APLICACIÓN DE LA TEORIA DE RESTRICCIONES PARA LA GESTION DE INNOVACION DE LAS TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIONES

Resumen

El objetivo de esta investigación es aplicar la teoría de restricciones (*TOC*) en la cadena de valor empresarial de una empresa de servicios financieros bancarios. Para este fin, se elige en una primera etapa, el servicio de pagos en línea, en el cual se hace un rediseño del Componente Digital *API* (Programa Interfaz), a través de la aplicación de *TOC*, para la innovación de las *TIC* (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). El Modelo incluye: *Design thinking*, *VSM*, *TOC-DBR*, *TOC-Throughput* (Rendimiento). Además, a futuro el diseño de un servicio reutilizable basado en el obtenido con la aplicación de *TOC*.

Palabras clave: *TOC, TOC-DBR, LEAN-TOC*

1. *Introducción*

Las aplicaciones de software basadas en la teoría de restricciones (*TOC*) pueden considerarse herramientas muy importantes para la planificación, programación e identificación efectivas de las restricciones de producción. Esta teoría fue mencionada por (Ferenčíková, 2012). También se han desarrollado diferentes métodos y aplicaciones de software para el proceso de planificación en la última década, y la mayoría de ellos utilizan los principios de la Teoría de Restricciones (*TOC*) en el desarrollo de algoritmos para este proceso. Además, (Goldratt, Eliyahu M, 2012) mantiene que los sistemas son normalmente muy complejos. Estos sistemas deben convertirse en la suma de varios subsistemas con un flujo sincronizado. El flujo debe ser lineal para evitar procesos multitarea. La multitarea hace que disminuyan las relaciones de calidad, que aumente el tiempo de escasez y que aumente la capacidad utilizada. Por otro lado, el 90% de las restricciones no se explotan teniendo en cuenta la filosofía *TOC*. Esta teoría de las restricciones es una filosofía empresarial que fue presentada por (Goldratt & Cox, 2013). Según (Wang, y otros, 2014), las empresas a menudo deben lidiar con múltiples restricciones, y la única forma de resolverlas es utilizando sofisticadas aplicaciones de software. Además, la restricción se denomina comúnmente cuello de botella (Ferenčíková, 2012) identificó el cuello de botella o *DRUM*, que proviene del método *Drum Buffer Rope (DBR)*, porque controla el rendimiento de todo el sistema de producción o servicio. Múltiples restricciones producen grandes cuellos de botella. Esta teoría fue mencionada por (Yang, Liu, Huang, Wang, & Wang, 2016) en su artículo sobre el proceso de mantenimiento de máquinas múltiples. Por otro lado, *TOC* se ha extendido a problemas de programación de servicios. Alcanzar las metas máximas impacta el proceso para maximizar el nivel de servicio al cliente, mencionado por (Marín & Gutiérrez, 2013). Para medir la aplicación de la teoría de restricciones, *TOC* define indicadores. Con este fin, algunos autores (Phruksaphanrat, Ohsato, & Yenradee, 2011) mencionan que de acuerdo con la filosofía *TOC*, se definen 3 medidas; las cuales deberían usarse para evaluar el desempeño de cualquier compañía: Desempeño (TP) = Rendimiento, que es la relación por la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. Inventario (IN) es la cantidad total que el Sistema invierte en la compra de artículos que el Sistema quiere vender. Los gastos operativos (*OE*) son la cantidad total que el sistema usa para transformar el inventario en rendimiento. El rendimiento se calcula restando las ventas menos el costo de la materia prima. El inventario incluye productos en proceso, productos finales y materias primas. Además, incluye herramientas, edificios, inversión

de capital en equipos, muebles. Los gastos operativos incluyen costos directos, mano de obra indirecta, suministros, contratistas externos y pagos de intereses. Ingresos netos ($NP = TP - OE$), retorno de la inversión ($ROI = NP / IN$), productividad ($PR = NP / OE$), rotación de inventario ($IT = TP / IN$). Considerando la reutilización, como resultado de la aplicación de *TOC*.

Por lo tanto, el tema de investigación se centra en aplicar métodos de innovación empresarial mediante la aplicación de la teoría de restricciones en las líneas digitales de los sistemas de información y comunicaciones de una empresa que presta servicios financieros bancarios y de esta forma incrementar la calidad de los servicios que ofrece a sus clientes. Para este efecto, se releva la problemática inherente en la cadena de valor empresarial del objeto en estudio, identificando una serie de problemas específicos referidos al desequilibrio existente entre la oferta y demanda. Esto ocasiona tiempos de espera innecesarios, excesiva información de productos en proceso, ineficiente uso de la energía, falta de capacidad para el procesamiento y una total insatisfacción del cliente. Otro de los problemas comunes es la falta de metodologías para la identificación de las restricciones o cuellos de botella en las líneas y canales digitales.

En este sentido, la solución está enfocada en la aplicación de *TOC* o teoría de restricciones, *TOC-DBR*, pero acompañada de otras metodologías como: Design Thinking, *LEAN-TOC*, las cuales serán explicadas más adelante en el capítulo de métodos o propuestas de mejora. La integración sincronizada de estas metodologías permite en sus diferentes etapas, resolver los problemas actuales identificados en la cadena de valor de la empresa de servicios financieros. En forma adicional, con el fin de medir el rendimiento de la aplicación de estas técnicas se desarrolla el concepto de *TOC-Throughput* mencionado por (Goldratt & Cox, 2013), mostrando la situación actual y la propuesta, calculando los indicadores de rendimiento y la ventaja de la aplicación de esta metodología a través de la utilidad lograda. Asimismo, se realiza un análisis mediante la simulación Montecarlo según modelo planteado por (Castañeda-Camacho, y otros, 2015) y un estudio de viabilidad considerando la metodología del *VAN*, *TIR* marginal, haciendo referencia al cálculo del tamaño óptimo de (Beltrán & Cueva, 2018).

2. *Revisión de la Literatura*

Se describen las teorías que respaldan el desarrollo del artículo de investigación, especialmente el desarrollo de la teoría de restricciones con toda la metodología y cómo es su aplicación. Luego, se muestra el tema de los sistemas de información y comunicación.

2.1 *Teoría de restricciones (TOC)*

La metodología para modelar las estrategias y restricciones de la cadena de suministro se presentó en el libro “The Goal”, de Eliyahu y Goldratt (Goldratt & Cox, 2013). Los autores definen en su libro los siguientes pasos para eliminar restricciones o cuellos de botella: (a) Identificar la (s) restricción del Sistema, (b) Decidir cómo Explotar la (s) restricción del Sistema, (c) Subordinar todo lo demás a la decisión del paso anterior, (d) Superar la restricción del sistema (s), (e) ¡Advertencia! Si se ha roto una restricción en los pasos anteriores, regrese al primer paso, pero no permita que la inercia sea la causa de las restricciones en el Sistema. Según Villaran (Villaran, 2009), el banco sigue una estrategia de diferenciación porque hace un estudio en profundidad de las preferencias de sus clientes. TOC se basa en verificar cada sistema o entorno complejo; se basa en una simplicidad inherente y la mejor manera de administrar; por lo tanto, controlar y mejorar el sistema es aprovechar su simplicidad. Es por eso que las restricciones son los puntos de apalancamiento, los puntos de soporte, y es por eso que son tan poderosos. Lo que debe tenerse en cuenta es que este tipo de enfoque es un cambio de paradigma importante. La gente quiere hacer todo antes de cambiar su paradigma. A partir de estas observaciones, se puede decir que, aplicando esta teoría, se deben cumplir los siguientes requisitos. El primero, que existe una presión real para mejorar, pero por sí solo esto no es suficiente. La segunda condición es que les parece obvio que no existe una solución dentro del paradigma existente. En otras palabras, ya lo han intentado todo. Y la tercera condición, hay algo para ayudarlos a dar el primer paso; por ejemplo, el método TOC, un simulador o un consultor. Algunos conceptos que se proponen para la aplicación de TOC son estos: DBR. A través de la Teoría de las restricciones (TOC), sabemos que hay ciertos procesos con capacidad restringida, que establece el tiempo de producción. El método DBR reconoce esta restricción y propone un sistema de planificación de producción o de servicios, que busca reducir el tiempo de control en la programación de operaciones y evita la transmisión de fluctuaciones en el proceso. Del mismo modo, Marin (Marín & Gutiérrez, 2013) define *DBR* como amortiguadores de inventarios en proceso, también lo

define como una herramienta de contabilidad para cuantificar el impacto de la implementación del Modelo *TOC* en el rendimiento. Goldratt (Goldratt, Eliyahu M, 2012) menciona que *DBR* consta de tres elementos: (1) *DRUM* este elemento representa el tiempo de producción dictado por la restricción del proceso. Los otros procesos deben respetar este ritmo para evitar crear cuellos de botella o brechas que perjudiquen el desarrollo del plan establecido. Cabe señalar que el ritmo dictado por el "tambor" corresponde al tiempo planificado para la máxima explotación de la restricción de recursos, por lo que no puede modificarse. (2) *Buffer*, para hacer cada proceso, hay ciertos plazos. A veces, estos pueden tener pequeñas variaciones, también conocidas como fluctuaciones. Los amortiguadores se usan para evitar que estos pequeños retrasos afecten el ritmo determinado por la restricción del proceso. Estos se calculan como medidas de tiempo. El objetivo es evitar eso; ninguna circunstancia debe detener las funciones del proceso de restricción. (3) *CUERDA* (Cuerda), en el método *DBR*, la cuerda representa el material o el programa de liberación de entrada, también llamado "inicio de operaciones". La velocidad con la que se liberan los materiales debe estar alineada con el ritmo de los procesos, determinado por la restricción del proceso.

