



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Maestría en Ingeniería Civil

Trabajo de Grado

Análisis de los aportes de la implementación de *Técnicas de gestión de cambios* en comparación a procedimientos tradicionales, implementando la metodología ***Configuration Management*** a la obra de edificación BIOTERIO.

Presentado por:  
Karen Patricia Villeras Espitia  
John Jairo Bonilla Arias

Director  
David Gómez Villasante

Bogotá D.C.  
Abril de 2012

## APROBACIÓN

El Trabajo de grado con titulado “Análisis de los aportes de la implementación de *técnicas de Gestión de Cambios* en comparación a procedimientos tradicionales, implementando la metodología ***Configuration Management*** a la obra de edificación BIOTERIO, desarrollado por los estudiantes Karen Patricia Villeras Espitia y John Jairo Bonilla Arias, en cumplimiento de uno de los requisitos dispuestos por la Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería civil, para optar el Título de Magister en ingeniería Civil, fue aprobado por:

**Director:**

---

David Gómez Villasante

Análisis de los aportes de la implementación de *Técnicas de gestión de cambios* en comparación a procedimientos tradicionales, implementando la metodología ***Configuration Management*** a la obra de edificación BIOTERIO.

*La Pontificia Universidad Javeriana, no es responsable por los conceptos emitidos por los autores-investigadores del presente trabajo, por lo cual son responsabilidad absoluta de sus autores y no comprometen la idoneidad de la institución ni de sus valores.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos el regalo máspreciado que es el de la vida.

A nuestros padres por siempre estar con nosotros apoyándonos en los momentos difíciles y dándonos aliento cuando los necesitamos.

A nuestro director de tesis el ingeniero David Gómez Villasante, por su valiosa dirección y asesoría en este proyecto.

A todo el equipo de la empresa PACO Technologies, por su valiosa asesoría y colaboración en este proyecto.

A la oficina de construcciones que nos abrió sus puertas para el desarrollo de esta investigación.

A todo el programa de la maestría en ingeniería civil que hizo posible todos los conocimientos que adquirimos durante este proceso, a nuestros compañeros de esta generación por todos los gratos momentos que vivimos y por las enseñanzas que nos dejaron.

## RESUMEN

Los proyectos de construcción en Colombia presentan incrementos relacionados con el tiempo y los costos, debido a que los procesos de gestión para el control de cambios no se han constituido como una práctica en la industria de la construcción. Los cambios son inevitables en el ciclo de vida de los proyectos y con el fin de minimizarlos es imprescindible implementar técnicas de *gestión de cambios*; en consecuencia, este estudio analiza los aportes de la implementación de *técnicas de gestión de cambios* en comparación a procedimientos tradicionales, implementando para ello la metodología *Configuration Management* a la obra de edificación Bioterio que se construye en la Pontificia Universidad Javeriana (entre el edificio Jesús Emilio Ramírez S.J. y el edificio de la Comunidad Jesuita en Bogotá D.C), consta de dos pisos y un sótano para un área total de 1625 m<sup>2</sup>.

En consecuencia hemos realizado una investigación sobre los procedimientos y procesos con los que cuenta la oficina de construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana, identificando la aplicación y el seguimiento de los instrumentos de control que utilizan tradicionalmente en la ejecución de seis de sus proyectos tales como construcciones, remodelaciones y espacio público. Una vez realizada la investigación anterior, el trabajo continúa con la implementación de las cuatro etapas de la metodología *Configuration Management* -en cada una de las fases del proyecto Bioterio- y se comparan sus ventajas y desventajas con relación a los procedimientos y procesos de la oficina de construcciones. Finalmente se recomiendan procesos de cada fase de la metodología aplicables a las obras de construcción en Colombia.

Los resultados muestran que la Oficina de construcciones y probablemente empresas que posean una estructura similar a ella, deben incorporar mejoras en sus sistemas de gestión implementando nuevos procesos que garanticen el control eficiente de los cambios en los proyectos de construcción, para reducir costos y tiempos.

**Palabras claves:** Configuration Management, gerencia de proyectos, cambios, técnicas de gestión de cambios.

## ABSTRACT

Construction projects in Colombia show increases over time and related costs due to management processes to control changes have not been established as a practice in the construction industry. Changes are inevitable in the life cycle of projects and to minimize them is essential to implement change management techniques, and consequently, this study examines the contributions of the implementation of change management techniques compared to traditional procedures thereby implementing the methodology Configuration Managementa Bioterio the building work is constructed at the Pontificia Universidad Javeriana (between the building Jesus Emilio Ramirez SJ and the Jesuit Community building in Bogotá), has two floors and a basement for an area total of 1625 m2.

Consequently, we have conducted research on the procedures and processes are there in the office buildings of the Pontificia Universidad Javeriana, identifying the implementation and monitoring of control instruments traditionally used in the execution of six of its projects such as construction, renovations and public space. Once the previous research, the work continues with the implementation of the four stages of the Configuration Management methodology-in each of the Vivarium project phases, and compares their advantages and disadvantages in relation to the procedures and processes of the office constructions. Finally, we recommend processes for each phase of the methodology applicable to construction work in Colombia.

The results show that the office buildings and businesses probably having a similar structure to it must make improvements in their management systems to implement new processes and change management techniques to ensure efficient control of them in construction projects to reduce costs and time.

**Keywords:** Configuration Management, project management, change, change management techniques.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	LISTA DE FIGURAS .....	9
2.	LISTA DE TABLAS .....	10
3.	TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LA PRESENTE TESIS.....	11
4.	INTRODUCCIÓN.....	13
6.	MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
7.	MARCO TEÓRICO .....	24
7.1	LOS CAMBIOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	24
7.2	ALGUNAS TECNICAS DE GESTIÓN DE CAMBIO EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	27
7.3	ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE CAMBIO EN COLOMBIA. ....	34
8.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
8.1	ETAPA DE DIAGNOSTICO .....	36
8.2	ESTUDIO DE CASO “BIOTERIO” .....	37
8.2.1	Primera Etapa: Proceso de gestión de configuración .....	37
8.2.2	Segunda Etapa: Proceso de gestión de documentos .....	37
8.2.3	Tercera Etapa: Proceso de gestión de la línea base.....	38
8.2.4	Cuarta Etapa: Proceso de la gerencia en los cambios del contrato .....	39
8.3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CONTRATOS (ccsNet). 39	
8.4	SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS .....	40
8.5	PROCEDIMIENTOS DE LA METODOLOGÍA QUE SE PUEDAN APLICAR EN COLOMBIA.....	40
9.	RESULTADOS .....	41
9.1	ETAPA DE DIAGNOSTICO DE LA PLANEACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN .....	41
9.1.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:.....	45
9.1.2	DISEÑOS: .....	46
9.1.3	PROPUESTAS:.....	47
9.1.4	CONTRATOS: .....	47
9.1.5	PROGRAMACIÓN DE OBRA: .....	48
9.1.6	PRESUPUESTO: .....	49
9.1.7	FORMAS DE PAGO:.....	51

9.1.8	BITÁCORA DE OBRA:.....	51
9.1.9	CORRESPONDENCIA ENVIADA Y RECIBIDA: .....	51
9.1.10	MANEJO DE CAMBIOS:.....	52
9.1.11	PARÁMETROS A CUANTIFICAR DE LOS PROYECTOS DE LA OFICINA DE CONSTRUCCIONES .....	53
9.2	Resultados de la aplicación de la metodología Cofiguration Management. ....	58
6.2.1	Primera etapa: Proceso de gestión de configuración.....	59
6.2.2	Segunda etapa: Proceso de gestión de documentos. ....	61
6.2.3	Tercera etapa: Proceso de la gestión de la línea base. ....	62
6.2.4	Cuarta etapa: Proceso de la gerencia en los cambios del contrato .....	63
6.3	Resultados de la aplicación de la metodología con base en el sistema de control de contratos ccsNet de las actividades y costos críticos del proyecto. ....	64
6.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGIA DE CONFIGURATION MANAGEMENT YDE LOS PROCESOS DE LA OFICINA DE CONSTRUCCIONES ...	67
6.4.1	Ventajas de la metodología de Configuration Management.....	67
6.4.2	Desventajas de la metodología de Configuration Management .....	68
6.4.3	Ventajas de los procesos de la oficina de construcciones .....	68
6.4.4	Desventajas de los procesos de la oficina de construcciones: .....	69
6.4.5	Beneficios de la implementación de Configuration Management: .....	70
6.5	Formulación de Procesos metodológicos de Configuration Management aplicables a las obras de construcción en Colombia. ....	79
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	83
10.1.1	Resultados Estadísticos del Estudio .....	87
	Análisis de los resultados de la metodología de Configuration Management y los procesos de la oficina de construcciones. ....	90
8	DISCUSIÓN .....	92
9.	CONCLUSIONES .....	94
10.	RECOMENDACIONES .....	97
11.	BIBLIOGRAFIA.....	99

## 1. LISTA DE FIGURAS

- 1 Fotografía de segmentos de línea roja 1 y 2 los Ángeles.
- 2 Fotografía de punta pacifica
- 3 Fotografía Puerto de Barcelona.
- 4 Fotografía Sistema de transito ferroviario
- 5 Fotografía del Portal Bridge
- 6 Fotografía del corredor ferroviario
- 7 Fotografía proyecto de transito
- 8 Forma gráfica de la metodología de trabajo.
- 9 Organigrama Vicerrectoría Administrativa de la Pontificia Universidad Javeriana.
- 10 Procedimiento encontrado para elaboración y aprobación de nuevas especificaciones técnicas.
- 11 Procedimiento encontrado para la adjudicación de contratos.
- 12 Procedimiento encontrado para aprobación del informe realizado por la interventoría con respecto a la programación de obra.
- 13 Procedimiento encontrado para la aprobación de cambios que impacten el presupuesto de la obra.
- 14 Procedimiento encontrado para el pago de facturas de los contratistas.
- 15 Procedimiento encontrado para el seguimiento de la correspondencia enviada y recibida.
- 16 Procedimiento encontrado para el manejo de los cambios en la ejecución de la obra.
- 17 Tipos de interventoría en los proyecto.
- 18 Diferencias con el presupuesto estimado de los proyectos.
- 19 Inconvenientes en los diseños de los proyectos.
- 20 Organigrama elaborado de la oficina de construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana.
- 21 Organigrama elaborado para la obra de edificación BIOTERIO.
- 22 Estructura organizacional tradicional.
- 23 Estructura organizacional recomendada.
- 24 Esquema control integrado de proyectos.
- 25 Diagrama de requisitos del servidor para ccsNet.
- 26 Estructura para la implementación del ccsNet.
- 27 Curvas de avance simuladas.

## **2. LISTA DE TABLAS**

1. Comparación del segmento de línea roja No 1 y el segmento de la línea roja No 2 el cual se realizó con la metodología Configuration Management.
2. Relación de registros oficina de Desarrollo de planta física.
3. Relación de registros de oficina de construcciones.
4. Cuadro de mayores y menores cantidades (Balance del contrato)
5. Precios unitarios de las obras extras aprobadas.
6. Costos de la implementación.
7. Actividades realizadas Vs programadas.

