

MODELO DINÁMICO PARA EVALUAR EL FLUJO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN: ESTUDIO DE CASO EN INFRAESTRUCTURA UNIVERSITARIA PÚBLICA

Rubiano O. Oscar*; Cano M. Sandra L.**

*Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle

e-mail: oscar.rubiano@correounivalle.edu.co

**Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle

e-mail: sandra.cano@correounivalle.edu.co

Abstract: This study focuses on a critical evaluation of the problems associated with the obstruction of the work flow in construction projects for university infrastructure, caused by waste activities in the value stream. Critical factors related to political and formal and informal processes that influence the work flows are identified. Likewise, we propose the progressive elimination of wasteful activities by applying Lean principles and tools in the short and medium term. The underlying structure is studied by system dynamics to model the processes and evaluate management policies related to the value flow. Finally, the interacting elements and the best alternative to ensure the execution of the investment plan in a year in a resulting scenario are identified, in which the project can be planned and executed in 0.96 years to be delivered to the end customer.

Keywords: System Dynamics, Activities and Information project flow, Systems Thinking, Value Stream Mapping, Project.

Resumen: Este estudio se centra evaluar críticamente los problemas asociados a la obstrucción del flujo de trabajo en proyectos de construcción de infraestructura universitaria, causada por actividades desperdiciadoras en la cadena de valor. Se identifican los factores críticos relacionados con las políticas y los procesos formales e informales que condicionan los flujos de trabajo, así mismo, se propone la eliminación progresiva de las actividades desperdiciadoras con la aplicación de principios y herramientas Lean para el corto y mediano plazos. La estructura subyacente se estudió con dinámica de sistemas para modelar los procesos y evaluar políticas de gestión relacionadas con el flujo de valor. Finalmente, se identifican los elementos en interacción y la mejor alternativa para asegurar la realización del Plan de inversiones en un año en un escenario resultante de la simulación, en el que el proyecto se puede planear y ejecutar en 0,96 años para ser entregado al cliente final.

Palabras claves: Dinámica de Sistemas, Flujo de actividades y de Información del proyecto, Pensamiento Sistémico, Value Stream Mapping, Proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

En las Universidades, en este caso públicas, los proyectos de infraestructura hacen parte de su Plan Estratégico de Desarrollo. Un proyecto de construcción en este tipo de instituciones se desarrolla en las etapas tradicionales del proyecto, las que se financian con presupuestos anuales. Estas etapas son: planeación, contratación, construcción y operación, y mantenimiento.

La financiación se realiza con recursos especiales provenientes de un impuesto específico recaudados por el Gobierno Regional (GR) y trasladados a la universidad. La contratación de la construcción se viabiliza con la disponibilidad del recurso financiero en la entidad financiera proveedora y con el proyecto en una condición de maduro, esto significa que se encuentra incluido en el Plan de Inversiones de la Institución en el año respectivo (que es la estrategia de ejecución anual de los proyectos de inversión). La contratación debe dar cumplimiento a los principios de la Ley de Contratación Pública Nacional en el marco de la Autonomía Universitaria en materia de contratación, así que a cada Institución Universitaria Pública se le permite expedir su propia normatividad para la contratación de bienes y servicios, y esta se lleva a la práctica mediante reglamentaciones que establecen su marco de actuación en términos de contratación de obras. En el cumplimiento de estas reglamentaciones se consolidan procesos que originan relaciones y flujos entre áreas funcionales y se definen estándares para alcanzar las metas en términos de costos, tiempo, alcance y calidad de los proyectos; metas que pocas veces se cumplen con buen nivel de desempeño, debido a la ejecución de actividades que no contribuyen a la creación de flujo de valor para el cliente.

Los procesos relacionados con la materialización del proyecto cuentan con una gran cantidad de interrelaciones formales establecidas en los sistemas de gestión de la institución y otras relaciones informales que se originan según criterios personales y políticas adicionales de control y verificación. Estas interrelaciones son identificadas con técnicas que muestran los elementos que impactan directamente el flujo y la cadena de valor del proceso [Nash and Poling, 2008] y se modelan dinámicamente

para evidenciar los puntos de eliminación de desperdicios para mejoramiento del flujo [García, 2011] [Cuatrecasas, 2010].

El flujo de trabajo en la gestión de proyectos de construcción de infraestructura, la universidad pública no es la excepción en el hecho de estar afectada por un gran número de actividades que no agregan valor y también por políticas que reducen la eficiencia. Con la propuesta de aplicación de métodos y herramientas Lean se busca mejorar los estándares de respuesta y un mejor uso de los recursos, esto se logra a partir de la eliminación de aquellas actividades que no contribuyen a la creación de valor o “desperdicios de trabajo” en todo el proceso [Hines and Rich, 1997]. Para el estudio de esta problemática la visión sistémica permitió abordar aquellos elementos que no contribuyan a la creación de valor identificando la estructura de interacciones entre las variables estudiadas, y evaluando alternativas de estructuración del flujo del proceso que contribuyan a la eliminación de desperdicios y buscar una reducción del tiempo de entrega del proyecto al usuario final. Este tipo de trabajos ha sido ampliamente referenciado en la literatura en diversos ámbitos de aplicación a la industria manufacturera y recientemente a la industria de la construcción tales como [Arbulu and Tommelein, 2002], [Yu et al., 2009], [Leite and Neto, 2013] y otros.

En consecuencia, en la Institución piloto de la investigación se han podido identificar acciones de ganancia del flujo de trabajo, esto es, reducción de los tiempos de entrega de proyectos al usuario, mediante la eliminación de reprocesos y otros desperdicios presentes en el proceso de ejecución de proyectos en cada una de sus fases.

2. METODOLOGÍA

Para la realización del estudio se siguieron los Principios Lean (Valor, identificación del Flujo de Valor, Ganancia del Flujo en el proyecto, Capacidad de Ejecución al Ritmo de la Demanda y perseguir la perfección) con enfoque sistémico, y para abordar los desperdicios se siguió el enfoque clásico de problema-medición del problema-análisis-soluciones. Para la aplicación de los principios Lean, se seleccionaron las herramientas apropiadas para ser aplicadas como el la Voz del Cliente, SIPOC Z, Value Stream Mapping, Análisis del Valor y Dinámica de Sistemas. Bajo la aplicación del principio Lean 2, se caracterizó el proceso de gestión en cada uno de los pasos de la gestión de proyectos de infraestructura, que fueron agrupados en seis subprocesos:

- a) El recaudo de fondos y su traslado por parte del GR.
- b) La maduración de los proyectos en el PI.