En este sentido, Antic (Antić & Novićević, 2015) menciona técnicas de conceptos ajustados (*Lean*) para superar las limitaciones comerciales, y describe las similitudes entre las teorías *TOC + LEAN*. Estos son los siguientes: (a) Observar a la empresa como un sistema integral que incluye la mejora continua, (b) El objetivo del negocio es aumentar las ganancias y es definido por el cliente, (c) El flujo de valor - FLUJO, es un concepto más alto que el de producción (*VSM*), (d) La calidad es la clave del éxito, (e) Producción de lotes a pequeña escala, (f) El sistema de producción basado en el sistema de pedidos (Hacer a pedido), no para el Almacén, (g) Minimización de inventarios, (h) Participación de todos los empleados en el éxito de la empresa. Antic (Antić & Novićević, 2015) explica la contribución de *LEAN a TOC* a través de lo siguiente: (a) Crea una base adecuada que indica claramente la existencia de cualquier restricción. Mediante el uso del *Value Stream Map (VSM)*, los administradores tendrán una idea clara del rendimiento del proceso de negocio y los lugares donde se producen las restricciones. A continuación, en la figura 1 representamos los 5 pasos a seguir para la implementación de la teoría de restricciones en la empresa de servicios financieros, la cual es el objeto del estudio.

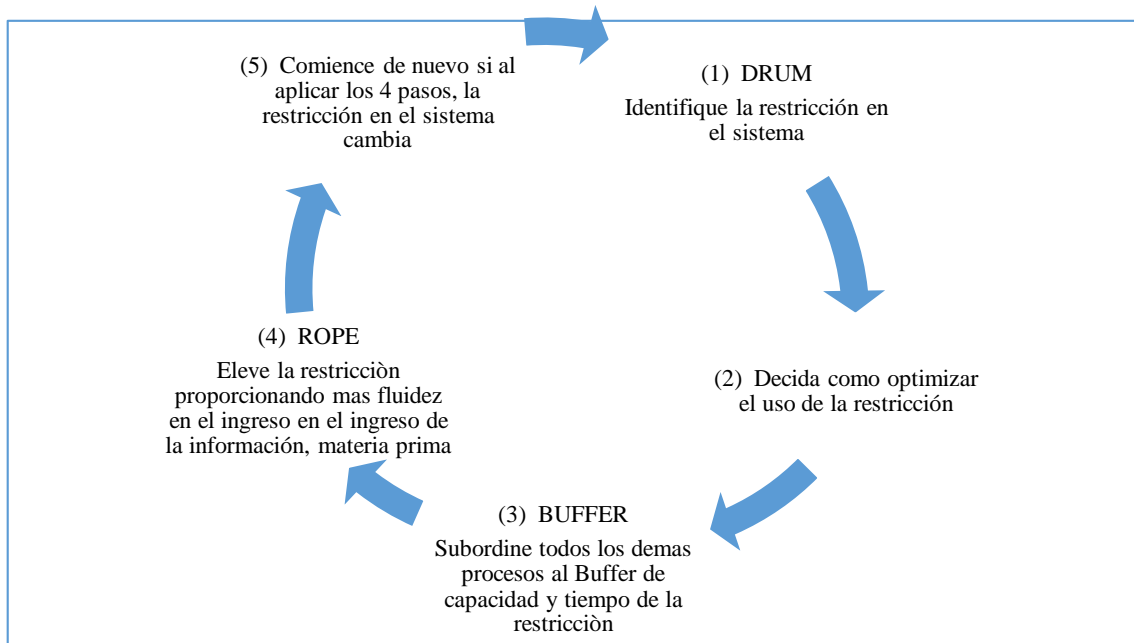


Figura 1. Ciclo de desarrollo de la teoría de restricciones. Fuente: (Uwe, 2015). (Goldratt, Eliyahu M, 2012). Elaboración propia.

Tal como lo menciona (Uwe, 2015), en su libro de Teoría de Restricciones, el primer paso es el más importante, porque va a depender de la estrategia utilizada para identificar la restricción (*DRUM*) más importante en el sistema, la cual va a ser aquella tarea o proceso que tiene el mayor tiempo de ejecución y que genera los cuellos de botella y demoras en toda la línea de procesamiento de fabricación o de servicios.

En el segundo paso, se trata de realizar un análisis de las capacidades y tiempos de demora de la restricción relacionados con la oferta del servicio interna, oferta del servicio del proveedor y total de demanda del cliente. En este caso, se debe equilibrar la oferta y la demanda, de tal forma de eliminar los productos en proceso (*PULL*).

En el tercer paso, se diseña el amortiguador (*BUFFER*), el cual no va a permitir que se generen cuellos de botella en la línea. El amortiguador decide el tiempo máximo tiempo de espera en cada estación antes de continuar con el siguiente proceso. Entonces, antes de enviar la información o materia prima a la siguiente estación, se debe controlar el estado para verificar si la siguiente estación está disponible para continuar con el proceso.

En el cuarto paso, se diseña la cuerda o *ROPE* la cual va a regular el flujo de la información que se transfiere en la línea de servicios. Tomando como referencia el

amortiguador de tiempos, capacidad y estado de los procesos en línea. (*PULL*) y para transmitir la información realiza (*PUSH*).

En el quinto paso, en base a los 4 pasos descritos, se verifica de nuevo si existe alguna restricción adicional para comenzar de nuevo el ciclo de desarrollo e implementación de la teoría de restricciones.

2.2 Mapa de flujo de valor (*VSM*)

Según (Cuatrecasas Arbós, 2010), el *VSM* fue desarrollado por Toyota, que lo llamó "Mapeo de flujo de material e información". Con esto, representa, de una manera muy visual, la situación actual y el ideal a alcanzar. Incluye la secuencia de todos los procesos de negocios, el flujo de insumos y productos, y el flujo de información. Toda la representación considera todo el flujo, desde la provisión hasta el cliente. La representación *VSM* sigue algunas reglas y usa símbolos específicos. Cada operación se acompaña de los siguientes datos: (1) Órdenes de proceso, que pueden tomar la forma de tarjetas, *KANBAN* (Producto, Lote de producción (volumen), operaciones del proceso a realizar), (2) Lotes de transferencia (que pueden ser tarjetas *KANBAN*), (3) Tiempo de ciclo de cada unidad del producto, (4) Tiempo asignado a manipulaciones (carga, descarga, transporte), (5) Máquina tiempo de preparación, (6) Tiempo de control de calidad por unidad del producto, (7) Tasa o porcentaje del producto bajo prueba, (8) Nivel de defectos de calidad presentes en el lote, (9) Número de trabajadores para la operación, (10) Número de máquinas para la operación. (11) Tiempo de actividad resultante. (12) *VSM KANBAN* sigue las técnicas para el Flujo implícito de los supermercados *PULL* y el Flujo *FIFO*. La operación *PULL*, para producir solo lo que el cliente solicita (*HACER A PEDIDO*), en la medida en que se solicite y cuando se solicite, se puede realizar desde un cierto punto en el flujo, donde un tiempo total se asume hasta la entrega del producto final, menos que el tiempo de entrega. (13) La alternativa del flujo *PULL* a través de los supermercados, que también se incluye en la filosofía *TOC*, el stock necesario puede estar compuesto por un conjunto de unidades de producto dispuestas en un orden específico e invariable. (14) En la nivelación, el flujo del producto y la operación *PULL* se integran continuamente. Con respecto al modelo *PULL KANBAN*, Bozer (Bozer & Ciernoczołowski, 2012) realiza una simulación matemática para determinar el número de contenedores necesarios en cada estación de trabajo, de acuerdo con los parámetros de

equilibrio *PULL* válidos y la metodología *LEAN KANBAN*. Es importante mencionar que de acuerdo con la explicación de la Guía (Guide Jr. & Van Wassenhove, 2009) en su artículo "Planificación de producción agregada", considera la capacidad de producción variable y su aplicación en la Teoría de restricciones para detectar cuellos de botella. Por lo tanto, el beneficio neto (NP) se utiliza como la función objetivo del modelo PPP propuesto (Programación lineal). Beneficio neto (NP) = rendimiento (TP) y gasto operativo (OE). Se incluyen dos medidas de *TOC* en la función de beneficios. La medida restante es el inventario, que también debe considerarse. En relación con estas medidas, a continuación, se presentan algunas proporciones definidas por el autor: a) Rendimiento (TP), la tasa a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. (b) Inventario (IN), el dinero total invertido en la compra de activos. c) Gastos operativos (OE), el dinero total que el sistema gasta para transformar el inventario en rendimiento (rendimiento). d) Beneficio neto = TP - OE. e) Retorno de la inversión (RI) = NP / IN, Productividad (PR) = NP / OE, Rotación de inventario (IT) = TP / IN. El artículo propone el proceso de planificación de producción agregada (*APP*). Con respecto a la variable de capacidad, (Chopra & Meindl, 2013) menciona que el planificador debe negociar entre costos de capacidad, inventario y atrasos. Hay 3 estrategias de planificación agregadas diferentes para equilibrar estos costos. Estas estrategias implican el intercambio entre la inversión de capital, el tamaño de la fuerza laboral, el inventario de horas de trabajo y las ventas perdidas / pendientes. Con el fin de equilibrar la medida de capacidad de cada nodo en la cadena de suministro, un método eficaz de reabastecimiento de inventario que depende del flujo de ventas en una planta; fue mencionado por (Jiang & Wu, 2013).

2.3 Contribución de *LEAN a TOC*, Cadena de Suministro

Antic (Antić, 2015) explica la contribución de *LEAN a TOC* a través de lo siguiente: (a) Crea una base adecuada que indica claramente la existencia de cualquier restricción. Mediante el uso del *Value Stream Map (VSM)*, los administradores tendrán una idea clara del rendimiento del proceso de negocio y los lugares donde se producen las restricciones.