### 3. TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LA PRESENTE TESIS

Esta investigación trata sobre la gerencia de proyectos, la cual es definida como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas, a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. También conocido como: Administración de Proyectos; Dirección de Proyectos; Gerenciamiento de Proyectos; o Gestión de Proyectos (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

Por lo anterior un Proyecto es definido como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

Debido a que los proyectos experimentan cambios dentro de su ciclo de vida, los cambios se considera a las adiciones, suspensiones o modificaciones en el alcance de un proyecto (Park, 2002)

**Control de cambios:** Identificar, documentar, aprobar o rechazar y controlar los cambios a las líneas base del proyecto (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

La gestión de cambios es una parte del campo de acción de la gerencia de proyectos y es definida como la evaluación y planificación del proceso de cambio. Es la encargada de supervisar y coordinar todo el proceso de cambio, evaluando los resultados y cerrándolo cuando este se haya terminado con éxito.

**Técnicas de gestión de cambios:** Ayuda a un plan de organización a cambiar de forma que minimice el impacto negativo en el ánimo de rendimiento del proyecto. La aplicación de técnicas de gestión del cambio implica una combinación de tácticas diseñadas para hacer el cambio sin problemas al abordar las preocupaciones que surgen como consecuencia del cambio. Las técnicas de administración de cambios incluyen construcción de apoyo para el cambio, administrar la rapidez en que la organización realiza el cambio y aplicar métodos eficaces para hacer frente a la resistencia del cambio.

**Línea Base:** Un plan aprobado para un *proyecto* con los cambios aprobados. Se compara con el desempeño real para determinar si el desempeño se encuentra dentro de umbrales de variación aceptables. Por lo general, se refiere al punto de referencia actual, pero también puede referirse al punto de referencia original o a algún otro punto de referencia (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

**Configuration management:** Un subsistema del *sistema de dirección de proyectos* general. Es un conjunto de *procedimientos* formalmente documentados que se utilizan para implementar la dirección y supervisión técnica y administrativa para: identificar y documentar las características funcionales y físicas de un *producto, resultado, servicio o componente*; controlar cualquier cambio a dichas características; registrar e informar cada cambio y su estado de implantación; y brindar apoyo a la auditoría de productos, resultados o componentes para verificar que cumplen con los *requisitos*. Incluye la documentación, los *sistemas* de rastreo, y los niveles necesarios de aprobación, definidos para autorizar y controlar los cambios. También conocido como: *Sistema de Administración de la Configuración*; *Sistema de Gestión de la Configuración*; o *Sistema de Gerenciamiento de la Configuración* (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

**Gestión del conocimiento:** Del inglés (Knowledge Management) es un concepto aplicado al interior de las organizaciones. Tiene el fin de transferir el conocimiento desde el lugar donde se genera hasta el lugar donde se va a emplear, e implica el desarrollo de las competencias necesarias al interior de las organizaciones, para compartirlo y utilizarlo entre sus miembros, así como para asimilarlos y valorarlos si se encuentra en el interior de estas (Fuentes, 2010).

**ccsNet:** Es una aplicación Web diseñada para controlar y administrar contratos entre Cliente y Contratista basada en los principios de Administración de la Configuración. **ccsNet** está diseñada desde la perspectiva del cliente y fue desarrollada para cumplir las necesidades específicas de proyectos de infraestructura y la industria de construcción. Aplicando los principios que guían la Administración de la Configuración, **ccsNet** permite al cliente y sus representantes auditar efectivamente la historia completa del proyecto. Además el sistema permite a todas las partes involucradas examinar cualquier fase del proyecto y revisar la evolución de las decisiones, atrasos al programa, o incrementos en los Costos del proyecto y poder ver todos los documentos relacionados, registros, comunicaciones y partes involucradas en esos eventos y decisiones críticas (PACO Technologies 2010).

**Director del proyecto:** Es la persona asignada por la organización ejecutante para alcanzar los objetivos del proyecto. El rol del director del proyecto es diferente del de un gerente funcional o del de un gerente de operaciones. Por lo general, el gerente funcional se dedica a la supervisión gerencial de un área técnica o administrativa, mientras que los gerentes de operaciones son responsables de una faceta del negocio básico.

Según la estructura de la organización, el director del proyecto puede estar bajo la supervisión de un gerente funcional. En otros casos, el director del proyecto puede formar parte de un grupo de varios directores de proyecto que rinden cuentas a un director del programa o del portafolio, quien en última instancia es el responsable de los proyectos de toda la empresa. (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

## 4. INTRODUCCIÓN

Debido a la realidad que presentan los proyectos de construcción en Colombia es necesario realizar el análisis de las causas por las cuales la mayoría de los proyectos no son entregados en los tiempos programados y sus presupuestos constantemente exceden su valor inicial.

(Otero & Steinberg, 2008) Sostienen que los cambios son y seguirán siendo una parte inevitable dentro del diseño y la construcción de cualquier proyecto. Aunque el contrato tenga las especificaciones más detalladas y los mejores planes de diseños, esto no garantiza que el proyecto en particular no tenga que experimentar varios cambios. Esto es una realidad especialmente cuando el entorno que envuelve el proyecto es muy complejo, de gran escala, de múltiples fases y de múltiples contratos. La mayoría de los proyectos ya sean públicos, privados, nacionales o internacionales, atraviesan por cambios que alteran el plazo y ocasionan costos adicionales en el presupuesto.

En Colombia, la falta de implementación técnicas de gestión de cambios para controlar el impacto de los cambios y reclamos (demandas) en los proyectos de construcción, genera incrementos en costos y tiempos, y afectan el alcance del proyecto, la organización de la documentación y la comunicación entre los involucrados en el proyecto, haciendo que se presenten incumplimientos y reducción en la productividad en los proyectos, debido a lo anterior el uso de una metodología formal de gestión de los cambios durante las fases de planificación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de proyectos complejos, puede mitigar el incumplimiento del programa y el costo presupuestado. Por lo cual el objetivo del trabajo fue: Realizar el análisis de técnicas de gestión de cambios, implementando la metodología de "Configuration Management" a la obra de edificación "BIOTERIO" la cual es una muestra que se tomó como referencia para identificar el estado de la gestión de cambios de las obras en Colombia, con la que pretendemos comprobar que en Colombia las obras tienen un incumplimiento en cuanto al plazo de entrega y sobrecostos debido a los cambios que se presentan en la línea base, para esto analizaremos los instrumentos de control y gestión de cambios de la oficina de construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana, se aplicará la metodología de Configuration Management en cada una de las fases del proyecto BIOTERIO y se realizarán aplicaciones en el sistema de control de contratos ccsNet de los procesos de gestión de cambios de las actividades y costos críticos del proyecto, para posteriormente comparar las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías y así poder formular procesos

metodológicos de cada fase de Configuration Management aplicables a obras de construcción en Colombia.

Configuration management es un proceso administrativo de calidad ISO 10007, desarrollado y usado inicialmente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en el año 1950 para ser usado en el diseño y fabricación de aviones y armas. El proceso establece una metodología que incluye sistemas y procedimientos de cambio. Más tarde, la industria Nuclear también implemento el proceso administrativo, también es usado en la industria del software, en donde sus principios se aplicaban al control de la versión, mediante el seguimiento de las modificaciones en los códigos de programación” (Otero & Steinberg, 2008) y a partir de 1990 se empieza a implementar en la industria de la construcción para el control de los cambios debido a que en esta industria carece de una metodología para el control de estos.

Para el desarrollo del trabajo, el cual establece la problemática que acontece en Colombia en cuanto a incumplimientos y sobrecostos en la industria de la construcción, se delimitó nuestro objeto de estudio tomando una muestra de una obra en Colombia, para lo cual se escogió la edificación el Bioterio, de la Pontificia Universidad Javeriana, realizando una investigación de cuáles son los instrumentos de control y gestión de cambios que utiliza la oficina de construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana en sus proyectos, se realizó la planificación previa al inicio de la aplicación de la metodología Configuration Management, se plasmó la línea base mediante la cual se realizó el seguimiento y control a los cambios, realizando aplicaciones en el software ccsNet de Configuration Management de los procesos de Gestión del Cambio de las actividades y costos críticos del proyecto.

Se encontró dentro de la muestra que tomamos para el objeto de estudio, que la entidad en este caso la oficina de construcciones cuenta con una serie de macro procesos y procesos muy bien detallados, pero no se puede considerar como una metodología ya que no posee un hilo conductor que los integre, situación que se presenta en algunas entidades tanto públicas como privadas a nivel nacional, mientras que Configuration Management es una metodología que parte de un proceso de investigación el cual busca sistematizar los métodos y las técnicas necesarias para llevarla a cabo y así solucionar los problemas planteados de un proyecto específico, como resultado de la aplicación de la metodología se evidencia que el proyecto no cumplió con los plazos establecidos en los entregables y hubo un sobrecosto para la Universidad Javeriana con relación a la línea base planteada originalmente.

## **5. OBJETIVO GENERAL**

Analizar los aportes de la implementación de técnicas de Gestión de Cambios en comparación a procedimientos tradicionales, implementando la metodología de Configuration Management a la obra de edificación BIOTERIO

### **5.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar los instrumentos de control y gestión de cambios que utiliza la oficina de construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana en sus proyectos antes de la aplicación de Configuration Management.
- Aplicar la metodología de Configuration Management en cada una de las fases del proyecto Bioterio.
- Realizar aplicaciones en el software ccsNet de Configuration Management de los procesos de gestión del cambio de las actividades y costos críticos del proyecto.
- Comparar las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías.
- Formular procesos metodológicos de cada fase de Configuration Management aplicables a las obras de construcción en Colombia.

## **6. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **6.1 EN QUE CONSISTE CONFIGURATION MANAGEMENT**

#### **6.1.1 Orígenes de Configuration Management**

En 1950 los principios de Configuration management fueron inicialmente adoptados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. El enfoque comenzó cuando al diseñar y fabricar armas y aviones salieron a la luz las preocupaciones por la seguridad de la vida. Más tarde, la industria nuclear adoptó Configuration Management para rastrear los cambios que afectaban la seguridad de las operaciones del equipo, y hoy en día, Configuration Management se usa activamente en muchas industrias, incluyendo la del desarrollo de aplicaciones de software para manejar el control de las versiones a través del rastreo de modificaciones del software. En 1995, Configuration Management fue considerado formalmente como un proceso de administración de calidad ISO 10007.

#### **6.1.2 Definición Configuration Management:**

A través de los años, muchas organizaciones e industrias desarrollaron varias definiciones del Configuration Management. El Instituto de Gestión de Proyectos (Project Management Institute) lo define como un "Subsistema del sistema completo de información de gestión del proyecto que incluye el proceso para someter los cambios propuestos y los sistemas de rastreo para revisar y aprobar dichos cambios, definiendo los niveles de autorización para aprobar cambios y proporcionando un método para dar validez a los cambios aprobados".

El Instituto Americano de Normas Nacionales (American National Standards Institute), lo define como un "Proceso administrativo de gestión para establecer y mantener la consistencia de los atributos físicos y de diseño, así como de rendimiento, funcionalidad y la información operacional durante toda la duración de vida del proyecto".