* Ph.D. Ingeniería Industrial, Universidad de Sevilla (España). Experto en Prospección y Gestión de la Tecnología, Universidad de Sevilla (España). Especialista en Finanzas de la Universidad del Valle. Ingeniero Industrial de la Universidad del Valle. Profesor de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle desde el año 1993.

** Estudiante Ph.D. en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle. Ingeniera Civil, Universidad del Valle. Jefe de División de Administración de Bienes y Servicios, Universidad del Valle.

- c) El uso de los recursos financieros trasladados.
- d) La contratación de las obras.
- e) La construcción de las obras.
- f) La problemática asociadas a los ajustes requeridos durante la construcción.

De estos subprocesos se definieron los factores principales para el estudio. Para el análisis de la información, se utilizaron los datos disponibles de los Planes de Inversión y sus ejecuciones en los años de análisis que van de 2005 a 2013.

Al mapear el flujo de la gestión de proyectos (principio Lean 2) de construcción, tanto físico como de información, se obtuvo el mapa del estado actual, reconociendo en él todos los elementos en interacción para posteriormente construir el modelo dinámico, este mapeo se desarrolló de acuerdo con [Nash and Poling, 2008]. Una vez se obtuvo el modelo dinámico (adoptado dentro de los principios Lean 2 y 3), se validó con la información del estado actual logrando que el modelo reprodujera el comportamiento real. Posteriormente se analizan las posibles medidas a adoptar para la mejora de los factores que de manera independiente se obtienen de intervenir la cadena de valor con propuestas de mejoramiento y aplicación de herramientas Lean en una primera fase de intervención del sistema. Posteriormente se definen siete escenarios a modelar y se selecciona el mejor escenario (Principio Lean 4), el que tenga la mejor condición para implementar (No es necesariamente el que mejor desempeño muestra en la simulación) y se construye el mapa del estado futuro.

A continuación en las secciones 3, 4 y 5 se describen los elementos teóricos de los principios Lean que fundamentan su aplicación, la técnica de mapeo con el uso del VSM y una breve descripción de la consideración de la Dinámica de Sistemas para el alcance del proyecto.

3. PRINCIPIOS LEAN Y MAPEO DE LOS FLUJOS DE VALOR

Los principios de la filosofía Lean [Jones and Womack, 2002] en el mejoramiento de la eficiencia de las cadenas de valor son:

1. Especificar valor desde el punto de vista del cliente (en este caso la Unidad Académica o Administrativa que requiere la construcción del activo físico).
2. Identificar el flujo de corriente de valor, incluidas las actividades que agregan valor y que no agregan valor para el cliente.

3. Permitir que el proyecto fluya sin problemas y rápidamente a través de todos los subprocesos.
4. Hacer coincidir la capacidad de los subprocesos con la demanda para que el trabajo se realice de acuerdo con el esquema de planeación del proyecto.
5. Perseguir la perfección a través de la mejora continua de la corriente de flujo de valor.

Una cadena de valor incluye todas las actividades, incluso las que no agregan valor, y proporciona una vista gráfica de los elementos del proceso por los que el cliente está dispuesto a pagar [Tapping and Shuker, 2003]. Rother y Shook definen “cadena de valor” como “todas las acciones (que agregan valor y que no lo agregan) que actualmente se requieren para llevar un producto, o servicio, a través de los principales flujos esenciales para todos los productos”.

4. VALUE STREAM MAPPING (VSM)

Es una herramienta gráfica Lean que integra los flujos materiales y los flujos de información mediante el uso de iconos normalizados en un gráfico, mostrando un “Mapa de Gran Formato” de flujo de valor. Esta herramienta fue utilizada inicialmente en Toyota Motor Company como “el mapeo del flujo de materiales y de información” y fue desarrollado por Rother y Shook en el 2003 [Rother and Shook, 2003]. Jones y Womack, 2002, [Jones and Womack, 2002] definen el VSM como el proceso de mapear el flujo de materiales e información, del estado actual del proceso y la creación de un mapa de estado futuro integrando los métodos y las herramientas apropiadas para ganar flujo. De acuerdo a los autores, el VSM ofrece siete ventajas:

1. Visualiza el flujo de valor en su totalidad.
2. Muestra todas las actividades, las que se agregan y no agregan valor y muestra las fuentes de residuos en la cadena.
3. Relaciona las operaciones del proceso con las cadenas de suministro, canales de distribución y flujos de información.
4. Evidencia las relaciones entre el Control de Producción y Programación.
5. Proporciona un lenguaje sencillo y común para la discusión de los procesos de flujo de valor.
6. Forma la base para la implementación de Lean mediante el diseño de un sistema de producción basado en el flujo uno a uno para una familia de productos.

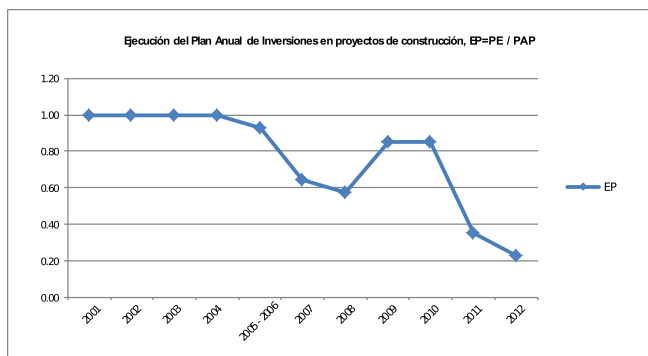


Figura 1. Eficiencia en la ejecución del Plan de Inversión, EP.

7. Proporciona un "modelo" para la planificación estratégica, para el despliegue del pensamiento Lean durante su transformación en una empresa Lean.

5. DINÁMICA DE SISTEMAS

Los principios de pensamiento circular [O'Connor and McDermott, 1998] y las herramientas asociadas se han aplicado para caracterizar los flujos de valor y la Dinámica de Sistemas como enfoque de modelamiento. De acuerdo con [Forrester, 1968], es una metodología para entender la complejidad y el cambio utilizando ecuaciones diferenciales para describir adecuadamente su dinámica. Dada la representación de estos procesos se pueden estudiar como un conjunto de los estados disponibles en el sistema, lo cual es el enfoque central de la modelación [García, 2012].