De esta manera, se garantiza: (a) Mejor uso de los recursos disponibles, (b) Evitan el desperdicio innecesario de recursos al establecer un flujo de insumos y la sincronización de mano de obra, máquinas y tecnologías. Desde este punto de vista de Sistemas, según el libro de (Armstrong, 2017) acerca de las tecnologías emergentes, menciona la importancia de implementar respuestas diferentes en las organizaciones, mediante el uso de Cadenas de Bloques (*BlockChain*). Por otro lado, (Kaplan & Norton, 2008), en su

libro *“The Execution Premium”*, realiza un ruta estratégica donde vincula el Plan Estratégico con los Planes y procesos operativos de la cadena de suministro. Con relación a los costos, *TOC* no es solo una técnica alternativa para determinar el costo de producción basado en el costo marginal, de acuerdo con (Moisello, 2012), es simplemente una forma diferente de interpretar la gestión de costos del producto. Con relación a la implementación de *TOC*, considerando la importancia establecida en la identificación del problema antes de implementar la Filosofía *TOC*, (Umble, Umble, & Murakami, 2006), presenta en su artículo el Caso “Hitachi”, el cual sigue un enfoque recomendado por Eli Goldratt. En este Caso se utilizaron las herramientas de *“TOC Design Thinking”*, mediante la elaboración del árbol de realidad actual, donde se identifica el problema principal.

2.4 Integración entre LEAN, TOC en la gestión de operaciones

Según (Pacheco, Isaac, Antunes, & Roehle, 2019), *TOC*, *LEAN*, son complementarios en el que las brechas individuales de cada uno están compensadas por las virtudes del otro enfoque. El autor sugiere realizar investigaciones destinadas a desarrollar nuevos modelos que integren *TOC + LEAN*, con el fin de aumentar la competitividad de las empresas a través de procesos de innovación de producción y servicios.

La utilización de un enfoque a su vez aprovecha la potencia del otro. El autor en su investigación también analiza que una de las variables importantes es la gestión del inventario y en este caso no se define cuál de las 2 modelos debería utilizarse para controlar el flujo de materiales. En este sentido, recomienda mapear con precisión en que condiciones y criterios se debe utilizar *KANBAN (LEAN)* o *DBR (TOC)*, para controlar el flujo de materiales.

3. Metodología

Este párrafo incluye la definición de un Caso Estudio, en el que aplicamos el concepto *TOC* del señor (Goldratt, Eliyahu M, 2012), para resolver la problemática de pago del servicio digital de telefonía de la empresa (Banca de servicios financiera, 2017-2021).

3.1 Caso Estudio

La empresa de servicios financieros bancarios, a partir del año 2017, comenzó a aumentar la cantidad de canales físicos y virtuales a través de los cuales prestaba servicios a sus

clientes. Algunos de ellos son ATM-Cajeros automáticos, Cajeros Corresponsales, Interfaces *WEB*, *Smartphone-APP*, *MULTI-Red Virtual*, Tecnología Celular. Sin embargo, el servicio se apertura utilizando la misma oferta tecnológica y considerando las antiguas interfaces de comunicación con las cuales se venía trabajando, considerando además realizar algunas modificaciones para mejorar de alguna forma la capacidad instalada transaccional que ofrecían. Durante el día, la línea digital de Pagos se desconectaba unas 10, 15, 20 veces, teniendo que el área de producción destinar una persona para que la línea digital, sea activada en forma intermitente y no se bloqueen los demás servicios. El impacto en los servicios del Banco era crítico y en varias reuniones con la Gerencia de Sistemas y el Proveedor de Telefónica; se decidió migrar a otra tecnología de comunicaciones, en vista que no se encontraba la raíz del problema. La comunicación con el Proveedor, se desarrolla mediante una *API* (interface de aplicación de programas), que representa la Fábrica donde se ubican cada uno de los procesos de entrada y salida para la producción del servicio y es en este “Eslabón” donde nos deberíamos enfocarnos para aplicar la filosofía *TOC* del Señor (Goldratt, Eliyahu M, 2012). En la Figura 2, está el entorno tecnológico y la interfaz (*API*).

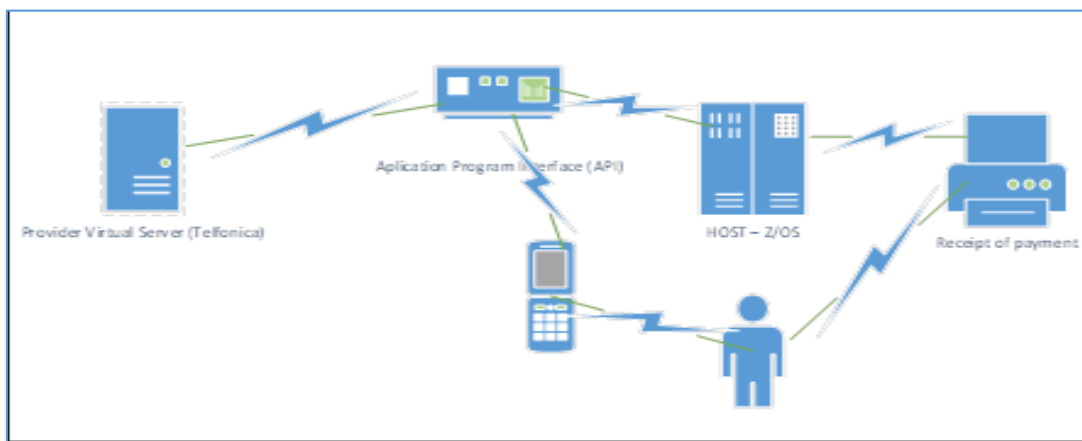


Figura 2. Arquitectura del sistema para el pago del servicio telefónico en línea: Elaboración propia

3.2 Métodos

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo para la aplicación del Modelo *TOC* (Teoría de restricciones), en las líneas digitales del Sistema de Información y Comunicaciones de la empresa de servicios financieros bancarios. En una primera instancia se aplica al Caso Estudio planteado y luego con un enfoque global integral en toda la cadena *SCM* del Banco. Para esta propuesta inicial se realiza un rediseño del

proceso de pagos, modificando el componente de interface *API* (Fabrica de servicios), de la línea digital *SIX* de pagos de teléfonos. Asimismo, se va a demostrar la influencia de la aplicación de *TOC* en la innovación de los *SIC*, Sistemas de información y Comunicaciones, mediante la aplicación del Modelo de Rendimiento (Throughput Accounting).

3.2.1 Métodos para la aplicación de *TOC* en la solución del Caso Estudio

El Rediseño de la interfaz del programa de aplicación *API*, (Fabrica del Servicio), se desarrollará utilizando el modelo *TOC* complementado con otras metodologías como *Lean-Value Stream Mapping (VSM)*, *KANBAN*. En este sentido, las alternativas de solución propuestas inicialmente, para la solución del Caso Estudio son:

(1) Aplicación de *Design Thinking* en la identificación de las restricciones desde el nivel más alto de gestión de la cadena de suministro (Estrategia *SCM*), hasta el último eslabón de las diferentes líneas de servicios identificadas. En esta etapa definimos un árbol de problemas causa-efecto para comenzar el estudio, lo que nos permitirá identificar las restricciones existentes.

(2) Análisis de procesos utilizando *LEAN-Value Stream Mapping (VSM)* para identificar procesos, actividades, capacidades, tiempos y restricciones de la cadena *SCM*. Se realiza un análisis de procesos utilizando la herramienta *Value Stream Mapping (VSM)* y se identifican los procesos de cuello de botella ya especificados en el árbol de problemas.

(3) Aplicar el método *TOC - DBR (TAMBOR, BUFFER, CUERDA)*, para eliminar todas las restricciones de la cadena y dar valor a cada nodo de la línea de producción de servicios de pagos. Aquí aplicamos el concepto de amortiguación de tiempo y capacidad, explotando y transfiriendo todos los recursos a la restricción principal identificada. Se aplica mediante uso de seudocódigos de programación automatizados.

(4) Aplicar *TOC - Teoría de restricciones*, para el cálculo de la Utilidad a través del concepto de *THROUGHPUT* (rendimiento). Esta etapa es el complemento de las otras para establecer el rendimiento alcanzado en toda la cadena de suministro.

4. Resultados

Para el análisis de los resultados en la aplicación de la metodología *TOC* propuesta, se presenta primero la situación actual y luego la propuesta de innovación aplicando *TOC* en la línea de servicio de pago de telefonía.

4.1 Análisis de la situación actual

Según el estudio de (Banca de servicios financiera, 2017-2021), hay una tendencia exponencial de la Compañía, en el crecimiento de la demanda de productos y servicios, causando cuellos de botella en la mayoría de los canales digitales virtuales (tecnología); De esta forma, la demanda resulta ser mayor que la oferta. Esta situación provoca una serie de restricciones operativas, que se resuelven sin una estrategia global para toda la cadena de suministro. El estudio identifica las restricciones de la cadena de suministro de manera integrada. Una de las limitaciones está en el proceso de servicios de pago en línea de servicios telefónicos. Esta restricción afecta a toda la línea de pago y, a su vez, produce una contención de servicios (cuello de botella) en toda la Red *SCM* de servicios tecnológicos del Banco. En este sentido, procedemos a definir el principal problema del estudio, de la siguiente manera: ¿Cómo aplicar la teoría de restricciones (*TOC*) para la innovación y mejora de las tecnologías de información y comunicaciones? En la Figura 3, representamos el número de transacciones realizadas por año x día, desde 2012 hasta el año 2018 y luego realizamos el pronóstico mediante el simulador de riesgo y el análisis de series de tiempo, representado en la tabla 1.