#### **6.1.3 Configuration Management se puede explicar en cuatro áreas básicas:**

- **Planificación de Configuration Management:** La planificación incluye determinar qué requiere ser controlado; Cuándo se debe ejecutar; cómo se manejan los cambios y el nivel de esfuerzo requerido. Esta información queda documentada dentro de la planeación que contiene los procesos y procedimientos que describen la manera en que se controla la

configuración del nuevo sistema. La planificación es el núcleo de efectividad en la puesta en marcha de Configuration Management, ya que contiene las reglas del negocio bajo las cuales se rigen la gestión de documentos, la línea base y la gestión del cambio.

A su vez contiene flujos de trabajo que describen claramente los roles, las responsabilidades y los niveles de autoridad de todos y cada uno de los participantes involucrados en el proyecto. Los participantes incluyen a todos los empleados del proyecto, las terceras partes, los consultores, los contratistas y los empleados del cliente. Este flujo de trabajo proporciona las bases fundamentales para todas las comunicaciones formales y las decisiones hechas a lo largo de todo el proyecto.

Para esto implementa una adherencia estricta a la comunicación y una escala de niveles en la toma de decisiones dentro del proyecto, lo cual elimina potencialmente la falta de comunicación, la información mal encaminada y la toma de decisiones equivocadas. Todas las comunicaciones se comparten con los ejecutivos de alto rango envueltos en el proyecto, lo cual resulta en una completa transparencia, rastreo y responsabilidad en la administración. Todas las decisiones fluyen a través de un proceso formalmente documentado, de relevancia, modificación y aceptación por parte del contratista y el contratante. Este proceso de decisión evita que se tomen decisiones a la ligera que impacten el programa y el presupuesto del proyecto.

- **Gestión de documentos:** Bajo los principios del Configuration Management, todos los documentos que se generan durante el proyecto se manejan, rastrean y almacenan muy de cerca. Este proceso incluye rastreos y archivo de todos los cambios, versiones y comunicaciones relacionadas con la aprobación de documentos. Este nivel de detalle es necesario para evitar la inclusión de cambios tomados a la ligera y sin seguir el proceso formal de aprobación. Los documentos que se manejan incluyen: programas, diagramas, dibujos, planes, especificaciones, material de capacitación, manuales, solicitudes de información, solicitudes de cambio y toda la correspondencia diaria y escrita referente al proyecto.
- **Gestión de Línea Base:** Un precepto fundamental de Configuration Management es establecer y mantener estadísticas de la línea base del

proyecto. La gestión de la línea base del proyecto incluye la captura y archivo de estadísticas exactas del proyecto durante los puntos clave de su ciclo de vida. La gestión de documentos juega un papel clave en la administración de las estadísticas de la línea base. Cada versión de cada documento se archiva y la relación entre los documentos se captura. Este nivel de detalle tiene como propósito volver a visitar cualquier fase de la historia del proyecto referente al cambio, validez, auditorias y lecciones aprendidas.

Una gestión eficaz de la línea base le proporciona al contratista y al contratante una lista virtual de todos los documentos y comunicaciones escritas desde la concepción del proyecto hasta el final del mismo. Este archivo amplio permite revisar toda la documentación acreditativa y las comunicaciones que tuvieron lugar en un momento dado. Cada revisión de los documentos de la línea base del proyecto es una vista rápida virtual en el tiempo de cada paso tomado en la historia del proyecto.

- **Gestión del cambio:** La gestión del cambio es el proceso de aprobar (o negar) los cambios que impactan el alcance, el cronograma y el presupuesto del proyecto. La planificación del Configuration Management proporciona las reglas impuestas por la gestión del cambio, a la vez que la gestión de la línea base y la gestión de documentos proporcionan una historia detallada del proyecto corroborando la gestión del cambio.

**6.1.4 Implementación de Configuration Management:** Debido a la complejidad y al nivel de esfuerzo requerido para implementar la metodología dentro de los proyectos de construcción muy complejos, el único acercamiento práctico es una aplicación de software.

Al nivel más alto, el sistema de Configuration Management deberá configurarse para dirigir la comunicación entre proyectos, el almacenaje, la retención de documentos y la gestión de cambios, de acuerdo a las reglas de negocios del contratante. La función de gestión de documentos deberá tener la capacidad para almacenar los documentos electrónicos y escaneados así como para enlazar dichos documentos con sus proyectos específicos, con el personal, los programas y los otros documentos y correspondencia pertinentes. Una función detallada de búsqueda y recuperación es esencial para ver la línea base del

proyecto desde cualquier punto en el tiempo. Observar la línea base en un momento específico en el tiempo, tiene que ver con la extracción de ciertas versiones de los documentos, la correspondencia, los programas y los asuntos presupuestarios, así como los empleados del proyecto y los lazos que unen a todos. Este nivel de búsqueda y de interrelación es necesario para llevar a cabo auditorías ya sea durante el proyecto o después de haberlo terminado. Finalmente, los permisos y una seguridad del nivel de usuario y del nivel de grupo fuertes, son primordialmente al momento en que varias agencias, contratista y sub-contratista requieran tener acceso al sistema.

### 6.1.5 Ejemplos de proyectos realizados con Configuration Management

#### Diseño y construcción del segmento de línea roja No 1 y No 2 del metro de los Angeles.



*Fig.1 Fotografía de segmentos de línea roja 1 y 2 los Angeles.*

*Fuente: Paco technologies 2011.*

El segundo mayor proyecto de infraestructura de transporte de Estados Unidos. Sistema totalmente subterráneo, compuesto de 16.4 millas que conectan 14 estaciones en toda la ciudad de los Angeles. El proyecto se dividió originalmente en dos segmentos operativos mínimos.

La red uno consistió en 4.4 Kilómetros y 5 estaciones de Este a Oeste, la red dos consistió en 6.7 Kilómetros y 8 estaciones a lo largo de dos corredores. 5.3 Billones de dólares financiados con fondos federales de transporte por ferrocarril.

Tabla 1. Comparación del segmento de línea roja No 1 y el segmento de la línea roja No 2 el cual se realizó con la metodología Configuration Management.

<b>Metro del Condado de Los Ángeles</b>			
Item	Línea Roja Segmento #1 (Mayo 1991)	Línea Roja Segmento #2 (Enero 1997)	% Cambio
Valor de Contratos al comenzar	\$664 Milliones	\$1,048 Milliones	+58%
# de Aviso de Cambios	2563	3416	+34%
Valor Estimado de los Avisos de Cambos	\$66 Milliones (10%)	\$75 Milliones (7%)	+14%
# de Reclamaciones	2165	607	-71%
Valor estimado de las Reclamaciones	\$87 Milliones	\$46 Milliones	-47%
# Total de Avisos de Cambios y Reclamaciones	4728	4023	-14%
Valor Total de los Avisos de Cambios y Reclamaciones	\$153 Milliones	\$121 Milliones	-20%
Aumento en el Valor Sobre el Valor del Contrato al Comenzar	24%	12%	-50%

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- 60% de reducción en los costos administrativos, con un ahorro de 10 millones de dólares.
- Rápida respuesta a numerosas solicitudes de información.
- Mejora el tiempo en el proceso de órdenes de cambio, con una reducción de hasta del 90% en las demandas de los contratistas.

### Desarrollo de Punta Pacífica



Fig.2 Fotografía de punta pacífica

Fuente: Paco technologies 2011.

La creación de dos islas residenciales situadas a unos 150 metros de la costa de Ciudad de Panamá, Panamá. Estas dos islas serán uno de los proyectos más exclusivos de las Américas. El corazón del programa es la creación de dos islas de más de 19 hectáreas y dos puentes de conexión para facilitar el acceso a ellas.

### **Puerto de Barcelona, España**

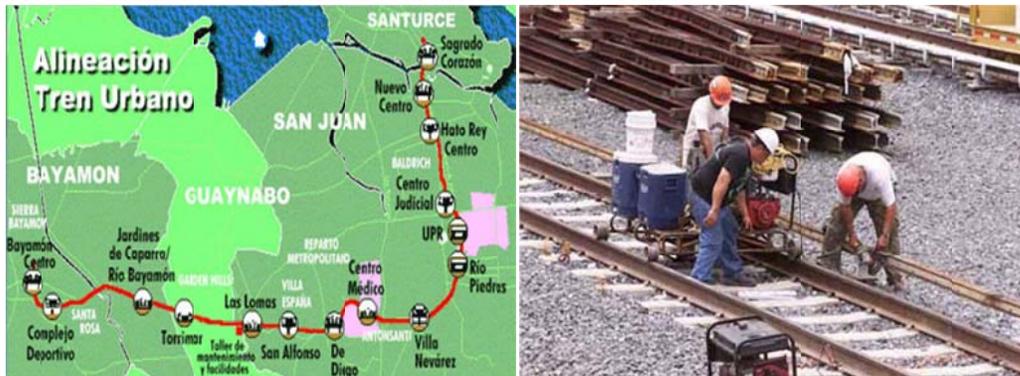


*Fig.3 Fotografía Puerto de Barcelona.*

*Fuente: Paco technologies 2011.*

El consorcio (UTE) fue contratado por el Puerto de Barcelona para ofrecer los servicios de gestión de proyectos y control de calidad por un periodo de 4 años en 19 proyectos relacionados con la expansión del Puerto, cuyo valor total supera los 204.3 millones Euros.

### **Tren Urbano - Sistema de Tránsito Ferroviario**



*Fig.4 Fotografía Sistema de transito ferroviario*

*Fuente: Paco technologies 2011.*

El Sistema de Tránsito Rápido de la región Metropolitana de San Juan, conocido como "Tren Urbano," es el sistema de transporte ferroviario regional en San Juan, Puerto Rico. El sistema presta un servicio desde Bayamón a Santurce a través de Río Piedras y Hato Rey. Se compone de unos 17.2 kilómetros de línea ferroviaria fija de doble vía, 14 estaciones, incluyendo plazoletas comerciales, los vehículos ferroviarios, distribución de energía, potencia de tracción, trabajo de carrileras, comunicaciones y sistema de control.

### Proyecto Mejoramiento de la Capacidad del Portal Bridge



Fig.5 Fotografía del Portal Bridge

Fuente: Paco technologies 2011.

En el proyecto de mejora de la capacidad de tránsito del "Portal Bridge" en Nueva Jersey, se evaluarán alternativas incluyendo la sustitución, rehabilitación o modificación del puente existente junto con la construcción de un puente adicional para la capacidad adicional y así satisfacer las proyecciones de demanda previstas para el 2030. Esta evaluación es necesaria para mejorar las operaciones ferroviarias actuales y permitir las mejoras futuras de infraestructura previstas para apoyar el crecimiento regional y la movilidad.