6. SÍNTOMAS DE LA PROBLEMÁTICA EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA UNIVERSITARIA PÚBLICA EN COLOMBIA

La identificación de síntomas problemáticos pone en evidencia la necesidad de controlar el proceso para mejorar su eficiencia, los datos que soportan estas afirmaciones hacen parte del estudio principal. Algunos de estos síntomas críticos son:

- Alta afectación del proceso por la influencia de agentes externos: políticas nacionales, restricciones electorales, ciclos económicos, etc., que ocasionan retrasos en el traslado del recaudo con el que se financian los proyectos. Su efecto es el inicio tardío de las actividades de contratación.
- Bajo nivel de ejecución de la inversión destinada a los proyectos de infraestructura que requiere ampliaciones de plazos sucesivos no previstos. Ver Figura 1. Donde EP corresponde a la

ejecución real de los proyectos planeados como porcentaje del plan previsto.

- La planificación no sistemática en la asignación de los recursos recaudados, esto causa una autorización desorganizada de los proyectos a contratar
- Necesidad de ajustes en la maduración de proyectos que lleva a realizar reprocesos antes y durante la contratación, así como durante la ejecución de las obras lo que ocasiona sobrecostos por ajustes en construcción.

7. MAPA DEL PROBLEMA

Esta sencilla herramienta permite relacionar los factores de definición de escenarios que se simulan, así como mostrar los indicadores que dan cuenta del desempeño del sistema. Los tres parámetros que definen escenarios de simulación y los cuatro indicadores que se utilizan para el estudio se muestran a continuación la Figura 2.

8. CASO DE ESTUDIO

8.1 El Proceso

El estimado del recaudo anual del impuesto se calcula en función de su comportamiento histórico y se define el presupuesto general de acuerdo con el Plan Estratégico de la Institución. El recaudo del impuesto es realizado por el Gobierno Regional que consolida y transfiere mensualmente el dinero a la universidad, esta transferencia presenta una gran variabilidad con respecto a las fechas de entrega. El Consejo Directivo aprueba los proyectos a financiar, los cuales deben tener la condición de madurez que se requiere (Esta condición se cuestiona en el proceso de autorización de recursos para contratar la construcción). Se autoriza asignar el recurso en los proyectos que se encuentran en el Plan Anual de Inversiones (PI), luego de verificar nuevamente la madurez de estos proyectos y que el recurso financiero se encuentra en caja.

Posteriormente, el Rector autoriza iniciar la contratación de aquellos proyectos cuyo monto no exceda los recursos disponibles a la fecha.

Sin embargo, si el proyecto requiere de ajustes en su maduración en esa etapa, los recursos de manera inmediata no están asignados a la misma y la maduración adicional es contratado (que consume en promedio 16 semanas). Superada esta etapa, las hojas de contratación son elaboradas y la oferta sigue adelante hasta contar con un contrato de ejecución de obra legalizada para dar inicio a los trabajos de construcción. La duración de cada contrato

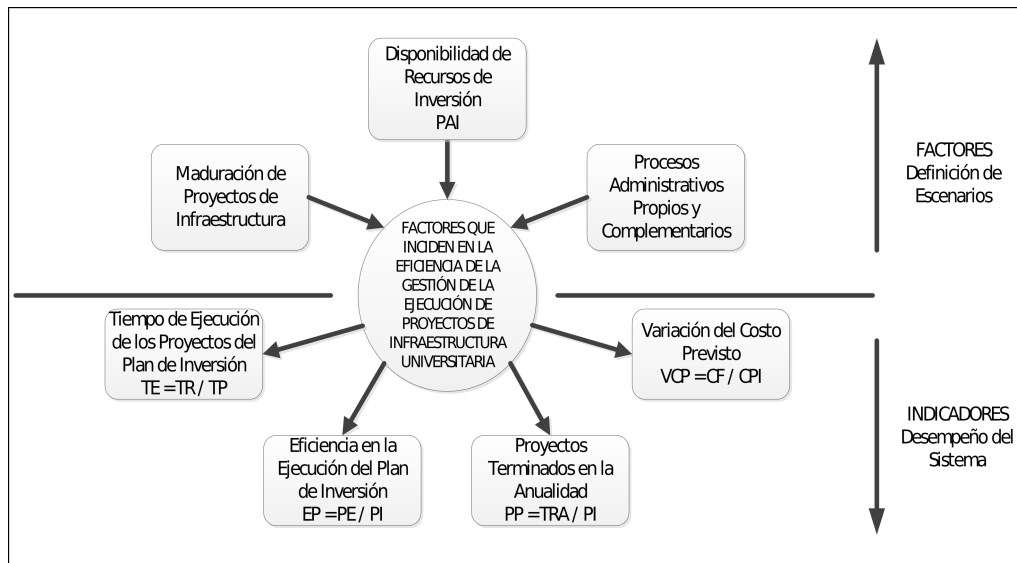


Figura 2. Mapa del Problema

varía de acuerdo con el tamaño y la complejidad de la intervención (la duración considerada en este estudio es de 20 semanas sin contratiempos). Si durante la etapa de construcción, se requieren los ajustes relacionados nuevamente con la maduración, al diseñador se le requieren los ajustes a los diseños en su proyecto original, de lo contrario, si el nuevo requisito no es parte del alcance inicial, se realiza un nuevo contrato con el fin disponer del complemento del proyecto para la construcción. Este reproceso siempre requiere recursos financieros adicionales, tanto para los diseños como para la construcción.

8.2 Mapa del Estado Actual

En la Figura 3 se presenta el mapa del estado actual. En él se identifican los flujos materiales y de información y las interacciones existen en el proceso. Este mapa se complementa con otra herramienta, el SIPOC Z, que permitió un seguimiento paso a paso del proyecto y la información relacionada con él. Con ayuda del SIPOC Z se construyó un nuevo mapa que muestra estos flujos en una estructura por áreas, Figura 4, a través de las cuales el proyecto y la información relacionada transitan. De esta manera se identifican los desperdicios de manera precisa, el tiempo que estos pasos consumen en las estaciones de trabajo traduciéndose en demoras que no favorecen el flujo del proceso [Greif, 1993]. En este estudio se mapea un flujo, con características de un proceso transaccional, el área responsable de la coordinación de construcción centraliza las operaciones y depende de la gestión administrativa de otras áreas para que el proyecto fluya, convirtiendo al proceso principal en cliente de otros procesos, estos otros procesos, vistos desde la cadena de valor en estudio, se identifican como cadenas anidadas. En cada cadena anidada,

se presentan demoras en la atención del proyecto debido a que este pasa a ser un cliente de la cadena anidada y su atención depende de la secuencia de llegada a esta estación y no hay diferenciación entre la atención de un proyecto de construcción y cualquier otro tipo de proyecto, por ejemplo con la compra de un computador.