Tabla 1 – Pronóstico de transacciones para los años 2019, 2020, 2021,2022. Fuente: *Risk Simulator* de (Mun , Chin, & Lim, 2019)

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado
2012	600000.00	
2013	680000.00	
2014	800000.00	
2015	910000.00	
2016	1000000.00	890000.00
2017	980000.00	1027500.00
2018	1200000.00	1105000.00
Pronóstico8		1042500.00
Pronóstico9		1077500.00
Pronóstico10		1112500.00
Pronóstico11		1147500.00

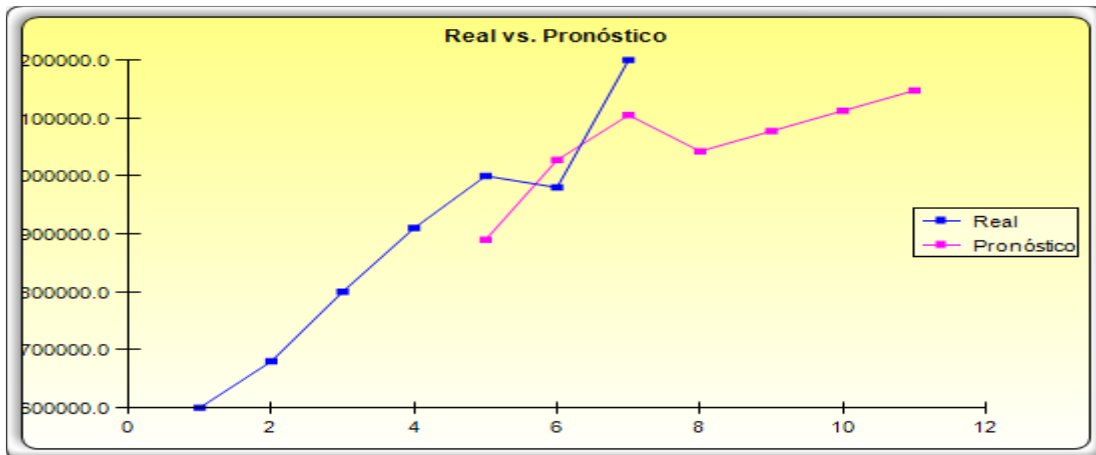


Figura 3 - (Banca de servicios financiera, 2017-2021) – Total de transacciones - Elaboración propia

En la Figura 4, representamos el número de transacciones procesadas por año, por día y las transacciones procesadas por fallas del sistema (tiempo de espera). El tiempo de espera se estimó en alrededor del 35% por año y tiene un gran impacto y contención en toda la cadena de suministro de tecnología del banco. El lote promedio de transacciones diarias, en los últimos 3 años, es de 3611 transacciones. El *WIP*, inventario de productos en proceso por fallas es de 1264 transacciones diarias.

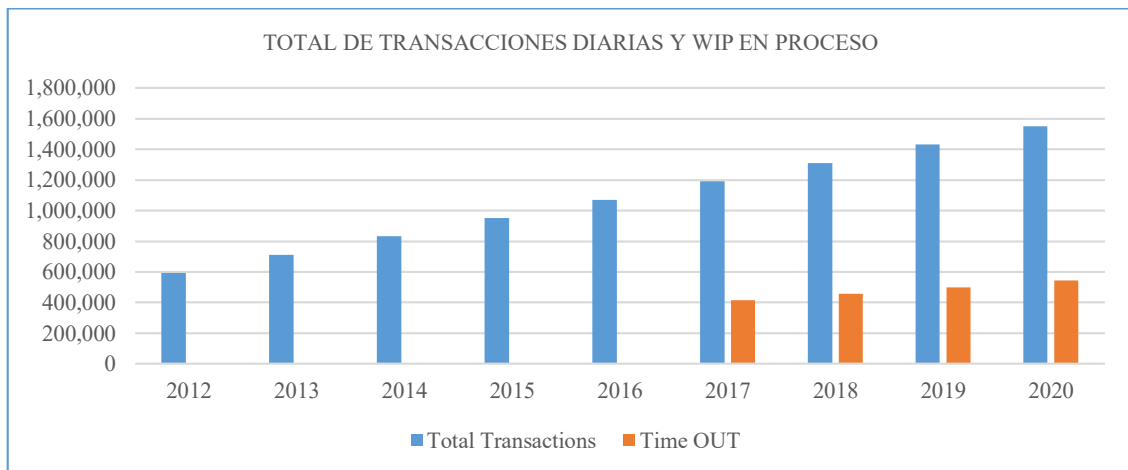


Figura 4 - (Banca de servicios financiera, 2017-2021) - Transacciones en espera - Elaboración propia

4.2 Análisis de la situación propuesta.

Para el análisis, aplicamos la metodología propuesta de acuerdo con el ciclo de desarrollo de *TOC* expresado en la Figura 5, luego desarrollamos en detalle cómo aplicar el rediseño de la Interfaz del Programa de Aplicación (*API*), aplicando *TOC-DBR*.

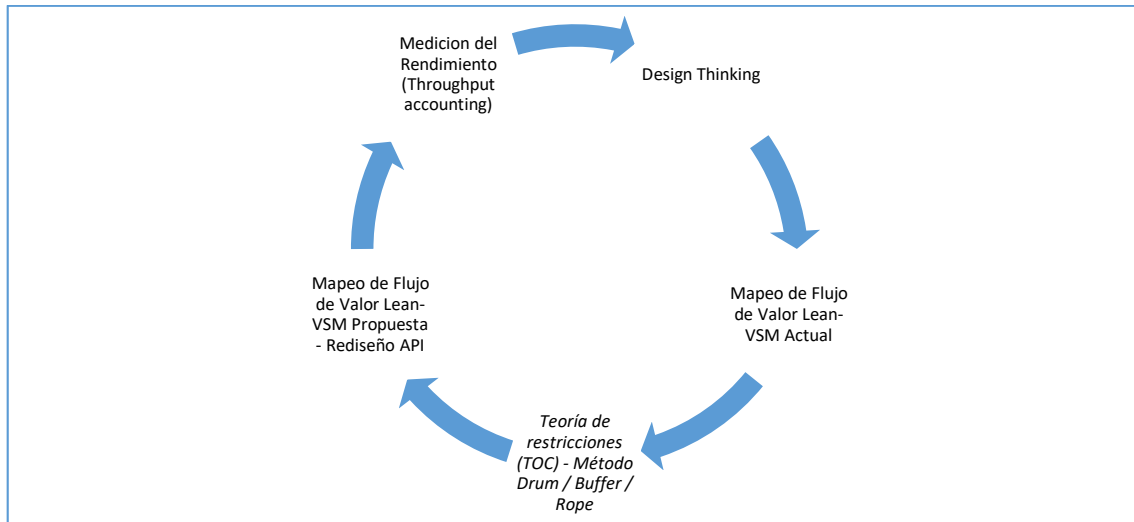


Figura 5. Modelo Solución TOC - Empresa de servicios financieros bancarios - Elaboración propia

4.2.1 Design Thinking

En este proceso, vamos a aplicar la técnica del árbol de problemas para identificar las restricciones de la situación actual en el proceso de pago en línea del Proceso Macro, Desarrollo de Productos y Servicios. El ejercicio se lleva a cabo como se describe en la Figura 6. La primera restricción identificada en la Figura 6 es el número (1). La demanda de pago de facturas es mayor que la capacidad disponible. El segundo número identificado de restricción (3), Caídas excesivas de la línea de comunicación *SNA* - Arquitectura de red del sistema porque el intervalo de tiempo permitido en el entorno es mayor que el tiempo de proceso en la línea de servicio. La restricción 3 es el mayor cuello de botella, y las otras restricciones (número 4 y número 5) mencionadas se resuelven con la aplicación del amortiguador en cada etapa de la cadena (pago del servicio de línea). El árbol realiza una relación de causa y efecto a partir del nivel más bajo al más alto. De esta manera, seleccionamos diferentes problemas, donde se aplicará la metodología *DBR*, *DRUM*, *BUFER*, *ROPE* (Tambor, Amortiguador, Cuerda). Los problemas principales son (3) Caídas excesivas de la línea de comunicación *SNA* porque el intervalo de tiempo permitido en el entorno es mayor que el tiempo de proceso en la línea de servicio, (1) La demanda de pago de facturas es mayor que la capacidad disponible.

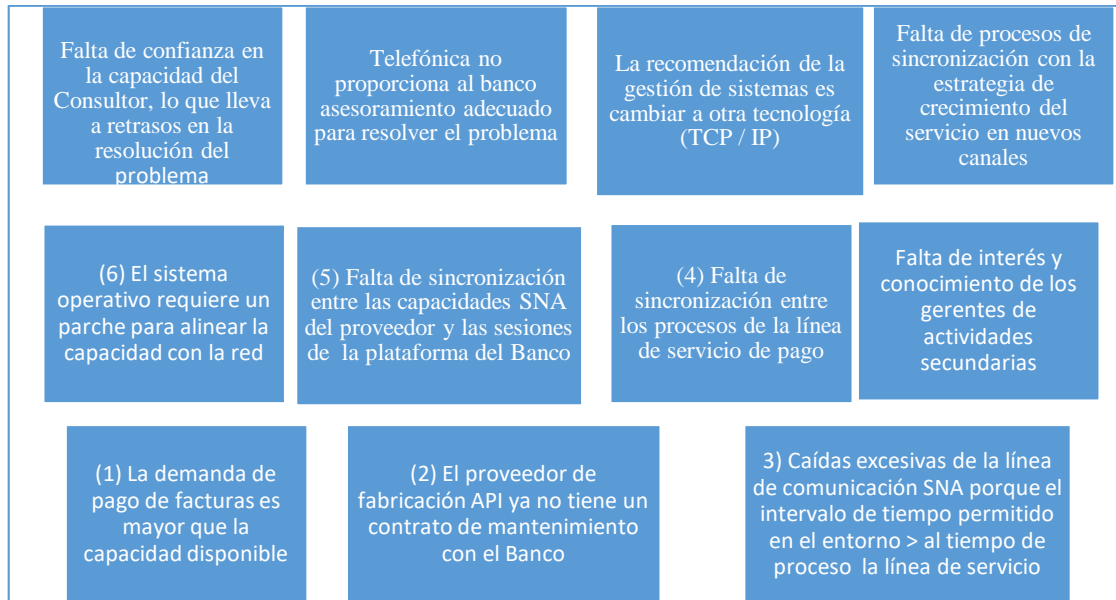


Figura 6. Design Thinking - Árbol de problemas - Elaboración propia

4.2.2 Mapeo de flujo de valor Lean (VSM)

En la Figura 7, se muestra el diagrama de *Value Stream Mapping (VSM)* para mostrar las estaciones virtuales que forman parte del servicio de tecnología de pago en línea. También se identifican los cuellos de botella o restricciones actuales. El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera: el cliente utiliza uno de los canales digitales del banco y realiza el pago de un servicio telefónico. En caso de pagar por el canal de ventanilla, el receptor ingresa al sistema y envía la información a la línea de pago digital, sin embargo, en los otros canales, el Cliente envía en forma directa el pedido. La secuencia del pago en la línea digital es la siguiente: Asignar estación, Conectar a la red del proveedor, Enviar datos, Enviar invitación para preparar el pago del cliente, Recibir respuesta del proveedor indicando si se realizó el Abono en forma satisfactoria. En base al análisis realizado en la fase de “*Design Thinking*”, el cuello de botella se encuentra en el proceso de Recepción de la respuesta del Proveedor y en la asignación de una estación disponible. La figura 6 representa la situación actual y las características del proceso. Según el análisis del problema y la información de error en cada enlace de la línea de servicio de pago, se determina claramente que hay dos restricciones en el sistema. En cada estación, cuando se produce un error, la información se escribe en una base de datos de auditoría (*LOG*). Esta información identifica las restricciones y fallas del sistema debido a los cuellos de botella. La segunda restricción está en el proceso de ASIGNACION, y la primera restricción (la más importante) está en el proceso de RECEPCION, representada por el