### Programa para la mejora del corredor de doble pista

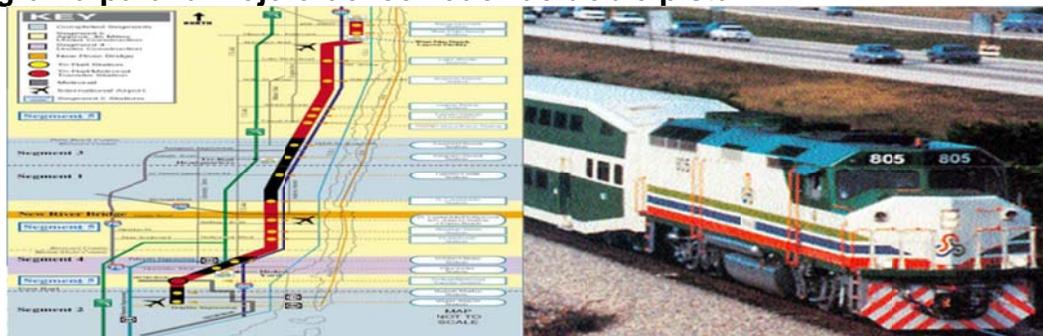


Fig.6. Fotografía del corredor ferroviario

Fuente: Paco technologies 2011.

Este proyecto consistió en la doble vía, en 5 segmentos, de todo el corredor ferroviario de 71-millas del Sur de la Florida para aumentar la velocidad, confiabilidad y seguridad. Los trabajos incluyeron la instalación de una segunda vía principal, la rehabilitación del sistema de señales, el mejoramiento del grado de cruces, las mejoras de la estación, y la compra de vagones adicionales. El proyecto del 5to. Segmento, es de aproximadamente 44.31 millas de largo.

### Tren ligero proyecto de transito “la marea” Norfolk

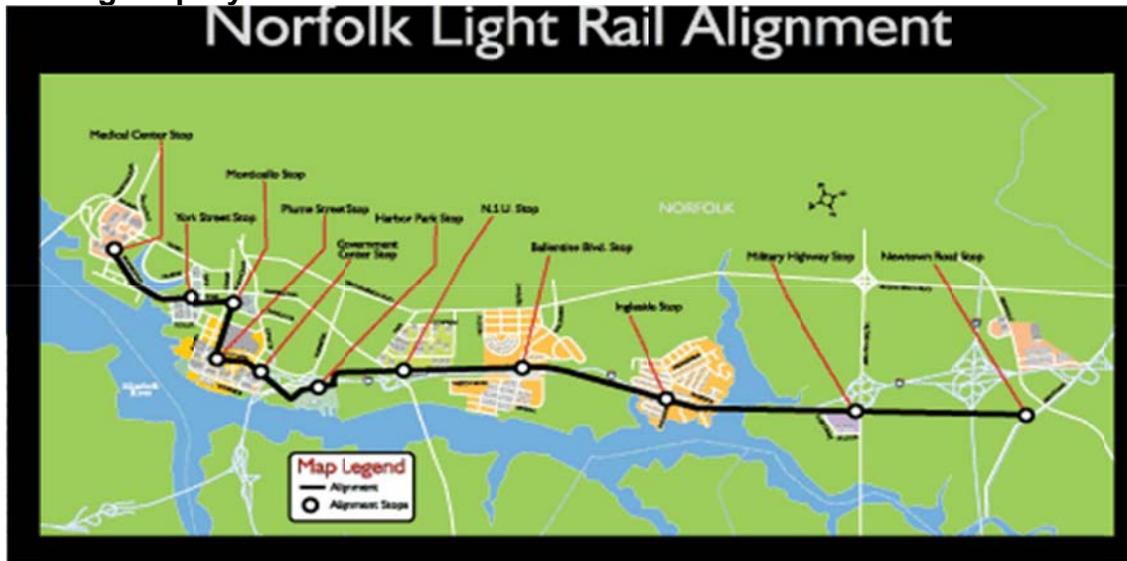


Fig.7 Fotografía proyecto de transito

Fuente: Paco technologies 2011.

El sistema de tránsito Tren Ligero de Hampton Roads, Norfolk, "La Marea", es una línea de tren ligero de 7.4 millas, que sirve a Norfolk. Comienza en una terminal occidental, cerca del Centro Médico Eastern Virginia y viaja hacia el este, en un derecho paso dedicado por el centro de Norfolk, a la Universidad Estatal de Norfolk (NSU).

## **7. MARCO TEÓRICO**

Con el propósito de fundamentar la presente investigación se muestran las principales ideas que en la actualidad existen sobre el tema objeto de este estudio.

### **7.1 LOS CAMBIOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.**

Los proyectos de construcción son variados y se diferencian en cuanto a su tamaño, duración y complejidad, pero a su vez comparten unas características similares. Estos proyectos experimentan cambios que son comunes e inevitables, son dinámicos y se dan desde su proceso de diseño y construcción. Existen diferentes definiciones sobre los procesos de cambios en los proyectos de construcción, y una amplia literatura al respecto, pero tomaremos algunas de ellas, para el desarrollo de este capítulo, desde los propósitos de la investigación, (Arain&Baja 2005) determinan que “Un cambio es cualquier modificación del acuerdo contractual proporcionado por el constructor o propietario”. En este sentido encontramos otros criterios que amplían aún más el concepto, (Park, 2002) considera que las adiciones, suspensiones o modificaciones en el alcance del proyecto se consideran como cambio. A partir de estas definiciones se entró a desarrollar:

1. Fuentes de cambio de los proyectos.
2. Efectos del cambio en los proyectos.
3. Cuantificación de los cambios.

Para tales efectos tomamos como punto de referencia, un estudio realizado en Singapur, por: (Hwang, Low, 2011), el estudio en referencia, tomó como muestra 384 proyectos presentados por 32 empresas, en las cuales se analizaron, los impactos de la gestión de cambio, en términos de resultados del proyecto, tales como: costos, tiempo y calidad.

#### **1. Fuentes de cambios de los proyectos.**

Las fuentes de los cambios de los proyectos, se encuentran clasificadas en: internas y externas. La primera de estas:

- Interna, incluyen: El proyecto y la organización; estos factores se expresan en la falta de disponibilidad de recursos, de comunicación eficaz y de integración entre departamentos, así como en errores de diseño, dibujo, deficiente definición de los proyectos, inadecuada planificación y falta de comunicación entre propietarios, diseñadores y consultores. (Hwang, Low, 2011).

- Externa: Las circunstancias naturales imprevisibles, como las inclemencias del tiempo-lluvias, tormentas, retrasan los cronogramas de obra; la seguridad, referida al riesgo y bienestar de los trabajadores; el gobierno de turno, requisitos legales o normas estrictas de regulación; la economía, los cambios en impuestos y las tasas de interés, afectan los recursos financieros del proyecto así como la tasa de inflación que puede afectar el flujo de caja; aspectos jurídicos, como el surgimiento de una nueva ley o reglamento, pueden hacer que el proyecto incurra en más gastos. (Hwang, Low, 2011)

Las fuentes de cambios de los proyectos, de naturaleza tanto interna como externa, involucran un conjunto de variables que se relacionan directamente con la vida de los proyectos y su varianza depende de su naturaleza y del contexto de implementación. Más allá de las variantes que se puedan presentar en la ejecución de los proyectos, las fuentes de los cambios experimentan un comportamiento común, esto ha sido demostrado en el estudio de referencia realizado en Singapur por (Hwang,Low 2011) bajo, el cual está orientado a mitigar sus impactos, a partir del diseño e implementación de instrumentos de gestión para el control y minimización de estos en las obras de construcción.

## **2. Efectos del cambio en los proyectos.**

Se consideran como impactos directos o indirectos de un cambio sobre diversos aspectos en la vida de un proyecto de construcción, irrumpiendo en sus posibilidades de éxito, ocasionando trastornos en los costos y tiempos del diseño.

Los efectos del cambio en los proyectos, ejercen en la mayoría de los casos efectos negativos sobre la eficiencia, aunque estos cambios en muchos casos han sido canalizados positivamente con relación a su éxito, son más prevalecientes los negativos. (Arain y Baja, 2005), los más frecuentes, son: aumento en los costos y retraso en el calendario de ejecución; las principales adiciones al trabajo original, conducen a un aumento significativo de los costos del proyecto.

En la revisión del estudio de la referencia, encontramos otros efectos de menor frecuencia, pero que revisten gran interés al momento de diseñar estrategias de gestión y control de cambio por los agentes involucrados en los

procesos de la construcción, como: degradación de la calidad del producto; disminución de la productividad del trabajo; retraso en el proceso de adquisición de insumos, equipos y materiales, entre otros, que afectan directamente a las estrategias de éxitos, determinadas en la etapa de diseño del proyecto.

En correspondencia y dado que los cambios son comunes en los proyectos, el reto para los equipos de gestión de las empresas de construcción y obras civiles es el de enfrentar los cambios, utilizando las variaciones presentadas para influir de manera positiva y garantizar el éxito de los mismos.

En este sentido es imperioso que los equipos de gestión de las empresas de construcción, generen estrategias para enfrentar con éxito los cambios, utilizando programas de mejoramiento continuo, para el desarrollo de una gestión proactiva y competitiva, para la construcción como para las empresas, grupos de gestión y profesionales de la construcción.

### **3. Cuantificación de los cambios**

(Sung et al Meng 2008), determina que los incluyen los retrasos en el inicio y la finalización de las tareas, la eliminación y la adición de tareas, la variación de los insumos, y de recursos. Una de las consecuencias perjudiciales del cambio en los proyectos y una de las formas de cuantificar su impacto es a través del retrabajo o la revisión de los trabajos, debido a que el costo de reproceso en proyectos de construcción puede ser tan alto entre 10-15% del valor total del contrato.

(Motawa et al Anumba, Hamalawi, 2006), establece una metodología sobre la predicción del cambio, la es realizada a través de un modelo de lógica difusa, el modelo incluye la identificación del conjunto de elementos que hacen parte de la predicción, para lo cual determina como (F) las características del proyecto, los cuales son los factores o aspectos que tienen una influencia en el proyecto y que puede llevarlo a cambiar, (C) las causas del cambio las cuales son las causas directas de un cambio específico y el evento cuando se produce que son propensos a ser debido a la existencia de ciertas características del proyecto, E, los efectos del cambio que son las consecuencias del cambio en los parámetros del proyecto. Dos medidas, R1 y R2 han sido objeto de representar el grado de dependencia entre C y F y entre C y E respectivamente, el modelo utiliza estos elementos de predicción y sus relaciones para generar la probabilidad de que ocurra el cambio, el enfoque para el modelado de estas relaciones se ilustra en el ejemplo de tres características del proyecto (F), tres causas del cambio (C) y dos efectos de cambio (E). Con el fin de determinar la probabilidad de cambio, ocurrencia y los efectos del cambio, que reflejan el riesgo y la incertidumbre en

torno a la ocurrencia del cambio, se propone para representar los elementos de predicción de la siguiente manera:

*Fyo*: el grado de influencia de las características del proyecto sobre un proyecto específico que pueda llegar a cambiar.

*Rij*: la sensibilidad de un cambio a la ocurrencia causa de las variaciones en las características del proyecto.

*Rjk*: la sensibilidad del impacto del cambio a las variaciones que el cambio provoca.