8.3 Interrelaciones entre los Factores y Variables del Proceso de Ejecución de Proyectos de Construcción De Infraestructura

En el estudio es importante comprender las causas del comportamiento del sistema, entender como cada elemento hace parte de él e interactúa y entender como las diferentes acciones realizadas en ciertas partes del sistema implican efectos en el mismo. Se busca identificar alternativas que mejoren el comportamiento actual a partir de ajustes o cambios en las políticas que impactan directamente la gestión o en la manera de realizar las tareas.

En el diagrama de interrelaciones de la Figura 5 se presentan los elementos del flujo en relaciones causales agrupados en cuatro procesos interrelacionados:

- a) El recaudo de fondos y su traslado por parte del GR.
- b) La maduración de los proyectos en el PI.
- c) El uso de los recursos financieros trasladados.
- d) La contratación de las obras.
- e) La construcción de las obras.
- f) La problemática asociadas a los ajustes requeridos durante la construcción.

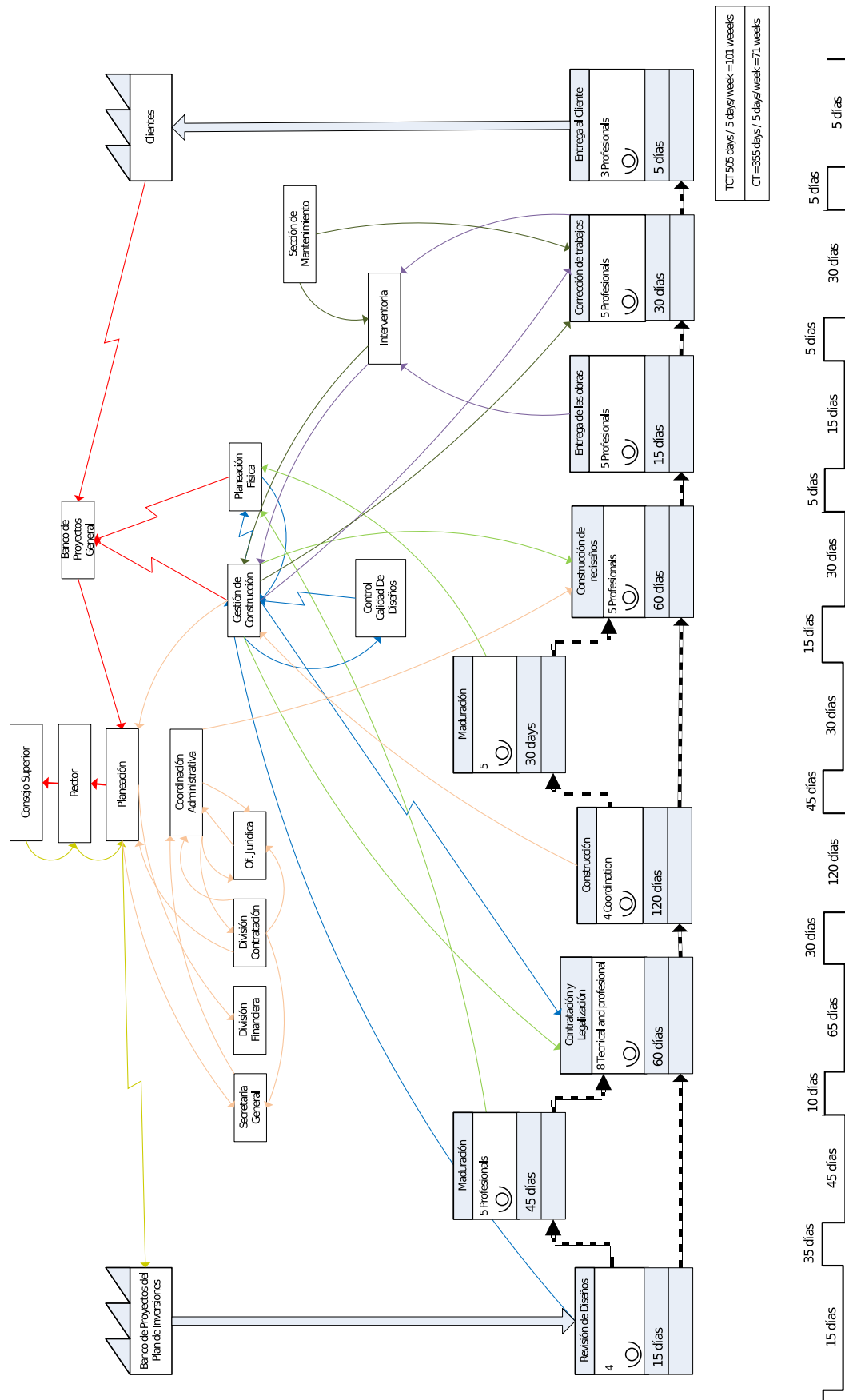


Figura 3. Mapa del estado actual, procesos por los que fluye el proyecto.