tiempo de ciclo más largo, 90 segundos. P identifica el número de transacciones diarias (3611 transacciones) que pasan por el ancho de banda de la red. *WIP* (Trabajo en proceso) representa el trabajo en proceso por el cuello de botella. El proceso de RECIBIR es el 35% del lote de servicio y en el caso de ASIGNAR es el 25% del lote de servicio.

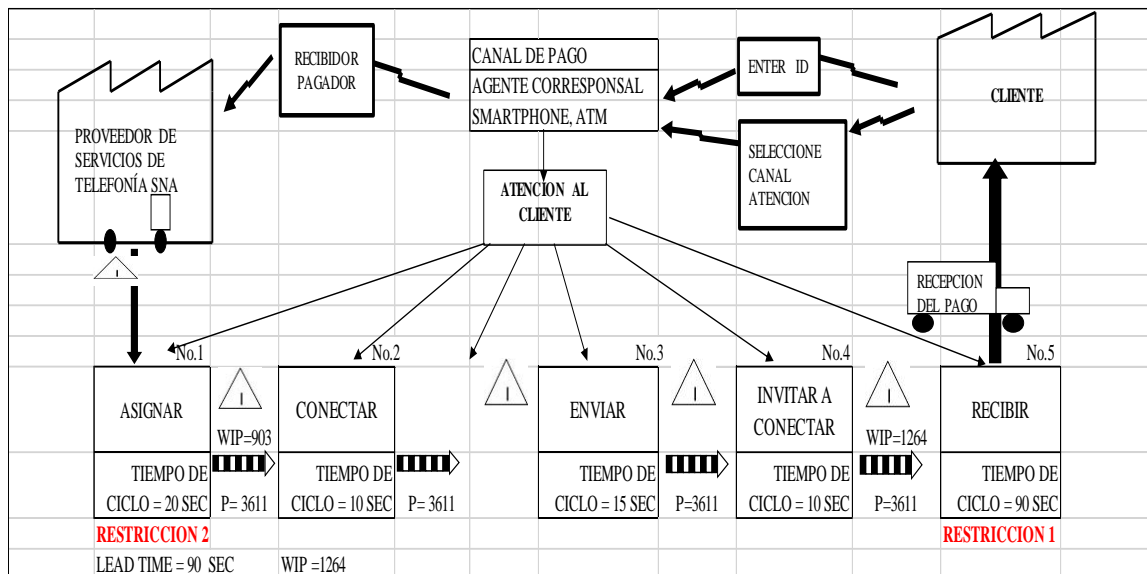


Figura 7 - VSM (Mapeo de flujo de valor de la situación actual) - Pago en línea - Elaboración propia

4.2.3 Teoría de restricciones (TOC) - Método Drum / Buffer / Rope.

En esta fase, aplicamos la metodología *DBR* considerando el análisis del problema realizado y el diagrama *VSM* actual. El rediseño del *API* Interfaz de programación de aplicaciones, se lleva a cabo aplicando amortiguadores de tiempo y capacidad. Estas memorias intermedias se expresan utilizando un lenguaje de programación de alto nivel con integración a la plataforma *SNA* y considerando todas las etapas de la metodología *TOC*. En este estudio de investigación, lo que se ha hecho es incluir el amortiguador de tiempo y capacidad, en cada subproceso digital de la línea de pagos, de tal manera que sea posible eliminar todas las restricciones de la línea de pago con un impacto positivo en toda la cadena de suministro.

4.2.3.1 DBR (Drum-Buffer-Rope) – tambor, Amortiguador, Cuerda. En esta etapa, definimos el modelo de optimización propuesto. Se entiende que es un modelo sincronizado (Justo a Tiempo), mediante la aplicación de *TOC – DBR*, de tal manera de sincronizar la línea y eliminar la pérdida de tiempo de espera y el procesamiento excesivo

debido a la falta de capacidad en el cuello de botella. A continuación, describimos en detalle la aplicación de la metodología *DBR*, de la siguiente manera:

DRUM (Tambor), En esta fase, las metodologías aplicadas previamente y la información del sistema han permitido identificar las restricciones. Por esta razón, procederemos a desarrollar el paso 2 de *TOC*, que es explotar la restricción.

BUFFER-DAMPER (Amortiguador), En este enlace, definimos un tiempo de capacidad en base al cuello de botella y un *buffer* de estado para sincronizar el proceso del Banco con los procesos del Proveedor. Luego, sincronizamos la línea completa con la capacidad instalada del enlace del cuello de botella, pero también agregamos un amortiguador de tiempo y condición del estado. El estado le informa a la estación, si el siguiente enlace está listo para recibir la información de pago (*Buffer* de 30segundos).

ROPE – CUERDA, Alinea la demanda justo a tiempo con la Oferta de Servicio de toda la línea de suministro de pagos. En este caso se aplicaría el concepto de (*PULL*) – (*JALAR*). La Figura 8, muestra el *VSM* propuesto con el rediseño del *API*.

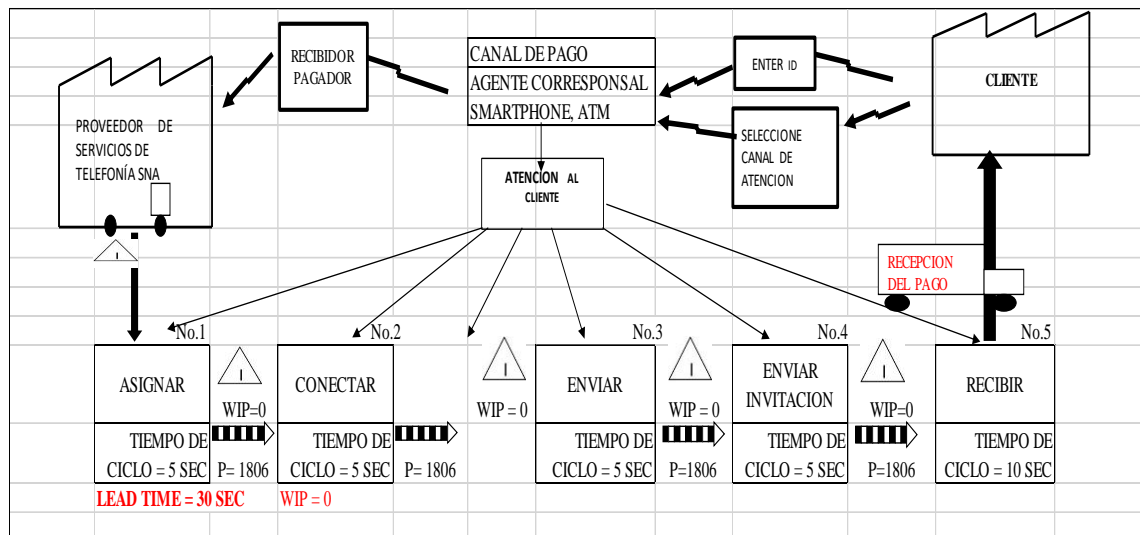


Figura 8 - VSM (Mapeo de flujo de valor de la situación propuesta) - Pago en línea - Elaboración propia

4.2.3.2 TOC DBR aplicado al API (Fabrica de servicios digital)

El modelo representado por el pseudocódigo del componente *COBOL API*, es rediseñado con la aplicación de *TOC - DBR*. El rediseño incluye amortiguadores establecidos de tiempo y capacidad en todas las fases de los servicios de pago de telefonía. En la figura 9, se representa el componente *API* pseudocódigo con aplicación del rediseño *TOC DBR*

(Proceso cuello de botella). El tiempo de amortiguación está representado por la variable WK-VECES (30 segundos), que vendría a ser el tiempo máximo de espera en recibir respuesta de la siguiente estación. La amortiguación representada por WK-STATE (90).

```

2300-APPC-RECEIVE.
*-----
*====> PARA RECIBIR DATA DEL SIX DESTINO <====
MOVE ZEROS    TO WK-VECES
MOVE ZEROS    TO WK-STATE-R

MOVE 'REC'" TO WK-LOG-COMANDO-CICS
PERFORM 6000-FECHA-Y-HORA
MOVE 4096      TO REQUESTED-LENGTH

PERFORM 2305-HACER-RECEIVE
          UNTIL WK-VECES GREATER THAN 30 OR
          WK-STATE-R EQUAL 90
* EVALUA SI ESTA EN TIME OUT
IF WK-VECES GREATER THAN 30
  MOVE 2139    TO WK-LOG-LINEA-PROGRAMA
  MOVE 010     TO RESPONSE
  PERFORM 8500-TERMINA-SIN-ABEND
END-IF

2305-HACER-RECEIVE.
*-----*
IF WK-STATE EQUAL 88
  EXEC CICS RECEIVE CONVID (WK-CONVID)
          INTO (BUFFER)
          LENGTH (REQUESTED-LENGTH)
          STATE (WK-STATE-R)
          RESP (RESPONSE)
          NOHANDLE
  END-EXEC
END-IF
ADD 1      TO WK-VECES

```

Figura 9 – Fuente: (Banca de servicios financiera, 2017-2021). **Componente interfaz API - pseudocódigo TOC DBR, Elaboración Propia**

6. *Discusión.*

Al aplicar la teoría de la restricción - *TOC* - método *DBR*, la restricción principal (RECIBIR) y todas las demás restricciones anteriores se eliminaron de la línea de servicios de pago de telefonía. Es importante mencionar que de acuerdo con la teoría de (Goldratt & Cox, 2013), el tiempo de amortiguación debería ser la mitad del tiempo de entrega del servicio. (Lead time = 60 Segundos, Amortiguador = Lead time / 2 = 30 segundos). La teoría de Restricciones (*TOC*) se aplicó con éxito explotando la restricción principal y asignando todos los recursos al cuello de botella. *TOC DBR* se inicia colocando un amortiguador de tiempo y un amortiguador de capacidad en la restricción *RECEIVE* donde la capacidad máxima (estado) es de 90, trabajando al 100% y un amortiguador de tiempo de 30 segundos. Luego, se aplica lo mismo a todas las estaciones

anteriores para alinearlas a la capacidad máxima de la restricción (90) y con un bucle de tiempo para verificar el estado de la próxima estación antes de enviar información.