La salida del modelo consistió en primer lugar en que las tareas del proyecto se someten a ciertos riesgos que se definen por el equipo del proyecto en la etapa de planeación el modelo ha definido "retrasos en la toma de decisiones" como la causa del cambio un 12.7%, este valor de riesgo puede ser utilizado para representar el riesgo de cambios en las actividades del proyecto ejemplo, las duraciones de las tareas afectadas por los retrasos en la toma de decisiones "tendrá un incremento del 12.7% en el estimado original". En segundo lugar para un proyecto exitoso, el parámetro pérdida de flujo de trabajo debe tener un valor cero (sin pérdidas), para el estudio del proyecto la ocurrencia ha dado un cambio en este parámetro de 36.71%, esta estimación puede ser utilizada para medir el éxito del proyecto y también en caso de resolución de disputas en las fuentes de las causas del cambio puede ser rastreada a través de la causa y el efecto relaciones definidas por el modelo.

(Isaac et al Navon 2009), determina que muchos de los proyectos de construcción sufren retrasos, debido a causas como son los cambios en el diseño y la planificación del proyecto, y a su vez estima que el costo directo de los cambios post contrato de los proyectos de construcción ascienden a 5.1% - 7.6% del costo total del proyecto.

## **7.2 ALGUNAS TÉCNICAS DE GESTIÓN DE CAMBIO EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.**

Los cambios influyen como riesgos potenciales de pérdida en los proyectos de construcción, tal situación le sugiere a las empresas, contar con un sistema o modelo de gestión de cambio, para controlar y mitigar los impactos negativos generados por los cambios en el proyecto y poder disponer con instrumentos de control que minimicen el riesgo y garanticen el desarrollo exitoso de los mismos. Tomamos algunos de ellos como referencia orientadora en la presente investigación, dado que guardan ciertas similitudes con los objetivos planteados y con los resultados esperados en la tesis.

(Doloi, 2011) Analiza los factores que afectan los retrasos en los proyectos de construcción en la India, a partir del desarrollo de una investigación, aplicando dos técnicas estadísticas: 1) Análisis factorial y 2) Modelo de regresión. El primero de

estos, análisis factorial lo ha utilizado para reducir los atributos e investigar los efectos en la agrupación conformada y el segundo, análisis de regresión; para realizar un modelo predictivo, basado en los mejores atributos de ajuste para el pronóstico de rendimiento del tiempo, estableciendo la relación entre los atributos críticos para los modelos de predicción de desarrollo para evaluar los impactos de estos factores en la demora del proyecto de construcción.

Como resultado de la aplicación del modelo, (Doloi, 2011) encontró siete (7) razones de los retrasos de los proyectos de construcción tomados por la investigación en la India: 1) Falta de compromiso; 2) Gestión ineficiente del sitio; 3) Coordinación pobre del sitio; 4) Planificación inadecuada; 5) Falta de claridad en el alcance del proyecto; 6) Falta de comunicación y 7) Control de mala calidad.

La investigación propone en sus resultados, un modelo de análisis sistemático para evaluar los factores de atraso y su importancia para el control de los excesos de tiempo en la construcción de proyectos de obras civiles, como estrategia para la gestión de cambio.

(Hwang, Low 2011) en el estudio realizado en los proyectos de Singapur la gestión del cambio la abordó como una necesidad en el desarrollo de los proyectos de construcción, investigaron sobre el estado, la importancia y el impacto del proyecto de construcción del cambio en Singapur. Las finalidades de este estudio apuntaron a: analizar el estado actual de la gestión del cambio en la industria de la construcción; a explorar sobre los beneficios y las barreras para la práctica de la gestión del cambio y a analizar los impactos del cambio.

(Hwang, Low 2011) desarrolla la investigación por medio de un análisis comprensivo de la gestión del cambio a partir de la identificación de factores que alientan y desalientan a las empresas a desarrollar este tipo de prácticas; el análisis se desarrolla con una muestra de 384 proyectos, presentados por 32 empresas, midiendo el impacto de la gestión del cambio, en términos de resultados del proyecto: costo, tiempo y calidad. El método utilizado da cuenta de unos procesos de análisis comprensivo, a partir del desarrollo de dos técnicas: 1) revisión de literatura y 2) aplicación de un cuestionario de encuesta.

1. Del ejercicio de revisión de literatura, se desprendió la construcción de un marco conceptual comprensivo de fundamentación del cuestionario de encuesta.
2. El proceso de análisis de aplicación del cuestionario de encuesta, permitió la construcción de: a) un archivo de empresas y encuestados; b) número de empresas que han practicado la gestión del cambio y c) Determinar la importancia de la gestión del cambio en las empresas.

(Hwang, Low 2011), para la jerarquización de la importancia de la gestión del cambio para las empresa, se empleó una escala Likert, de cinco puntos, a partir de su aplicación se exploró el impacto de la gestión del cambio, con relación al costo, tiempo y calidad. El análisis de los datos reflejo el bajo nivel en que se encuentra la práctica de la gestión del cambio en Singapur, dado que el porcentaje de implementación del cambio por las empresas estudiadas y por el hombre a nivel de proyecto, es mínimo y poco representativo y al poco conocimiento que se tiene sobre las barreras y beneficios de la gestión del cambio, así como los impactos de este sobre el desempeño del proyecto.

(Navon, 2009), a través del proyecto “Modelado de edificio que sirvan de base para el control del cambio”, desarrolla un análisis en retrospectiva sobre el posible impacto de los cambios propuesto, a partir de un estudio de caso en un proyecto de construcción, la finalidad de la investigación se orientó a desarrollar un modelo que facilitara la identificación automática de las posibles consecuencias de los cambios propuestos en los proyectos de construcción. La información sobre las consecuencias de los cambios propuestos, se obtuvo a partir de la aplicación de dos enfoques: 1) la opinión subjetiva de expertos y 2) el análisis de los datos del proyecto a partir de modelos informáticos.

(Navon, 2009), para el desarrollo de la metodología utiliza las fuentes de información disponible, tales como: el programa de construcción de diseño, el presupuesto y el cronograma, conformaron las bases principales para la obtención de la información requerida, y precisamente se conformaron estas como bases principales, debido a la escases de información y de datos históricos que fundamentaran y contextualizaran el análisis de los cambios propuestos.

El modelo desarrollo tres aspectos para el análisis de los cambios.

- a) Integrador. Es contemplado este aspecto, debido a que en el estudio de caso, los cambios en el programa de construcción, no se encontraban registrados y el impacto en las necesidades del cliente, no estaban identificadas, antes de su aplicación, por lo que el modelo contemplo la vinculación de los objetivos de los clientes principales: costos, programa y rendimiento y los datos del proyecto: requisitos de diseño, planificación y riesgos.
- b) Adaptativo. La naturaleza de la investigación, determinó la necesidad de flexibilidad del modelo, para incluir cambios, surgidos a partir del entorno dinámico del proyecto y las dependencias entre los elementos del proyecto se tomaron en cuenta para la realización de modificaciones del mismo.

- c) Estocástico. A partir de este se desarrollaron estrategias para el tratamiento de incertidumbres en cuanto a la estimación de costos y duración del proyecto, el modelo incorporó las incertidumbres, estimando los resultados de cambio, a partir de las ya dadas relaciones funcionales entre el diseño y la planificación.

(Navon, 2009) Concluye que las consecuencias de los cambios se identificaron a partir del seguimiento a las relaciones establecidas entre los elementos del proyecto, después de la implementación de los cambios y del análisis proactivo realizado antes de la aplicación de los cambios en el diseño y plan del proyecto. La investigación aporta un modelo para la identificación de cambios propuestos en los proyectos de construcción, antes de su implementación en el proyecto y en la planificación. Para el análisis de las consecuencias del cambio en etapa temprana del proyecto, el modelo se basó en tres requisitos: a) adaptativo y b) estocástico, los cuales se aplicaron en diferentes escenarios de cambio, de un proyecto de construcción, tomado como caso de estudio, donde las consecuencias del cambio se hicieron evidente, después de que los cambios se aplicaran plenamente. En el estudio de caso, se probó las capacidades del modelo para cuantificar las magnitudes del impacto del cambio, a través de la simulación, utilizando distribuciones de probabilidades y coeficientes de correlación.

Otras investigaciones, desarrollan métodos de simulación estratégica de gestión de cambio, a partir de la modelización de las tecnologías de información y sistemas inteligentes de información. Las relaciones actuales entre la tecnología y el cambio, sugieren la necesidad de explorar sobre nuevas estrategias y procedimientos de acceso a nuevas soluciones tecnológicas para la gestión del cambio en los proyectos de construcción. En este sentido, se encontraron investigaciones que dan cuenta de estas nuevas realidades, como: (Brochner, 2011), investiga sobre los cambios y la gestión del cambio en la construcción, en donde compara la gestión del cambio (razones para el cambio y las prácticas del cambio), en relaciones contractuales en la tecnología de la construcción y la información.

La metodología utilizada en el estudio, contempló en un primer momento, la selección de dieciséis relaciones contractuales, a las cuales se les aplicó un cuestionario de encuesta, estas fueron analizadas jerárquicamente a partir de la utilización de una escala tipo Likert, que permitió estudiar las frecuencias relativas de razones para el cambio en los contratos. Los insumos de esta actividad, fundamentaron la caracterización de las relaciones laborales. En segundo momento se realizó un cuestionario de entrevista que fue aplicado a 32 profesionales, clientes y proveedores.

Los resultados de la investigación, arrojaron como razones de cambio lo siguiente:

- La falta de comunicación entre las partes contractuales
- Errores y contradicciones en el proyecto original
- La innovación tecnológica

Estos fueron los cambios que presentaron mayor frecuencia en el proceso de investigación.

En línea a la aplicación de sistemas de información en la gestión de los cambios en los proyectos de construcción, encontramos el uso de otras metodologías formales como: (Otero, 2008), el cual plantea la metodología Configuration Management utilizada para mitigar el impacto de los cambios en el diseño y la construcción, esta es considerada como un subsistema dentro del sistema de información de gestión de proyectos y se enfoca como un proceso administrativo de gestión para establecer y mantener la consistencia de los atributos físicos, así como el rendimiento, la funcionalidad y la información operacional durante la vida del proyecto.

(Otero, 2008)El método considera la aplicación de cuatro áreas: planificación, gestión de documentos, gestión de línea de referencia y cambio de gestión. Estas áreas en el proceso de plan de gestión de configuración, se integra con otros procesos y procedimientos de la administración del proyecto, su operación se encarga de revisar el manual de administración del proyecto, para la identificación de los enfoques organizacionales y administrativos. El sub-sistema está concebido para ser utilizado en: el diseño, la construcción, el mantenimiento y la fase de operación para controlar y documentar todos los cambios efectuados en la línea de referencia de los dibujos y especificaciones del proyecto.

Los cambios en el proyecto, ocasionados en la mayoría de los procesos registrados e investigaciones que dan cuenta de la gestión de cambio, dan cuenta de las altas frecuencia de la falta de comunicación entre el cliente y el proveedor y en general entre los involucrados. En este sentido este sistema aporta a la superación de la debilidad comunicacional en los proyectos, estableciendo una adherencia estricta a la comunicación y una escala de niveles en la toma de decisiones equivocadas.