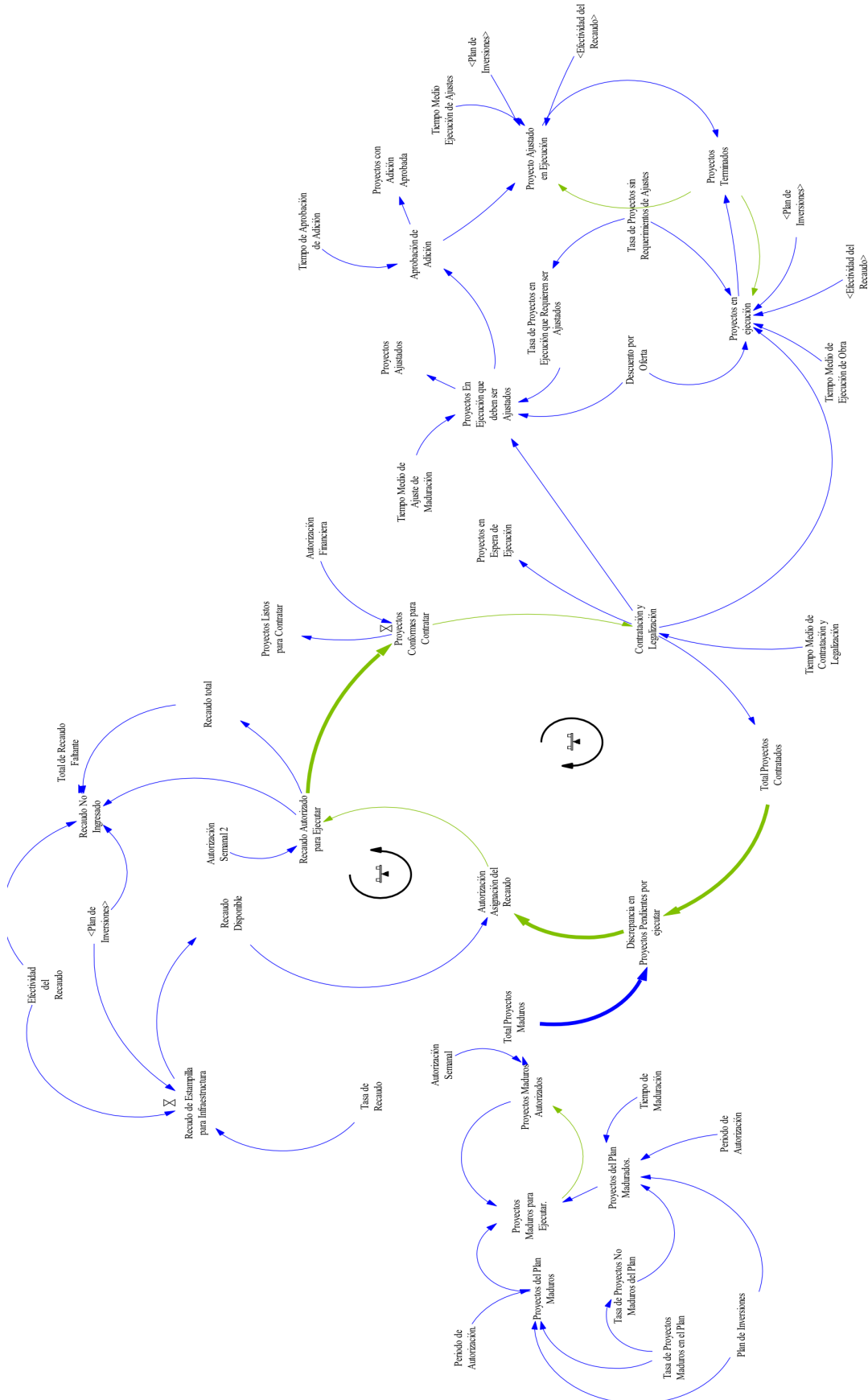


Figura 4. Diagrama de interrelaciones entre factores y variables.

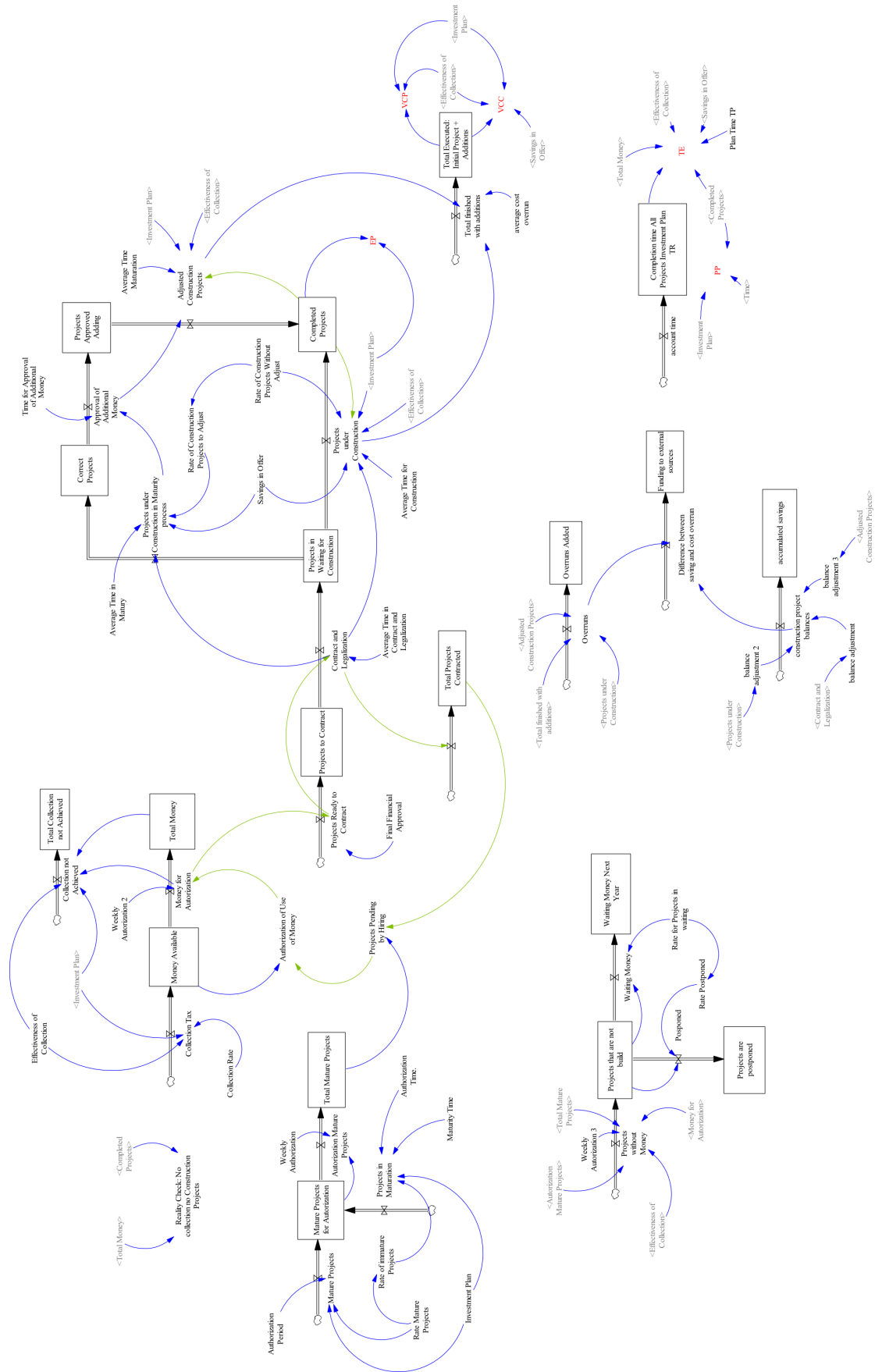


Figura 5. Diagrama de interrelaciones entre factores y variables.

8.4 *Análisis Estructural Del Problema*

Se identificaron tres factores que afectan directamente el flujo, estos son: uso de los recursos, maduración de proyectos y los procesos administrativos propios y complementarios, los cuales se detallan a continuación.