7. Conclusiones e investigaciones futuras.

En este párrafo se describe en forma de resumen los retos logrados en los resultados y algunas recomendaciones para mejorar la aplicación de TOC e innovar las TIC Como diseño futuro, la aplicación de TOC en la cadena digital de suministro de pagos en línea.

7.1 Conclusiones de los resultados del Caso estudio

En base a los resultados obtenidos por la aplicación de la filosofía TOC en la línea digital de pagos, el siguiente paso es continuar con el análisis de otros servicios y productos.

a) Para gestionar una mayor flexibilidad y adaptabilidad de la cadena de servicio, es importante que las memorias intermedias de tiempo y capacidad se declaren variables en la Interfaz del programa (*API*) para alinearlas con el *Takt (pull)*. b) La ventaja de implementar TOC en un proceso automatizado es la facilidad para detectar y corregir las otras restricciones de la línea automáticamente después de haber identificado la primera. Además, la flexibilidad para sincronizar cada una de las etapas de la línea de servicio. d) Según los resultados que se muestran en la tabla 2, la capacidad del servicio aumentó en 32 sesiones en línea, con una proyección futura máxima de 64. El búfer de tiempo según el lote de datos se configuró en 30 segundos, sin embargo, podría caer a 15 segundos. El tiempo de entrega se optimizó a 30 segundos. El tamaño del lote se optimizó a la mitad al mejorar el tiempo de la línea. Finalmente, todos los servicios (transacciones en proceso - WIP) fueron eliminados.

Tabla 2 - Tabla comparativa de la situación actual y la propuesta - Elaboración propia

Variables	Situación Actual	Situación Propuesta
Capacidad instalada de la línea	16 sesiones	64 sesiones
Amortiguador de Tiempo	0 segundos. Tiempo de proceso > Tiempo permitido en la línea	Amortiguador de tiempo = 30 seconds, Lead time /2
Amortiguador de Capacidad	Fuera del límite de capacidad	Estado = 90
Lead Time	Lead time = 60 segundos	Lead time = 30 segundos
Tamaño del Lote	3611 Transacciones	1806 transacciones
WIP (Trabajo en Proceso)	1264 Transacciones	0 transacciones (Línea sincronizada con la demanda del cliente)

7.2 Medición del Rendimiento de la cadena de suministro de acuerdo con la solución propuesta

En la tabla 3, hacemos una comparación del desempeño de la situación actual y la propuesta, aplicando los indicadores y la metodología de (Goldratt, Eliyahu M, 2012).

Tabla 3 – Fuente: (Banca de servicios financiera, 2017-2021) y Resultados del Caso Estudio – Calculo del Rendimiento Total de la Situación Actual, Situación Propuesta de la Línea de Pagos Digital de Telefonía - Elaboración propia

SUPUESTOS	Situación	Situación	PROYECCION A FUTURO LINEAS DIGITALES			
	Actual	Propuesta				
CAPACIDAD INSTALADA DE LA LINEA (NUMERO DE SESIONES VIRTUALES)	16	32	40	48	56	64
VELOCIDAD DE DESEMPEÑO	1	2	2	2	3	3
COSTOS DE TRANSMISION NUEVAS TECNOLOGIAS	34	34	31	28	25	22
TAMAÑO DE LOTE DE DATOS (CANTIDAD DE TRANSACCIONES)	3611	1,264	1,327	1,393	1,463	1,536
LEAD TIME - TIEMPO DE ENTREGA (SEGUNDOS)	60	30	30	30	30	30
WIP - TRABAJO EN PROCESO (CANTIDAD DE TRANSACCIONES)	1264	0	0	0	0	0
PROMEDIO DE INTERES DE COBRANZAS POR RECIBO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
PRECIO PROMEDIO COBRANZA DE RECIBOS	70	70	84	101	121	145
DISPONIBILIDAD DE LA LINEA DE COMUNICACIÓN (%)	35%	100%	100%	100%	100%	100%
DISPONIBILIDAD DIARIA DE LA LINEA DE COMUNICACIÓN (SEGUNDOS)	10'080	28'800	28'800	28'800	28'800	28'800
TOTAL DE CANALES DE COMUNICACIÓN (CANTIDAD)	7908	7908	8699	9569	10526	11578
COSTO UNITARIO POR DIA DE LA LNEA SNA - PAGOS DE TELEFONIA (S/.)	35	35	28	22	18	14
COSTO DIARIO POR RESTABLECER LA COMUNICACIÓN (S/.)	200	0	0	0	0	0
COSTO DIARIO DE LA ENERGIA UTILIZADA	30	30	27	24	22	20
COSTO UNITARIO CONTROL DE CALIDAD	25	60	42	29	21	14
ROE	34,33%	34,33%	54,40%	47,87%	52,66%	57,93%
ROA	2,90%	2,90%	3,34%	2,93%	2,58%	2,27%
PROMEDIO DE CAIDAS DE LA LINEA DE PAGOS (CANTIDAD)		0	0	0	0	0
VENTAS	246'435	265'440	334'404	421'243	796'340	1'003'291
COSTO DE LA MATERIA PRIMA (ENERGIA)	70'410	37'920	35'829	33'850	31'996	30'233
THROUGHPUT (TP) - RENDIMIENTO	176'025	227'520	298'620	387'549	764'469	973'311
INVENTARIO (IN)						
PRODUCTOS EN PROCESO	88'480	0	0	0	0	0
PRODUCTOS TERMINADOS (RECIBOS ELECTRONICOS PAGADOS)	164'290	176'960	222'936	280'829	530'893	668'860
MATERIA PRIMA (ENERGIA)	70'410	37'920	35'829	33'850	31'996	30'233
SUBTOTAL	323'180	214'880	258'804	314'805	562'980	699'276
INVERSION DE CAPITAL	110'948	73'768	140'789	150'703	296'461	405'056
EQUIPOS	9372	6232	8631	9239	14540	15'892
INVENTARIO TOTAL	443'500	294'880	408'224	474'748	873'982	1'120'224
GASTOS OPERATIVOS (OE)						
COSTOS DIRECTOS	28'751	44'240	37'162	31'216	26'221	22'026
COSTOS INDIRECTOS	560	0	0	0	0	0
COSTOS DE TRANSMISIÓN (SUMINISTOS)	79'798	42'976	40'612	38'379	36'268	34'273
INTERESES PAGADOS	3521	1896	1991	2090	2195	2305
CONTROL DE CALIDAD Y CONCILIACION DE LA INFORMACION	58'675	75'840	55'742	40'971	30'113	22'133
TOTAL DE GASTOS OPERATIVOS	171'304	164'952	135'507	112'655	94'797	80'736
UTILIDAD NETA : NP = (TP - OE)	4721	62'568	163'113	274'894	669'671	892'573
RATIO SOBRE LA INVERSION: ROI = (NP / IN)	1,06%	21,22%	39,96%	57,90%	76,62%	79,68%
PRODUCTIVIDAD: PR = (NP / OE)	0,03	0,38	1,20	2,44	7,06	11,06
ROTACION DE INVENTARIOS: IT = (TP / IN)	0,40	0,77	0,73	0,82	0,87	0,87
MARGEN THROUGHPUT DE LA RESTRICCION: MT = (TP / Lead Time)	2934	7584	9954	12918	25'482	32'444

Inversión Total Marginal incremental = 825'344, a partir de la situación propuesta esta compuesta por las cantidades incrementales 113'345, 66'523, 399'234, 246'242.

La información proviene de los resultados y de la (Banca de servicios financiera, 2017-2021). El rendimiento en la situación actual es de 176'025; y el rendimiento en la propuesta, es de 227'520. El beneficio neto es de 4721 en la situación actual y en la propuesta 62'568. El ROI, es 1,06% para la situación actual y 21,22% en la situación propuesta. La Productividad (PR), es 0,03 en la situación actual y 0.38 en la situación propuesta. La Rotación de inventarios es de 0,40 en la situación actual y de 0,77 en la situación propuesta. Según los resultados, los beneficios son los siguientes: Lotes de datos más pequeños, Disminución tiempo entrega, Ahorro energía, Velocidad de la línea. Asimismo, se ha realizado una proyección a futuro para evaluar el crecimiento de las líneas digitales y su impacto en los demás procesos.