En el desarrollo e implementación del proceso, la comunicación es compartida con ejecutivos de alto rango involucrados en el proyecto, permitiendo, de esta manera, la transparencia, rastreo y responsabilidad en la administración del proyecto. De esta manera, las decisiones administrativas tomadas en el proceso de implementación y desarrollo del proyecto, fluyen a través de un proceso formalmente documentado, de revelación, modificación y aceptación por parte del contratista y el cliente.

Para facilitar la fluencia transparente de la comunicación en el proceso administrativo del proyecto, el método incluye en su dinámica de operación, el rastreo y archivo de los cambios, revisiones y comunicaciones relacionadas con la aprobación de documentos, evitando de esta manera la inclusión de cambios sin seguir el proceso formal de aprobación. En este sentido, el modelo aporta una gestión eficaz de documentos base y proporciona al contratista y al cliente una lista virtual de todos los documentos y comunicaciones escritas desde el inicio hasta el final del proyecto. La gestión de documentos base del proyecto incluye la captura y archivo de estadísticas exactas del proyecto durante los puntos trascendentales de su ciclo de vida.

El método contempla para su desarrollo práctico y operacional en el proyecto, la aplicación de un software, concebido para dirigir la comunicación entre proyectos, el almacenamiento, la retención de documentos y la gestión del cambio, de acuerdo a las reglas de negocios del cliente. El proceso en esta parte determina la realización de una búsqueda detallada y recuperación de información, como elemento esencial para disponer de una línea de referencia del proyecto desde cualquier punto en el tiempo. Este proceso además permite contar con los insumos y procedimientos necesarios para la realización de auditorías, durante y después de la ejecución del proyecto.

Las bondades de este método, apuntan a asegurar y garantizar:

- La documentación del diseño y del contrato es plenamente controlada, a partir de un sistema de monitoreo, seguimiento y revisión en cualquiera de las fases de diseño, oferta, suministro, construcción y liquidación del proyecto.
- Archivo sistemático de la correspondencia y entregas del contrato.
- Monitoreo permanente de las solicitudes de información y de cambios en todas las etapas.
- Auditoría y seguimiento para cada solicitud de cambio
- Toda la documentación contractual procesada y documentada línea base en el proyecto es archivada y de fácil consulta y recuperación.

(Carreño, Martínez, & González, 2009) Desarrollaron una investigación sobre la gestión de cambio, a partir de la aplicación de un estudio de caso, "Demoras en la construcción de un proyecto en México.

La investigación se desarrolla a partir de la realización de un estudio de caso en el que se observaron fenómenos asociados a la construcción, sin intervenir para modificarlos. Un edificio de apartamentos en condominios en la zona turística de playa del Carmen en la península de Yucatán, constituyó el centro del estudio de

caso, el edificio contempla tres niveles, divididos en 24 apartamentos y un área de construcción de 3.232 m<sup>2</sup>, de un valor de cuatro millones de dólares.

La metodología para la realización del estudio de caso, consistió en el diseño y aplicación de un diagrama de Gantt y del diseño y operación de 30 actividades, orientadas al componente presupuestal.

Las conclusiones de este estudio determinaron un incremento del 31% de demoro con relación al tiempo presupuestado, esto debido principalmente a:

- Diseño incompleto
- Administración de la integración y del alcance del proyecto.
- Carencia de una programación adecuada, por falta de un control efectivo en la administración del proyecto.
- Absentismo y escasez del personal obrero.
- Incumplimiento del sub-contratista.

(Project Management Institute 2007),realizo la investigación que consistió en un estudio de benchmarking en gerenciamiento de proyectos Brasil 2007, hecha en 185 empresas de 13 sectores concluida en diciembre de 2007, la investigación indica los principales factores que transforman la gestión de proyectos en gestión de problemas, las conclusiones del estudio son:

- 14% de las empresas, no tenían procedimientos formales de gestión de proyectos.
- En 21%, el problema no era la falta, más sí el exceso: Las personas trabajaban con más de dos metodologías diferentes.
- Los responsables por la conducción de los proyectos normalmente consideraban apenas tres aspectos básicos de la planificación - alcance, plazo y costo -, dejando cuestiones importantes de lado. Era el caso de la gerencia de riesgos, tan común en las organizaciones de los sectores financieros y de seguros, y de la gerencia de calidad. La gerencia de riesgos en 49% de las empresas era hecha informalmente y en 13%, no había ningún acompañamiento.
- La tarea de sacar lecciones para los próximos proyectos solía ser negligencia: Sólo 4% de las empresas afirmaban cuidar siempre de la gestión del conocimiento al fin de cada proyecto.

- Los problemas más comunes en la gestión de proyectos, según las empresas consultadas por el PMI (en % del total), fueron:  
Plazos prorrogados: 72%  
Rehacer el trabajo: 72%  
Interrupciones en el ritmo del trabajo: 71%  
Cambio de alcance: 69%  
Planificación insuficiente: 63%  
Control inadecuado: 51%  
Aumento de los costos: 46%  
Problemas de comunicaciones: 43%

### **7.3 ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN DE CAMBIO EN COLOMBIA.**

En Colombia, el desarrollo de investigaciones que exploren sobre técnicas y métodos para enfrentar con éxito los cambios, es aun insignificante, algunas empresas del sector privado utilizan guías como el PMBOK (Project Management Body Of Knowledge) la cual está compuesta por 9 áreas (integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recurso humano, comunicaciones, riesgos, adquisiciones) esta es considerada la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos por algunas empresas del país, sin embargo esta no sugiere una metodología que incluya una sistematización de los factores de mayor relevancia en la gestión de cambios, en este sentido es de vital importancia, iniciar procesos que tracen un camino en esta dirección. La necesidad de que la industria de la construcción, cuente con instrumentos de control y tratamiento de cambios, es cada día más apremiante dada la importancia del sector en el crecimiento y desarrollo económico en el país.

Son muchos los estudios e investigaciones que abordan el tema de la gestión de cambio a nivel internacional como los estudios mencionados anteriormente, dichos estudios abordan el tema desde diferentes modalidades, algunas sujetas a las realidades del entorno de implementación de los proyectos otras desde las especificidades y características y dinámicas propias de estos o de las exigibilidades internas de las empresas desde las perspectivas de sus procesos de calidad y mejoramiento continuo.

Pese a los motivos, las investigaciones desarrolladas aportan una variedad de elementos y métodos, que permiten que el sector de la construcción y las empresas de obras civiles, cuenten con instrumentos rigurosos para controlar y mitigar el impacto que generan los cambios en los proyectos de construcción. La variedad de instrumentos de control, iluminan el uso de múltiples vías y caminos para abordar la problemática común en este proyecto y estimulan el ejercicio de la innovación como mejor forma de eficiencia y competitividad.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

Con fines esquemáticos se analiza la metodología de la siguiente forma, identificando las etapas claves para la realización de la misma.

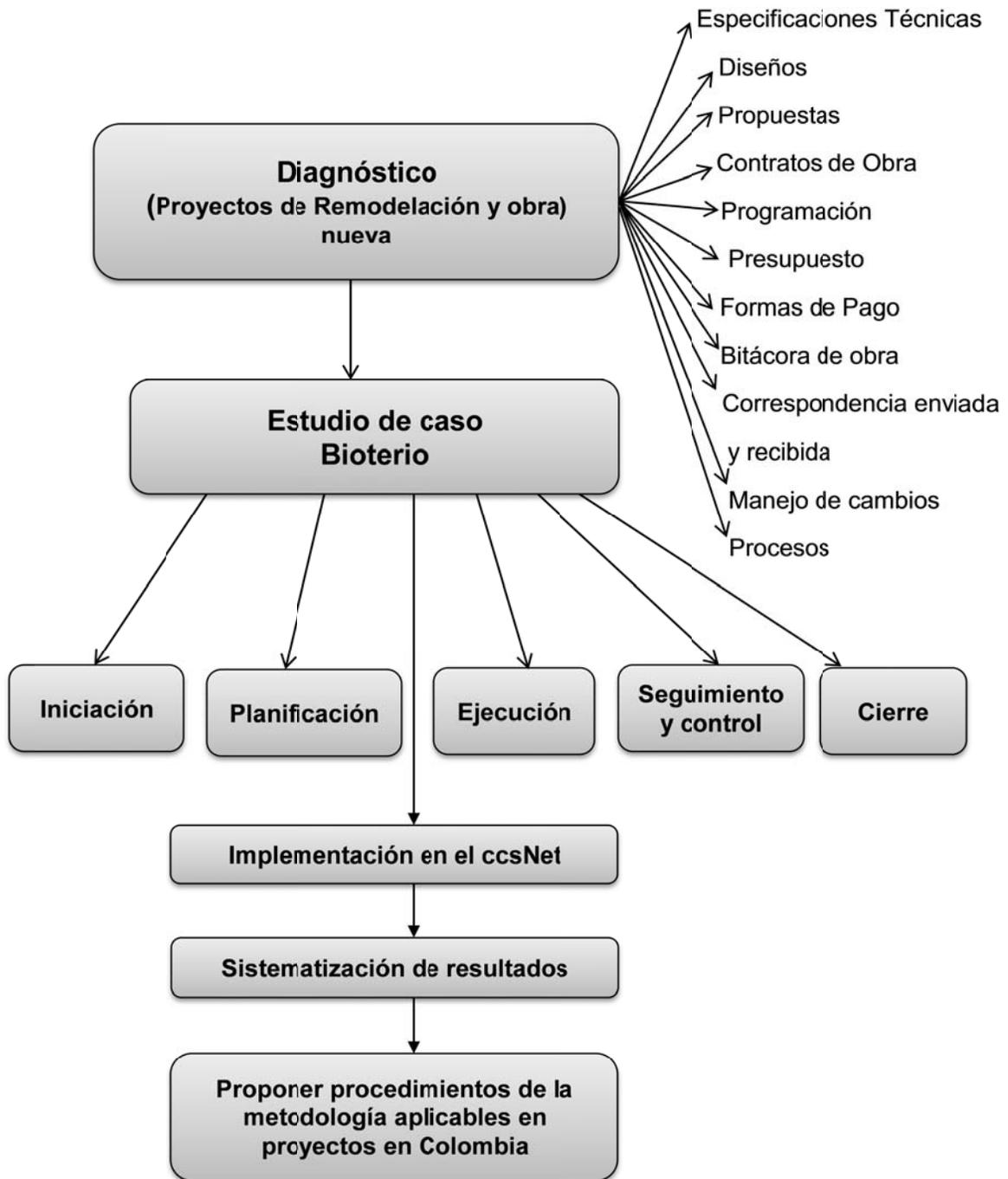


Fig.8 Forma gráfica de la Metodología de Trabajo.