8.4.1 *Uso de los Recursos de Inversión*

La administración del GR realiza el recaudo mensual de fondos producto de la aplicación del impuesto y lo traslada con retrasos. El primer recaudo ingresa en el mes de abril y los siguientes con un retraso de dos meses posterior al recaudo causado. Los recursos que se reciben a partir del mes de septiembre no se autorizan para contratación debido a la finalización del año fiscal. Los recursos trasladados en estos últimos meses se acumulan y pasan al siguiente año para continuar la ejecución del mismo PI. Luego de consolidar el balance general de la institución, son autorizados por el Rector para iniciar la contratación de las obras relacionadas en el mes de febrero o marzo del año siguiente. Con esta política el total de los proyectos del PI no se completan en la anualidad prevista. Esta situación, sumada a un escenario en el que no se logre el recaudo previsto, obliga a aplazar proyectos para ser financiados con recursos de un PI futuro, en el mejor de los casos. Un proyecto aplazado tiene una alta probabilidad de no ejecutarse lo que se afecta la efectividad en la ejecución del PI del año para el que fue formulado.

8.4.2 *Maduración de Proyectos de Infraestructura*

Un proyecto se considera "Maduro" cuando se han completado todos los estudios, diseños, presupuesto, programación y demás elementos complementarios y necesarios para garantizar que la construcción se lleve a cabo sin la falta de información suficiente y necesaria para completarla exitosamente, con un mínimo impacto o desviación en los costos, tiempo de ejecución, calidad y alcance en la fase de construcción y operación de la edificación construida o intervenida. Para la medición de la maduración se hace necesario el establecimiento de estándares de entrega del proyecto culminado en la fase de planeación. Para el caso del estudio, no se cuenta con estándares estrictos que conduzcan a una calificación de la madurez. Si se cuenta con unas listas de chequeo que verifican el cumplimiento en la entrega de la información, mas no cuestionan la calidad y alcance de la misma. De ahí que la maduración de proyectos sea una actividad crítica para el proceso de gestión en estudio.

En los años estudiados se presentaron diseños que permitieron la asignación de recursos del PI, algunos de los diseños debieron ser complementados (no se encontraban maduros), esta maduración consumió

tiempo y recursos. Se destaca que esta situación ha venido decreciendo año a año y en este sentido se han establecido controles y revisiones al final del ciclo de planeación que aún no son efectivos y causan retrasos para lograr autorización de recursos.

8.4.3 *Procesos Administrativos Propios del Flujo y Complementarios*

La ejecución de cada paso del flujo principal es interdependiente con la ejecución de otros procesos, subprocesos, procedimientos o trámites, etc., desplegados en todas las dependencias donde existe una gran cantidad de pasos formales e informales que consumen tiempo para tales ejecuciones. Estas interdependencias atienden también otros proyectos diferentes a infraestructura y se presentan colas en la atención que retrasan el flujo principal de los proyectos de construcción.

8.5 *Intervención al Sistema*

Los escenarios de intervención al sistema se configuran de manera sistemática para evaluar independientemente sus efectos. Posteriormente se realiza una combinación de ellos con el mismo fin. Con la simulación de mejor desempeño, y la más conveniente para ser implementada, se construye el mapa del estado futuro. A continuación se describen los escenarios individuales a evaluar.

8.5.1 *Autorización De Inversión*

Establecer un mecanismo de traslado inmediato, así el recurso estaría disponible y sujeto únicamente a otras condiciones externas no controlables por la GR y la Universidad. Considerando que el uso de estos recursos se encuentra aprobado en el Presupuesto Anual de la Institución, se pueden suscribir las disponibilidades presupuestales (CDP) a partir del primer día hábil del año monitoreando constantemente el comportamiento del traslado de los recursos frente a la variabilidad del recaudo previsto.

El impacto de esta propuesta permite garantizar que el proceso de contratación se inicie de manera temprana y el contrato se legalice cuando el recurso se encuentre en caja. Esto será descrito ampliamente en el pliego de licitación y someterse a un estricto control de los proyectos a contratar frente al recurso disponible en caja.

8.5.2 *Maduración de Diseños*

La oficina responsable de la planeación institucional debe asegurar que todos los diseños de los proyectos

de construcción de infraestructura incluidos en el PI cuenten con una certificación de madurez al 100 % por parte del equipo de proyecto en un ambiente colaborativo. Así se reducen reprocesos por cuenta de la falta de madurez de los diseños. Es importante prever fuentes de financiación para posibles ajustes requeridos en la etapa de construcción, en razón a situaciones de difícil previsión durante el proceso de madurez, las cuales configuran los imprevistos de proyecto durante la fase de construcción.

El impacto de esta opción es evitar retrasos por la necesidad de ajustar diseños de mayor alcance durante la fase de construcción.

8.5.3 Procesos Administrativos Propios y Complementarios

Para este factor, la intervención propuesta, que prevé un alto impacto en el proceso de gestión, es el establecimiento de una célula de trabajo de oficina, buscando el flujo pieza a pieza. En estos pasos se identifican la mayor parte de los desperdicios del proceso de gestión. Se presentan pasos que no pueden ser obviados porque hacen parte de requerimientos de ley o que son estrictamente necesarios para desarrollar el proceso (actividades contributivas). El mapa del estado futuro, Figura 6, muestra las mejoras propuestas luego de la simulación de los escenarios detallados, de tal manera que la Rectoría cuente con equipo de apoyo a la gestión administrativa de los proyectos de construcción de infraestructura. Este equipo centraliza las operaciones con respecto de los trámites administrativos relacionados con los proyectos de construcción mediante el establecimiento de una célula de trabajo de oficina donde se establezca un flujo de una pieza.

De esta manera la intervención de este factor impacta directamente el flujo de información para agilizar el flujo físico.

9. MODELO DINÁMICO

9.1 Factores del Problema

Con el software VENSIM® se desarrolló el modelo y se construyó el diagrama de Forrester, Figura 5, igualmente, se identificó la estructura de realimentación en el modelo. El modelo cuenta con una parte dedicada a los proyectos que se aplazan a causa de la baja efectividad del recaudo y los elementos que permiten el cálculo de los indicadores. Los factores con los que se configuran los escenarios, son:

Factor A: Autorización de Inversión,

Factor B: Maduración de Proyectos,

Factor C: Procesos Administrativos Propios y Complementarios.

9.2 Validación del Modelo

Al simular el estado actual se verifica que el modelo reproduce con buena aproximación las condiciones del estado actual. La simulación se realiza para un horizonte de 130 semanas, (esto es 2.5 años). La información es consistente con la situación real del proceso de gestión en estudio.