Para el análisis de factibilidad se parte como año base la situación propuesta y luego se realizan proyecciones considerando el crecimiento de la capacidad instalada de las líneas digitales, partiendo de 32 sesiones hasta llegar a 64 sesiones virtuales. El costo de oportunidad COK considerado es del 10%. Se considera que el costo de transmisión de datos a lo largo del tiempo por la aplicación de TOC tiene una tendencia a bajar del -10%. El tamaño del lote de datos se incrementa en 5% para cada tamaño digital. El promedio de cobranza por recibo se incrementa en 20%. El crecimiento de los canales de pago es de 10%. El costo unitario por el uso del sistema de arquitectura de datos *SNA* de líneas digitales se reduce en 20%, en la medida que crece el tamaño de líneas digitales por la aplicación de TOC. El costo de la energía se reduce en 10% en forma anual. De la misma forma, el control de calidad de la información a transferir al proveedor se reduce en 30%. A continuación, se realizan los cálculos para determinar el tamaño óptimo siguiendo el modelo de simulación Montecarlo de (Castañeda-Camacho, y otros, 2015) y luego se calculará el VAN, TIR marginal de acuerdo a la propuesta de (Beltrán & Cueva, 2018), con el fin de corroborar el tamaño óptimo calculado con el modelo de simulación Montecarlo.

7.2 Determinación del tamaño óptimo de líneas digitales

Con el fin de determinar el tamaño óptimo de sesiones digitales según el modelo de rendimiento throughput propuesto por (Goldratt & Cox, 2013), se realiza el análisis de sensibilidad con la simulación Montecarlo, tomando como referencia el artículo de investigación de (Castañeda-Camacho, y otros, 2015), donde se explica la velocidad de datos máxima alcanzable para diferentes valores de ancho de banda, el mismo, que nos

sirve de base para aplicarlo en nuestro modelo en el cual se va a calcular el tamaño de sesiones digitales optimo(máximo) para diferentes valores de inversión y/o lote de datos que se transfieren a través de la línea digital. Para efectuar la simulación se transfieren al sistema las siguientes fórmulas de evaluación, las cuales se toman de la tabla 2, y del modelo de rendimiento throughput propuesto por (Goldratt & Cox, 2013), como sigue:

$$V = (ld - wip) * p * i * vl$$

$$TP = V - Cmp$$

$$INV = Cwip + Cpt + Cmp + Cic + Cie$$

$$OE = cd + ci + ct + ip + cc$$

$$NP = TP - OE$$

$$ROI = \frac{NP}{INV}$$

$$IT = \frac{TP}{INV}$$

Donde:

V = ventas, *ld* = tamaño del lote de datos, *wip* = lote de datos en proceso, *p* = precio, *i* = interés, *vl* = velocidad de transmisión, *C*= costo, *mp* = materia prima, *pt* = producto terminado, *ic* = inversión de capital, *ie* = inversión en equipos. *TP* = throughput(rendimiento), *OE* = gastos operativos, *INV* = inventario, *cd* = costos directos, *ci* = costos indirectos, *ct*= costos de transmisión datos, *ip* = intereses pagados, *cc* = costos de control de calidad. *NP* = utilidad neta, *ROI* = ratio sobre la inversión, *IT* = rotación de inventarios

En la tabla 4 y figura 10, se muestran los resultados del proceso de simulación de Montecarlo (análisis del tornado), tomando como referencia el estudio de investigación de (Castañeda-Camacho, y otros, 2015) y el informe Risk Simulator (Mun , Chin, & Lim, 2019) procesado en EXCEL, en base al monto total de inversión marginal (inventario) de la tabla 2, equivalente a 825'344.

Tabla 4 – Resultado de la simulación Montecarlo. Fuente: (Castañeda-Camacho, y otros, 2015). Informe Risk Simulator (Mun , Chin, & Lim, 2019). Análisis del tornado. Elaboración propia

Celda Precedente	Valor Base: 825344			Cambio de Ingreso		
	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango de Efectividad	Ingreso Inferior	Ingreso Superior	Valor Caso Base
H4: Velocidad de desempeño	718166	932522	214356	2.7	3.3	3
D10: Precio promedio de cobranzas de recibos	742451	908238	165787	63	77	70
D6: Tamaño del lote de datos	742810	907879	165069	1,138	1,390	1,264
E18: ROE	784839	865850	81011	48.96%	59.84%	54.40%
D16: Costo diario de la energia utilizada	825704	824985	718	27	33	30

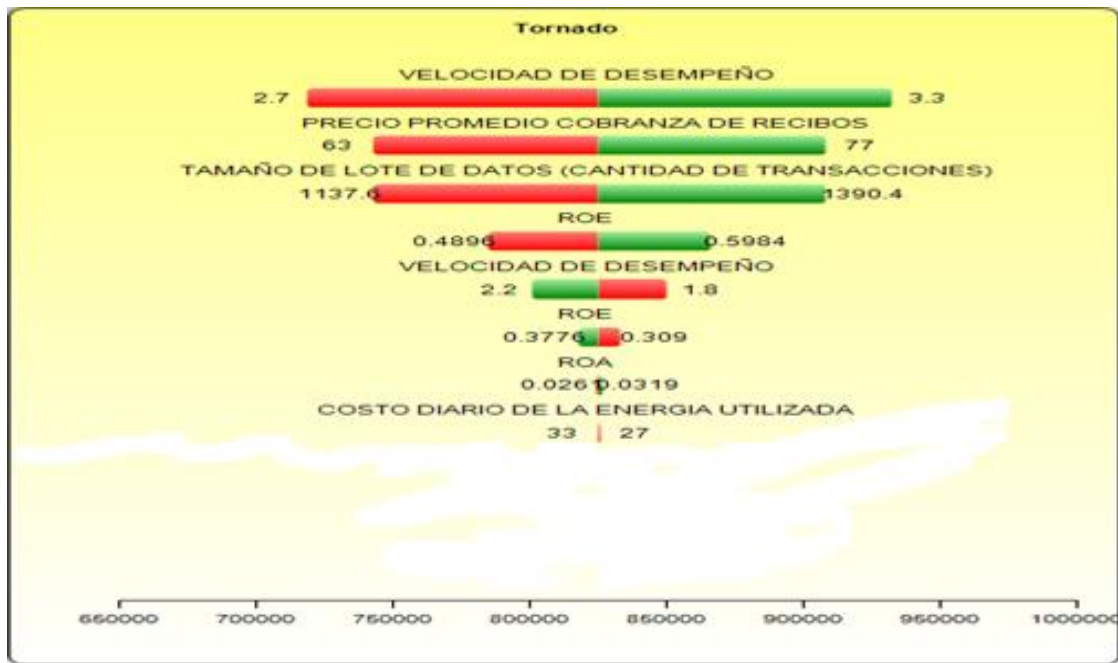


Figura 10 – Simulación Montecarlo. Fuente: (Castañeda-Camacho, y otros, 2015), Informe *Risk Simulator* (Mun , Chin, & Lim, 2019). Análisis del Tornado.

En la tabla 4 y figura 10, se deduce por ejemplo que en una situación pesimista el lote de datos debe ser de 1138, en una situación optimista (ingreso superior) el valor del lote debe ser 1390 y en una situación normal 1264 (valor base).

En la tabla 3, observamos que la línea digital relacionada con el tamaño del lote más cercano al valor obtenido en el proceso de simulación de Montecarlo (1390), es la línea digital de 48 sesiones, la cual tiene un lote calculado de 1393.

Con lo cual concluimos que el tamaño óptimo estaría representado por: 48 sesiones y 1390 lote de datos. En la figura 11 y 12 se representan estos valores comparado con la inversión a efectuar, por ejemplo, para el lote óptimo la inversión sería de 907'879. Asimismo, la velocidad de desempeño óptima superior sería de 3.3 y el costo diario con ingreso superior del uso de la energía sería de 33. Además, la rentabilidad óptima sobre el capital *ROE*, es 59,84% y la inversión asociada con este indicador es de 865'850.

Para efectos del estudio, consideramos el análisis enfocado en el tamaño del lote de datos y la cantidad de sesiones digitales a configurar en el sistema de información de la línea de pagos de servicios de telefonía.

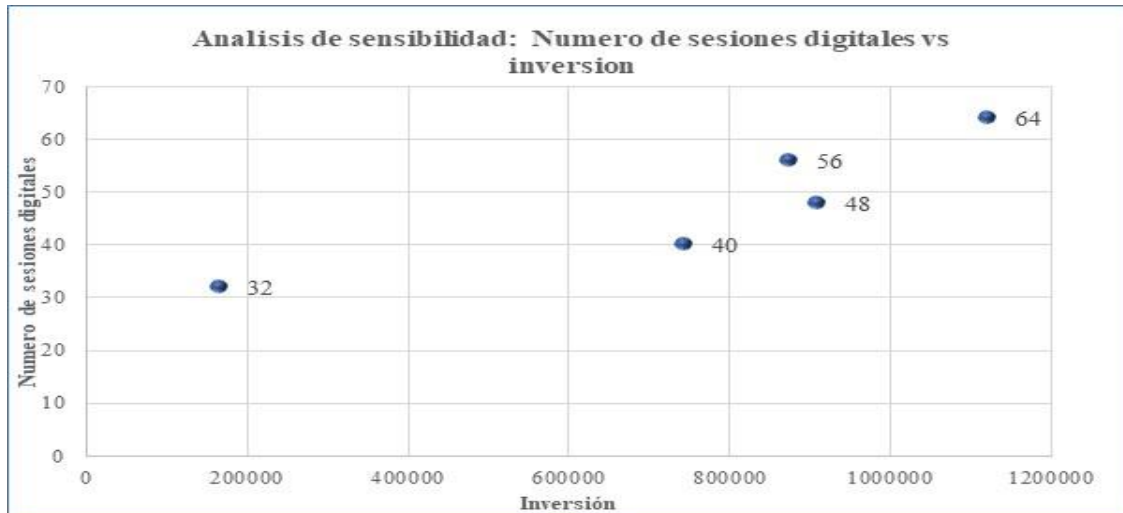


Figura 11 – Análisis de sensibilidad: Numero de sesiones digitales vs inversión. Fuente: (Castañeda-Camacho, y otros, 2015, págs. 210-211). Pronósticos en tabla 3. Elaboración propia