## 8.1 ETAPA DE DIAGNOSTICO

Analizar los instrumentos de control y Gestión de Cambios que utiliza la oficina de construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana, en la construcción de proyectos de remodelación y obra nueva, tomando una muestra a modo de referencia y determinando como instrumentos los siguientes:

- Especificaciones Técnicas: Se investiga el tipo de procedimiento que se sigue para realizar las especificaciones, y a su vez que dependencia de la oficina de construcciones, influye en el proceso; paralelamente se determina los pasos a seguir en el caso dado que se presenten cambios en las mismas.
- Diseños: Determinar quien realiza los diseños de los proyectos, y en caso de ser contratado, identificar el alcance de lo que se contrata, para analizar la incidencia de esta etapa, en el conjunto del proyecto, y asimismo determinar qué tipo de seguimiento se le realiza a dichos diseños.
- Propuestas: Identificar el modelo adoptado por la Oficina de Construcciones, para la evaluación de las propuestas, presentadas por los contratistas.
- Contratos de obra: Analizar el modelo de contrato que utiliza la Oficina de Construcciones según, el tipo de proyecto a construir, analizando si las obligaciones del contratista son claras y cuantificables para su posterior seguimiento.
- Programación: Determinar quién conceptúa la programación de las obras a construir y como se realiza el seguimiento de la misma.
- Presupuesto: Determinar, si existe dependencia de la Oficina de construcciones, que realice este proceso, identificar si es manejado a través de un software o si dicho proceso es subcontratado, estableciendo simultáneamente, cuáles son las consideraciones para su elaboración y seguimiento.
- Formas de pago: Indagar si existe un procedimiento, para efectuar los pagos de las facturas de los contratistas de los proyectos.
- Bitácora de obra: Identificar si existe un registro diario de cada uno de los involucrados en los proyecto y a su vez indagar, si por cada proyecto culminado, existe la bitácora de obra.

- Correspondencia enviada y recibida: Indagar si existe un procedimiento para el seguimiento de la correspondencia.
- Manejo de cambios: Identificar si se cuenta con un procedimiento claro y sistematizado, para identificar, analizar y controlar los cambios que se presentan en los proyectos realizados.

Procesos: Identificar qué tipo de procesos y procedimientos tiene la Oficina de Construcciones para el manejo de los proyectos.

## **8.2 ESTUDIO DE CASO “BIOTERIO”**

Analizar el proyecto mediante la metodología de Configuration Management en cada una de sus cuatro etapas.

### **8.2.1 Primera Etapa: Proceso de gestión de configuración**

La planificación de Configuration Management incluye determinar ¿Qué? aspectos del proyecto requieren ser controlados ¿Cuándo? Se debe ejecutar y ¿Cómo? Se manejan los cambios, para lo cual se desarrollan las siguientes actividades:

- Definir el organigrama de la Oficina de Construcciones
- Identificar los roles de cada miembro de la Oficina de Construcciones, determinando el nivel de responsabilidad y autoridad de cada uno.
- Definir el flujo de procedimientos de trabajo.
- Identificar las interacciones entre el propietario del proyecto, los consultores y los contratistas.
- Definir herramientas y procedimientos a usar para proporcionar una efectiva dirección, administración y control del proyecto.

### **8.2.2 Segunda Etapa: Proceso de gestión de documentos**

Todos los documentos que se generan durante el proyecto se manejan, rastrean y almacenan de cerca. Este proceso incluye rastreos y archivo de todos los cambios, versiones y comunicaciones relacionadas con la aprobación de documentos.

- Seguimiento y control de la correspondencia del proyecto: Se realiza para tener el seguimiento y control de la información y del mismo modo mantener involucrados a los participantes del proyecto.
- Documentos principales / revisiones: Realizar la revisión de los documentos relevantes del proyecto con el fin de identificar aspectos que causen inconvenientes al momento de la ejecución del proyecto y permitir el control capturando cada versión de dichos documentos.
- Entregas contractuales: Definir a partir de lo estipulado en los contratos los entregables de cada uno y realizar una interacción de los mismos con los contratistas, para que queden claros y pactados, y a su vez determinar fechas para realizar la entrega de cada uno de ellos.
- Solicitudes de información / cambio: Se realiza un seguimiento de las solicitudes de información y de cambio por parte del contratista para permitir un análisis interno de las mismas.
- Liquidación: Se realiza el proceso de liquidación de una forma clara y concisa para cada una de las partes involucradas en el proyecto.

### **8.2.3 Tercera Etapa: Proceso de gestión de la línea base**

La Gestión de documentos base del proyecto incluye la captura y archivo de estadísticas exactas del proyecto durante los puntos clave de su ciclo de vida, para que a partir de estos el proyecto cuente con un control.

- Se realiza la programación de la obra, con apoyo del software Microsoft Project, con el fin de determinar parámetros claros y precisos, para que esta herramienta se considere un documento para medir el desempeño del proyecto.
- Se realiza el presupuesto de la obra, con apoyo del software Microsoft Project, con el fin de determinar parámetros claros y precisos, para que esta herramienta se considere un documento para medir el desempeño del proyecto.
- Se realiza el desglose de los costos, identificando los porcentajes de incidencia del presupuesto de cada contrato frente al presupuesto total.

- Se realiza la lista de entregables de los contratos, para establecer entregas claras y precisas en cuanto a lo técnico y administrativo.
- Se realiza una revisión de las especificaciones técnicas de la obra para hacer inclusiones y/o observaciones a las mismas.

#### **8.2.4 Cuarta Etapa: Proceso de la gerencia en los cambios del contrato**

La gestión del cambio es el proceso de aprobar (o negar) los cambios que impactan el alcance, el cronograma y el presupuesto del proyecto. La primera etapa (plan de gestión de la configuración) proporciona las reglas impuestas para la gestión del cambio ya que en esta se establecen los roles y responsabilidades de cada miembro del proyecto y los flujos a seguir para la toma de decisiones, proporcionando así una historia detallada del proyecto.

- Ordenes de cambio (pendientes / aprobadas): Se realiza para determinar un procedimiento por parte de la entidad contratante que permite realizar un análisis interno de las solicitudes de cambio, siendo la orden de cambio el mecanismo de comunicación que cierra el proceso para aprobar o negar las solicitudes de cambio hechas por el contratista.
- Negociaciones: Se realiza a través del ccsNet donde el contratista propone un precio de un ítem no previsto y en donde la entidad contratante aporta su precio, posteriormente si se considera se pacta una negociación del precio entre el contratante y el contratista la cual hace parte del archivo del proyecto.
- Registro y archivo de decisiones: Se cuenta en el ccsNet un registro y un archivo de cada una de las decisiones que se toman a lo largo del ciclo del proyecto.
- Demandas: Con la recopilación de los puntos anteriores la ejecución del proyecto se realiza de una forma clara y precisa eliminando el grado de incertidumbre que conlleva a pleitos.

#### **8.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CONTRATOS (ccsNet).**

Se debe configurar para dirigir la comunicación entre proyectos, el almacenaje, la retención de documentos y la gestión de cambios, de acuerdo a las reglas

determinadas por el contratante (que se describen en el plan de gestión de la configuración). Se debe implementar las cuatro etapas establecidas por Configuration Management simplificadas en las siguientes actividades:

- Revisión de los Documentos Relevantes del Proyecto: Solicitud de Propuesta / Contrato, entre otros.
- Revisión del Organigrama y Equipo Humano / Roles y Responsabilidades.
- Definir Programa / Jerarquías del Proyecto / Estructura de Desglose de Tareas.
- Desarrollar y Confirmar la Lista de Requerimientos Documentales del Contrato.
- Desarrollar Flujos de Trabajo.
- Establecer los Procesos/Reglas del Negocio.
- Cargar la lista de requerimientos documentales / Flujos de Trabajo en el ccsNet.
- Capacitar a los miembros del equipo del proyecto.
- Documentar/Desarrollar el Plan de “Configuration Management”.

#### **8.4 SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS**

Sistematización de los resultados (ventajas y desventajas) de los dos métodos tanto el de la oficina de construcciones como el de Configuration Management.

#### **8.5 PROCEDIMIENTOS DE LA METODOLOGÍA QUE SE PUEDAN APLICAR EN COLOMBIA.**

Proponer mecanismos de gestión de cambios a partir de los pasos o procedimientos más adecuados de la metodología Configuration Management que puedan ser aplicables en proyectos futuros en la Oficina de Construcciones de la Pontificia Universidad Javeriana y en Colombia.

## 9. RESULTADOS

### 9.1 ETAPA DE DIAGNOSTICO DE LA PLANEACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Las obras de construcción que se realizan en la Pontificia Universidad Javeriana, son ejecutadas a través de la Oficina de Construcciones, la cual depende de la Vicerrectoría Administrativa y a su vez de la Dirección de Recursos Físicos de la Pontificia Universidad Javeriana, a continuación, se identifica el organigrama de dicha Vicerrectoría, identificando los niveles de jerarquía para determinar las actuaciones de las mismas en las obras de construcción, realizadas en la Universidad.



Fig.9. Organigrama Vicerrectoría Administrativa de la Pontificia Universidad Javeriana.  
Fuente: Pontificia Universidad Javeriana. (2012). Recuperado de [http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/vice\\_asministrativa/plt\\_viceadmon/organigrama](http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/vice_asministrativa/plt_viceadmon/organigrama).

Partiendo de lo anterior se considera un punto importante la planeación general de los proyectos, la cual se le da inicio con un acta de conciliación de necesidades de remodelación de infraestructura que se realiza anualmente, dicha acta se le suministra a todas las facultades de la universidad con el fin de que cada una exponga las necesidades de infraestructura física que requieran, una vez se realizan estas solicitudes por cada una de las facultades, el director de recursos físicos se reúne con el vicerrector administrativo y evalúan todas las necesidades identificadas por cada facultad. A partir de esto se establece el presupuesto tentativo del año el cual es realizado en un plan de inversión (Anexo 1).

Los proyectos de la Pontificia Universidad Javeriana, inician con la recepción del Plan de inversiones para el año en curso, el cual es suministrado por la Dirección de Recursos Físicos, una vez entregado dicho plan, la Oficina de Desarrollo de la Planta Física procede a la concepción de los diseños arquitectónicos a través de un comité, compuesto por el equipo de la Oficina de Desarrollo de Planta Física y el Director de Recursos Físicos, dicho comité es el encargado de dar a conocer los proyectos que se encuentran en curso, realizar el respectivo debate sobre el alcance del proyecto y obtener la aprobación de los profesionales que intervienen en el proyecto. Una vez determinado el alcance de los proyectos la oficina de desarrollo de planta física dependiendo del tipo de este procede a la realización de los mismos. Para las obras de remodelación, algunos de los diseños son realizados por parte de los integrantes de la misma y para las obras nuevas los diseños son contratados por empresas que participen en el proceso de la invitación y el seguimiento es realizado por los integrantes de la oficina en mención.

Una vez terminada la etapa de diseño se le entrega al área de costos y presupuestos de la oficina de construcciones a través del formato de recibo de diseños y lista de chequeo, el cual contempla el registro fotográfico, planos, detalles especiales, especificaciones y presupuesto de cada una de las actividades del proyecto.

La oficina de construcciones se encarga de hacer la revisión y ajustes al presupuesto para el proyecto. Una vez realizada esta etapa se procede a la contratación, la cual se inicia con una invitación a empresas reconocidas en el sector, las cuales deben asistir a una visita técnica de obra y presentar una oferta cumpliendo con los requisitos establecidos en el documento de solicitud de ofertas, las cuales serán evaluadas jurídica, financiera y técnicamente, con el fin de terminar las empresas que se encuentran habilitadas y proceder a elegir la oferta económica más favorable para la entidad, la cual se realiza en una junta de adjudicación. La oficina de construcciones puede contratar hasta 162 salarios mínimos legales vigentes, si el presupuesto excede este valor el departamento de financiera analiza el balance del ofertante. Una vez adjudicado se realiza el contrato por la oficina jurídica con el acompañamiento del personal de contratación de la oficina de construcciones. De acuerdo al manual de "Normas y lineamientos generales de contratación.