9.3 Formulación y Simulación de Escenarios

La combinación de los tres factores en estudio permitió definir 7 escenarios, con los cuales se obtuvieron valores para los indicadores del estudio. Los resultados de la simulación del estado actual y la simulación de cada escenario se relacionan en la Tabla 1, sin embargo fue conveniente realizar una normalización de estos resultados a fin de realizar un análisis apropiado (Tabla 2).

10. MAPA DEL ESTADO FUTURO

Con el escenario más conveniente de aplicación para la institución, y con el desempeño mostrado por los indicadores, se propone un mapa de estado futuro, Figura 6. La modelación dinámica asociada corresponde al escenario 5 correspondiente a la propuesta de implementar una célula de trabajo para el desarrollo y gestión de los proyectos de infraestructura, esta configuración es ya conocida también como fábrica de desarrollo y gestión de proyectos.

11. RESULTADOS

En este estudio se realizó la simulación de siete escenarios considerando la combinación de las alternativas de ganancia de flujo, de tal manera que se buscó identificar aquel escenario que permitiera intervenir el proceso con el mejor resultado de acuerdo con los indicadores de desempeño operativo. Los resultados de las simulaciones se presentan en la Tabla 1. El mejor escenario reportado es el No 5, Figura 7, en el cual la eficiencia en la ejecución del plan EP es del 91.2% incluido el descuento por la oferta. Esta eficiencia está impactada por la reducción del 5% en el recaudo (se recaudó el 95% de la previsión) y los sobrecostos por obras faltantes durante el desarrollo del contrato. En cuanto al tiempo de ejecución de todos los proyectos del plan, TE: Se conseguiría ejecutar el PI en un año, 52 semanas, lo cual implica una mejora con respecto al estado actual (de 101 semanas) en un 97.5%. La Variación del Costo Previsto, VCP resultó un 1.8%

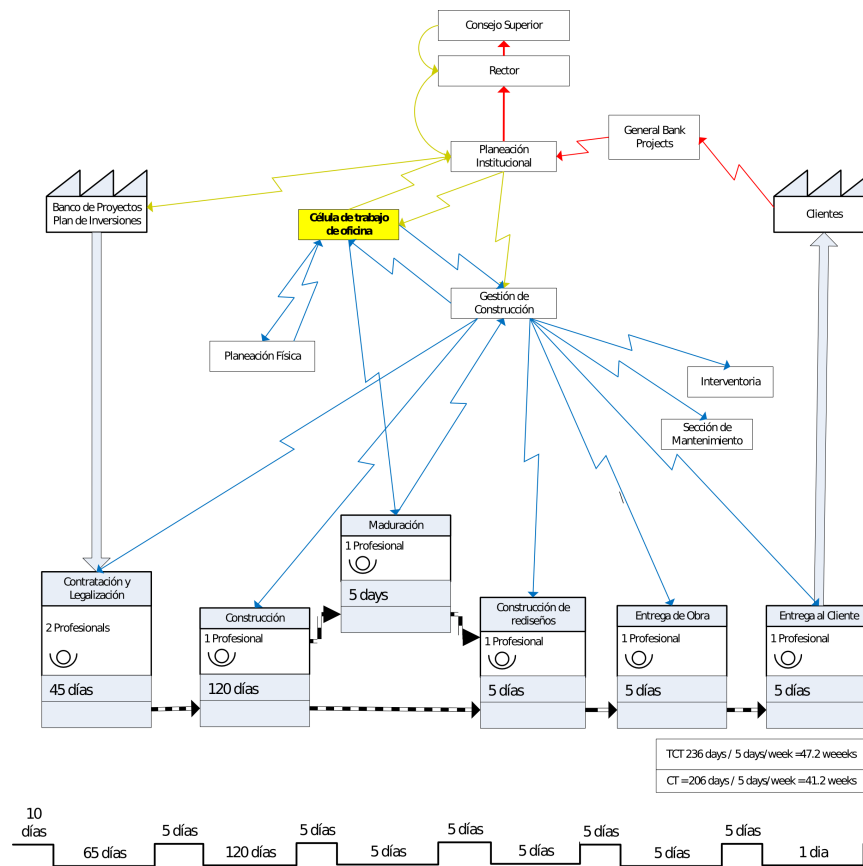


Figura 6. Mapa del Estado Futuro, procesos por los que fluye el proyecto.

Tabla 1. Comportamiento de los indicadores según escenarios de análisis.

ESCENARIO	FACTOR O COMBINACIÓN DE FACTORES	Ep		Te		PP	VCP	Ahorros por Oferta	Sobrecosto
		%PI	Año	Semanas	%PI	%PI	%PI	%PI	
ACTUAL	ACTUAL	91.2	1.923	101	10.66	1.80	3.8	5.6	
1	A	91.2	1.115	58	71.44	1.80	3.8	5.6	
2	B	91.2	1.846	96	15.23	-4.0	3.8	-0.2	
3	C	91.2	1.750	91	37.86	1.80	3.8	5.6	
4	A,B	91.2	1.058	55	76.00	-4.0	3.8	-0.2	
5	A,C	91.2	1.000	52	91.20	1.80	3.8	5.6	
6	B,C	91.2	1.750	91	37.86	1.80	3.8	5.6	
7	A,B,C	91.2	0.962	50	91.20	-4.0	3.8	-0.2	

Tabla 2. Indicadores normalizados según escenarios de análisis.

ESCENARIO	FACTOR	1/Te	PP/0.9120	1/VCP	Indicador Global	Mejora Local
ACTUAL	ACTUAL	0.52	0.12	0.98	0.530	Referencia
1	A	0.89	0.78	0.98	0.937	82.5 %
2	B	0.54	0.17	1.04	0.610	15.1 %
3	C	0.57	0.42	0.98	0.659	24.3 %
4	A,B	0.95	0.83	1.04	0.996	87.9 %
5	A,C	1.00	1.000	0.98	1.047	97.5 %
6	B,C	0.57	0.42	0.98	0.659	24.3 %
7	A,B,C	1.04	1.00	1.04	1.084	104.5 %

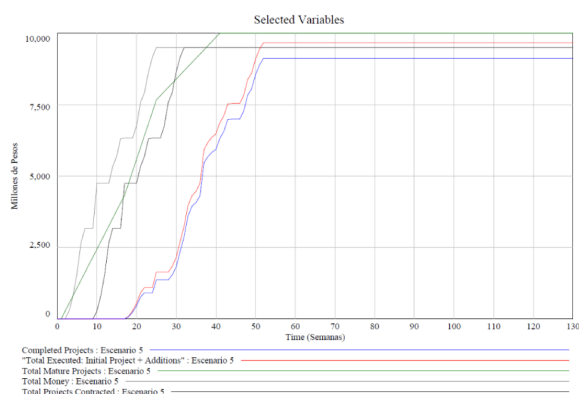


Figura 7. Estados de los Proyectos

por encima del PI, se presenta una compensación entre los ahorros producto de las ofertas y los sobrecostos por actividades adicionales, se requeriría adicionar al PI este faltante.