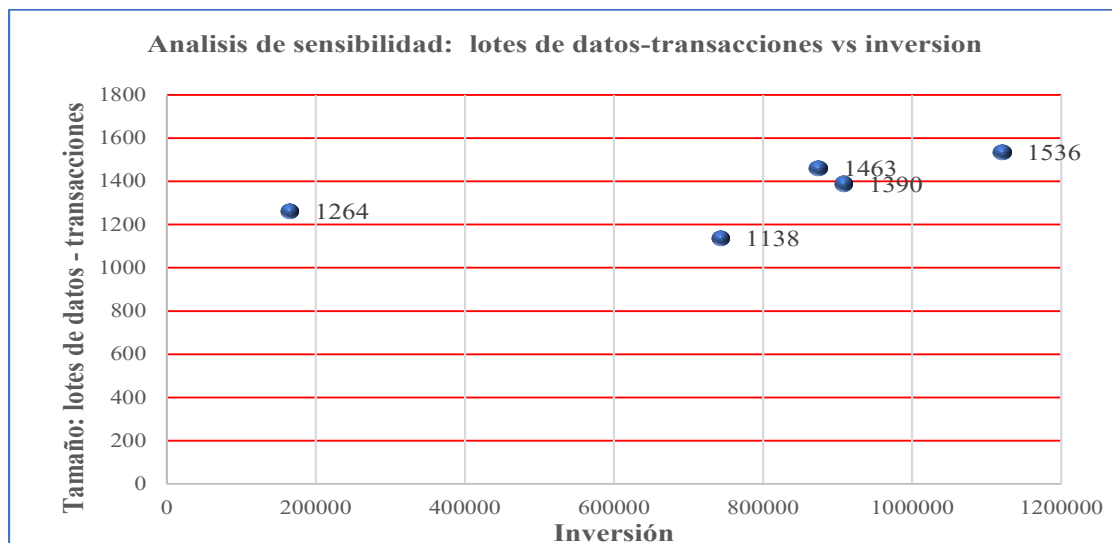


Figura 12 – Análisis de sensibilidad: Lotes de datos-transacciones vs inversión. Fuente: (Castañeda-Camacho, y otros, 2015, págs. 210-211), Pronósticos en tabla 3. Elaboración propia

7.3 Análisis de factibilidad y viabilidad mediante el modelo de VAN, TIR marginal

En forma complementaria al análisis y simulación de Montecarlo, a continuación, desarrollamos el método de cálculo del VAN, TIR marginal propuesto por (Beltrán & Cueva, 2018, pág. 401).

En la tabla 5, mostramos un resumen de los tamaños de sesiones digitales, inversión y beneficios, la cual servirá para calcular la marginalidad de la inversión y beneficios para cada tamaño.

Tabla 5 - Matriz tamaño de sesiones digitales, inversión y beneficios. Fuente: (Beltrán & Cueva , 2018, págs. 398-401). **Elaboración propia**

Tamaño	Inversión óptima-superior modelo Montecarlo	Beneficios (FC) Tabla 3
32	165'069	62'568
40	742'809	163'113
48	907'879	274'894

A continuación, en la tabla 6, se realizan los cálculos para determinar el tamaño óptimo según la factibilidad y viabilidad del proyecto.

Tabla 6 – Análisis de factibilidad y viabilidad VAN, TIR marginal. Fuente: (Beltrán & Cueva , 2018, pág. 401) **Elaboración propia**

Tamaño	△ Inversión	△ Beneficios	VAN.mg	TIR.mg
32				
40	577'740	100'545	-403'241	-49%
48	165'070	111'781	28'930	23%

En base a los resultados de la tabla 6 y considerando lo manifestado por (Beltrán & Cueva , 2018, pág. 401), el cual manifiesta que el mejor tamaño es aquel donde el *VAN* y el *TIR* marginal es el mayor, considerando diferentes inversiones para cada tamaño, concluimos, que el tamaño óptimo para nuestro estudio de investigación vendría a ser de 48 sesiones digitales y un tamaño de lotes máximo de cantidad de transacciones equivalente a 1390.

Sin embargo, subsiste la proyección futura de crecer hasta 64 sesiones digitales, para lo cual se requiere sincronizar la capacidad con el proveedor del servicio *SNA*.

8. Referencias

- Antić, L., & Novičević, B. (2015). Lean Concept Techniques for overcoming constraints of business. *Casopis za Društvene Nauke*. 2015, Vol. 39 Issue 3, p905-923. 19p.
- Armstrong, P. (2017). *Disruptive Technologies : Understand, Evaluate, Respond*. New York: 1st Edition. New York, NY : Kogan Page. 2017.
- Banca de servicios financiera. (2017-2021). *Plan Estratégico Institucional 2017 - 2021*. Lima - Peru: Aprobado mediante Acuerdo Directorio No. 002- 2018/001 - FONAFE de fecha 24 de Enero 2018.
- Beltrán, B. A., & Cueva , B. H. (2018). *Evaluación privada de proyectos*. Lima: Universidad del Pacifico, Av.Salaverry 2020.
- Bozer, Y., & Ciernoczolowski, D. (2012). Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing. *International Journal of Production Research*. Jan2013, Vol. 51 Issue 2, p555-567. 13p. 1 Diagram, 5 Charts, 1 Graph. DOI: 10.1080/00207543.2012.656330.
- Castañeda-Camacho, J., Mino-Aguliar, G., Cortez, L., Gutierrez-Arias, J. E., Guerrero-Castellanos, J. F., & Muñoz-Hernández, G. A. (2015). Montecarlo Simulation Applied to Measurement of the Impact of the Smart Antenna Technology in Digital Cellular Systems. *Scielo. Ingeniería, investigación y tecnología.Ing. invest. y tecnol. vol.16 n.2 México Apr./Jun. 2015*, Vol 16.
- Chopra, S., & Meindl , P. (2013). *Administracion de la Cadena de Suministro - Estrategia, Planeacion y Operacion* . Atlacomulco 500 5to.piso; Col industrial Atoto; C.P 53519, Naucalpan de Juarez, Estado de Mexico: Pearson Education.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2010). *Lean Management - La gestion competitiva por excelencia*. Barcelona, España : Profit Editorial, 2010 (www.profiteditorial.com) Impreso por Publidisa .
- Ferenčíková, D. (2012). Theory of Constraints Based Information Systems in Production Management. *Proceedings of the European Conference on Management, Leadership & Governance*, 474–480.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2013). *The GOAL - La meta un proceso de mejora continua*. Lavalle 1634 3o. G./ C1048AAN; Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica S.A. , Edicion literaria a cargo de Lucila Galay.
- Goldratt, Eliyahu M. (2012). The Gestalt of TOC. *Change Management/Buy-In, Holistic Implementation, Ongoing Improvement, Decisive Competitive Edge (DCE), Immunizing the Future of the Company, Ever-flourishing*, (pág. Full Video: 3hr 10min; Free excerpt: 5min).
- Guide Jr., V., & Van Wassenhove, L. (2009). The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research. *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 2009.

- Jiang, X.-Y., & Wu, H.-H. (2013). Optimization of setup frequency for TOC supply chain replenishment system with capacity constraints. *Neural Computing & Applications*. Nov2013, Vol. 23 Issue 6, p1831-1838. 8p. DOI: 10.1007/s00521-013-1376-0.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2008). *The Execution Premium, Linking Strategy to Operations for competitive Advantage*. Boston, Massachusetts, 02163: Harvard Business School Publishing, 60 Harvard Way,.
- Marín, W., & Gutiérrez, E. (2013). Desarrollo e implementación de un modelo de Teoría de Restricciones para sincronizar las operaciones en la cadena de Suministro. *Revista EIA*. jun2013, Issue 19, p67-77. 11p.
- Moisello, A. M. (2012). Costing for Decision Making: Activity-based Costing vs. Theory of Constraints. *International Journal of Knowledge, Culture & Change in Organizations: Annual Review*. 2012, Vol. 12, p1-13. 13p.
- Mun, J., Chin, J. C., & Lim, S. B. (2019). *Risk Simulator 2019 v. 15.0.0*. www.RealOptionValuation.com.
- Pacheco, D. A., Isaac, P., Antunes, J. A., & Roehle, G. L. (2019). *Exploring the integration between Lean and the Theory of Constraints in Operations Management*. Bingley - Inglaterra: International Journal of Lean Six Sigma; Bingley Tomo 11, N.º 3, (2019): 718-742. DOI:10.1108/IJLSS-08-2017-0095.
- Phruksaphanrat, B., Ohsato, A., & Yenradee, P. (2011). Aggregate Production Planning with fuzzy Demand and Variable System Capacity based on Theory of Constraints Measures. *International Journal of Industrial Engineering*. 2011, Vol. 18 Issue 5, p219-231. 13p. 3 Diagrams, 5 Charts.
- Umble, M., Umble, E., & Murakami, S. (2006). Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: The case of Hitachi Tool Engineering. *International Journal of Production Research*.
- Uwe, T. (2015). *Goldratt and the theory of constraints. The Quantum Leap in Management*. Stuttgart, Germany 2015: Quistain able business solutions. Vistem ISSN 2199-2975.
- Wang, J.-Q., Zhang, Z.-T., Chen, J., Guo, Y.-Z., Wang, S., Sun, S.-D., . . . Huang, G. (2014). *The TOC-Based Algorithm for Solving Multiple Constraint Resources: A Re-examination*. Engineering Management, IEEE Transactions on. 61(1):138-146 Feb, 2014; USA: IEEE Language: English, Base de datos: IEEE Xplore Digital Library.
- Weetman, C. (2016). *A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains : Repair, Remake, Redesign, Rethink. 1st Edition*. New York : Kogan Page. 2016.
- Yang, Q., Liu, J., Huang, Y., Wang, Y., & Wang, T. (2016). *The dynamic 4S auto maintenance shop scheduling in a multi-constraint machine environment based on the theory of constraints*. China: International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Apr2016, Vol. 83 Issue 9-12, p1773-1785. 13p.