El escenario 7, el cual combina la intervención en los tres factores presenta los mejores resultados, sin embargo esta implementación ha de realizarse progresivamente. Cuando se miran los resultados de los escenarios en donde solo se interviene un factor, su desempeño de manera independiente no es tiene el mismo impacto que al combinarlos. Es así que, por ejemplo, intervenir directamente el traslado del recaudo impacta en un 82.5% la mejora del desempeño del sistema, por lo cual esta es una tarea de la administración para lograr los acuerdos que materialicen la propuesta reflejada en esta simulación. De manera simultánea se eliminan todos los pasos administrativos innecesarios, esta simulación consideró reducción de pasos en esta primera etapa con la implementación de la célula de trabajo, para la consolidación de una nueva estructura de soporte administrativo. En la simulación del escenario 5, donde se integra la célula de trabajo, se puede apreciar que su contribución hace que el sistema mejore en un 15% haciendo pasar la mejora local de 82.5% a 97.5%. Si se integra en una etapa de mejoramiento futuro, la maduración Factor B, el mejoramiento local pasa de 97.5% a 104.5%, aumenta un 7%.

12. RECOMENDACIONES

La implementación de la célula de trabajo en oficina es una alternativa al mejoramiento de la eficiencia del sistema, se recomienda realizar un estudio más detallado con el fin de precisar las operaciones e impacto de su utilización tanto en el flujo principal como en los flujos anidados y una reducción del personal involucrado en este proceso mejorando su eficiencia.

La intervención en la madurez de los diseños debe ser

considerada como una tarea colaborativa y haciendo uso de nuevas tecnologías de información, como el Modelado de Información de Construcción, BIM.

Se recomienda definir un proceso de selección de diseñadores y consultores con base en criterios que contribuyan al logro de diseños con altos estándares de constructabilidad. Así como también definir de un proceso de selección de contratistas de construcción como parte de la conformación de una adecuada cadena de suministro para el proyecto especialmente en su fase de construcción.

Es conveniente para la Institución propiciar una cultura Lean de proyectos, especialmente los relacionados con construcción, en función de la eliminación de desperdicios y así contribuir a agilizar el flujo en este y otros procesos institucionales.

En un proceso de transición hacia una gestión Lean de proyectos de construcción, es viable que, en tanto se implementen las intervenciones la universidad proponga la ejecución de su PI en un horizonte de al menos dos años en el que pueda ser realizado, ajustándose a la realidad de la capacidad institucional, de tal manera que en la medida que se vayan realizando estos ajustes se podrán realizar compromisos de ejecución cercanos a la anualidad.

13. CONCLUSIONES

La aplicación de herramientas Lean para este caso, contribuyen a lograr tanto ahorro en la utilización de personal involucrado en el proceso de gestión, como un aumento del valor agregado para los clientes.

Se valida que los síntomas de problemas que se observan en una cadena de valor deben ser analizados con un enfoque sistémico, para comprender la raíz de los problemas y sus consecuencias, así como también la efectividad de las acciones de mejora.

El Pensamiento Lean ha sido desarrollado por años en las empresas fabricantes con buenos resultados, principalmente cuando se consolida una cultura empresarial alrededor de este pensamiento; en instituciones como la del estudio, paralelo a la intervención de los factores se debe construir esta cultura de eliminación de desperdicios como una misión común que contribuya a agilizar el flujo en este y otros procesos institucionales.

El mapeo de la cadena de valor permite identificar estructuras subyacentes en la cadena de valor además de las actividades que no agregan valor para proponer la formulación acciones estructurales que agilicen el flujo de los proyectos en el flujo principal para el cumplimiento de las metas planeadas.

La visión sistémica en el desempeño del proceso de este estudio permite identificar los pasos que

requieren de mayor atención para ser intervenidos, y posteriormente mejorados, de tal manera que la cadena entregue la mejor oferta de valor posible en función de esta mejora progresiva.

14. RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las Directivas de Universidad del Valle quienes proporcionaron la información para la realización de este trabajo el cual tiene un carácter exploratorio.

REFERENCIAS

- [Arbulu and Tommelein, 2002] Arbulu, R. J. and Tommelein, I. D. (2002). Value stream analysis of construction supply chains: case study on pipe supports used in power plants. In *Proceedings IGLC*, volume 10, pages 183–195, Gramado, Brasil. Citeseer.
- [Cuatrecasas, 2010] Cuatrecasas, L. (2010). *Lean management: La gestión competitiva por excelencia*. Barcelona: Bresca Editorial.
- [Forrester, 1968] Forrester, J. W. (1968). *Principle of system*. Allen Press, Inc. Massachusetts, 2nd edition. 391p.
- [García, 2011] García, J. M. (2011). *Dinámica de Sistemas Avanzado*. Juan Martín García.
- [García, 2012] García, J. M. (2012). *Dinámica de Sistemas Conceptos*. Juan Martín García.
- [Greif, 1993] Greif, M. (1993). *La fábrica visual: métodos visuales para mejorar la productividad*. Tecnologías de Gerencia y Producción-Hoshin.
- [Hines and Rich, 1997] Hines, P. and Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International journal of operations & production management*, 17(1):46–64.
- [Jones and Womack, 2002] Jones, D. T. and Womack, J. P. (2002). *Seeing the whole: Mapping the extended value stream*. Lean Enterprise Institute, Brookline, Massachusetts.
- [Leite and Neto, 2013] Leite, K. P. and Neto, J. d. P. B. (2013). Value stream in housing design. *IGLC*, page 21. Fortaleza, Brasil.
- [Nash and Poling, 2008] Nash, M. A. and Poling, S. R. (2008). Mapping the total value stream. *CRC-Productivity Press—An imprint of Taylor and Francis Group, New York (USA)*, pages 2–3.
- [O'Connor and McDermott, 1998] O'Connor, J. and McDermott, I. (1998). *Introducción al pensamiento sistémico*. Barcelona: Editorial Urano.
- [Rother and Shook, 2003] Rother, M. and Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- [Tapping and Shuker, 2003] Tapping, D. and Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office: Eight Steps to Planning, Mapping, & Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas*. CRC Press.
- [Yu et al., 2009] Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M., and Nasser, R. (2009). Development of lean model for house construction using value stream mapping. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8):782–790.