Finalmente para cada obra nueva o de remodelación se asigna un residente de obra de construcción, el cual es un profesional de la oficina de construcciones, este procedimiento se realiza a través del diligenciamiento del formato de “Acta de Designación de Interventoría o Supervisión (IF-P12-F09)”, (Anexo No 2), dicho profesional es quien realiza la revisión constante de las actividades incluidas en los contratos y los requerimientos técnicos que se presenten en el desarrollo de ejecución de la obra, el cual realizara la respectiva liquidación de esta con el contratista mediante el acta de entrega y liquidación de obra, para la posterior entrega al campus de la universidad para su activación mediante el acta de entrega y recibo final a las unidades y a campus el cual se hace responsable del mantenimiento cuando ya no existan pólizas vigentes.

Partiendo del alcance del objeto de estudio y con el fin de identificar los procesos, el enfoque se realizó en la oficina de construcciones y en la oficina de desarrollo de planta física, debido a que son los dos principales departamentos que intervienen en la ejecución de los proyectos, se identificó los procedimientos, procesos y registros de cada una de las oficinas.

**Procedimientos, procesos y registros existentes:**

La Oficina de Desarrollo de Planta Física, cuenta con un procedimiento debidamente documentado de “PLANEACION Y DISEÑO DE PROYECTOS DE REMODELACION DE INFRAESTRUCTURA”, (Anexo No3), con un proceso de “DISEÑO DE OBRAS NUEVAS Y REMODELACIONES”, (Anexo No4), ya su vez, cuenta con la siguiente relación de registros:

*Tabla 2. Relación de Registros Oficina de Desarrollo de Planta Física.*

NOMBRE	CÓDIGO
Formato Acta de conciliación de necesidades de remodelación de infraestructura	IF-P11-F01
Formato Recibo de Diseños y Lista de Chequeo	IF-P12-F12
Formato Control de cambios de planos	IF-P11-F02

Fuente: Pontificia Universidad Javeriana.

Posteriormente se identificó los procedimientos, procesos y registros de la Oficina de Construcciones, identificando los siguientes: procedimiento para el “SEGUIMIENTO A LA EJECUCION, ENTREGA Y CIERRE DE OBRAS NUEVA Y REMODELACIONES”, (Anexo No5), procedimiento para la “ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS DE OBRA”, (Anexo No6), procedimiento para la

“PROGRAMACION DE OBRAS” (Anexo No7) con un proceso de caracterización de “*PROCESO DE EJECUCION ENTREGA Y CIERRE DE OBRAS NUEVAS Y REMODELACIONES*” (Anexo No8), proceso de “PROGRAMACIÓN DE OBRAS NUEVAS Y REMODELACIONES” (Anexo No 9) y a su vez cuenta con la siguiente relación de registros:

*Tabla 3. Relación de Registros Oficina de Construcciones.*

<b>NOMBRE</b>	<b>CÓDIGO</b>
Solicitud de materiales, equipo, mano de obra y diseños	IF-P12-F01
Acta de iniciación de obra	IF-P12-F02
Acta de aprobación de precios no pactados	IF-P12-F03
Acta de recibo obra parcial y/o final	IF-P12-F04
Acta de entrega y recibo final a las unidades y a Campus	F-P12-F05
Acta de entrega y liquidación de obra	F-P12-F06
Liquidación final y activación	IF-P12-F07
Acta comité de obra	IF-P12-F08
Acta de asignación de interventoría o supervisión	IF-P12-F09
Listado de activos nuevos de obra nueva o remodelación	IF-P50-F07
Registro de materiales o activos obsoletos de obras nuevas o remodelaciones	IF-P50-F06

*Fuente: Pontificia Universidad Javeriana.*

### **Procedimientos, procesos y registros por mejorar:**

Se debe mejorar el proceso de programación de obras nuevas y de remodelaciones y el procedimiento de programación de obras, incluyendo la programación específica de cada una de las obras, en donde se debe tener en cuenta la asignación de recursos y rendimientos en la programación, para determinar la duración real de cada obra, en donde en caso de presentarse un retraso este pueda ser remediado fácilmente mediante el incremento de recursos.

### **Procedimientos, procesos y registros por proponer:**

Se debe realizar un procedimiento para el manejo de los cambios, en donde se establezca claramente los pasos a seguir en caso de presentarse un cambio, quien sería el encargado de aprobarlo o rechazarlo y los requisitos que se deberían cumplir para su aprobación, como por ejemplo evaluar el impacto que este tendría en cuanto al cronograma, al costo y al alcance en el proyecto. Para

esto también debería crearse un documento para registrar los cambios, el impacto que ocasionaría y su aprobación o rechazo.

### **Gestión de cambios para las obras de construcción realizadas por la oficina de construcciones.**

Simultáneamente se identificó que para la gestión de cambios, se utilizan instrumentos de control, los cuales son el apoyo para la medición de la ejecución de la obra y como etapa previa a la implementación se realizaron los flujos del funcionamiento de los procesos más relevantes de la oficina de construcciones los cuales se desarrollaron con ayuda de algunos miembros de esta, los mencionados instrumentos son los siguientes:

1. Especificaciones técnicas.
2. Diseños.
3. Propuestas.
4. Contratos de obra.
5. Programación de Obra.
6. Presupuesto.
7. Formas de pago.
8. Bitácora de obra.
9. Procesos y Procedimientos de la Oficina de Construcciones (Correspondencia enviada y recibida).
10. Manejo de cambios.

Una vez se identificaron estos instrumentos, se continúa con el análisis de cada uno de ellos y se establece si se cuenta con un procedimiento a seguir para el control de los cambios, que impactan a los mismos.

#### **9.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

Se identificó que no se cuenta con un procedimiento establecido para su realización, de manera que estas son realizadas por la Oficina de Desarrollo de Planta Física, apoyándose en las características contenidas en los diseños, las cuales se encuentran apoyadas en la definición del alcance del proyecto.

##### **9.1.1.1 Control de Cambios:**

**9.1.1.1.1 Cuando es un proyecto de remodelación:** la interventoría interna a través del residente de obra, se encarga de evaluar la necesidad de una nueva especificación, si tiene lugar realiza la nueva especificación y esta es documentada a través del Acta de aprobación de precios no pactados, la cual es aprobada por el

residente de obra, el profesional del área de presupuesto, el jefe de la oficina de construcciones y el director de recursos físicos.

9.1.1.1.2 **Cuando se trata de una obra nueva:** se realiza con interventoría externa y de la siguiente forma:

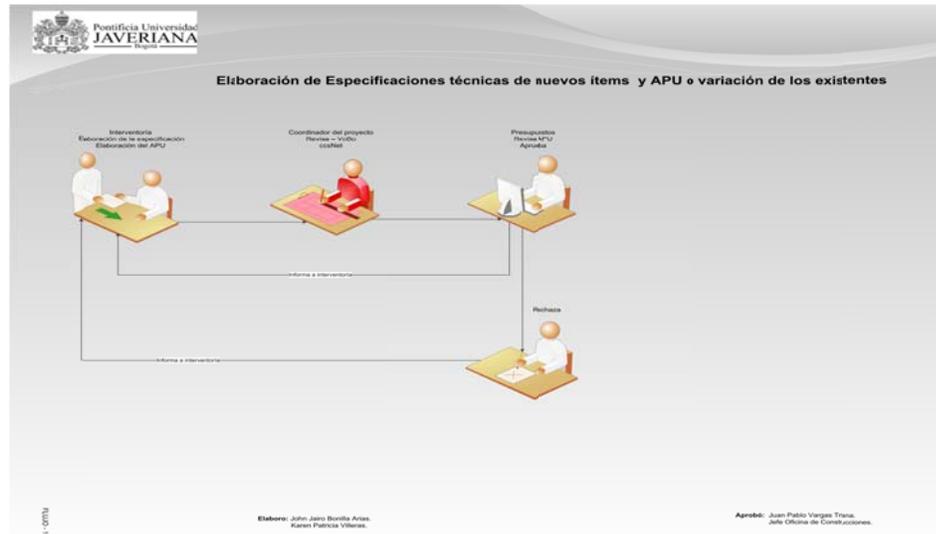


Fig. 10. Procedimiento encontrado para la elaboración y aprobación de nuevas especificaciones técnicas (Villeras, Bonilla 2011).

## 9.1.2 DISEÑOS:

Surge del Plan de Obras para el año en curso, el cual responde a la necesidad de infraestructura de cada una de las facultades de la universidad diligenciadas en el formato “Acta de conciliación de necesidades de remodelación de infraestructura (IF-P11-F01)”, (Anexo No10), dicho plan es suministrado por la Dirección de Recursos Físicos, una vez se cuente que el plan se procede a la definición del alcance del proyecto, Dependiendo del tipo de proyecto es decir, si es un proyecto de remodelación los diseños los realiza la Oficina de desarrollo de la planta física por medio de sus profesionales; si consiste en un proyecto de remodelación amplio o en una obra nueva se realiza una contratación externa para la ejecución de los mismos, el proceso a seguir se visualiza en el (Anexo No4).

9.1.2.1 **Control de Cambios:** Para manejar los cambios que se le realizan a los diseños ya sea en obras nuevas o en obras de remodelación, dichos cambios se registran en el formato “Control de cambios de planos (IF-P11-F02)”, (Anexo No11), en el cual se especifica el

plano, el contenido, se describe el cambio, la fecha en que se realizó y el VoBo de la Jefe de la Oficina de Desarrollo de Planta Física.

### 9.1.3 PROPUESTAS:

Se realiza una invitación por parte de la Pontificia Universidad Javeriana, posteriormente se efectúa una reunión con las empresas invitadas en donde se realiza una explicación del proyecto y se suministra el Documento de Solicitud de Oferta (DSO), el cual contempla los lineamientos a seguir para la entrega de las propuestas por cada participante del proceso, una vez entregada las propuestas se continua con la evaluación que es realizada de la siguiente forma:



Fig.11.Procedimiento encontrado para la adjudicación de contrato.  
Fuente: Pontificia Universidad Javeriana.

La propuesta presentada por la empresa ganadora forma parte integral del contrato a realizar.

### 9.1.4 CONTRATOS:

Se realizan de acuerdo al “Manual de normas y lineamientos generales de Contratación”; son realizados por la Oficina Jurídica, con el acompañamiento del personal de contratación de la Oficina de Construcciones, definiendo el tipo de contrato a realizar como son:

- **Contrato de Obra y Construcción**

- **Contrato de Suministro**
- **Contrato de Trabajo**
- **Contrato civil de prestación de servicios**

Una vez definido el tipo de contrato se establecen las pólizas a exigir, las Obligaciones del Contratista, y las demás cláusulas.

- 9.1.4.1 **Control de Cambios.** La Oficina de construcciones realiza seguimiento de acuerdo a las obligaciones mayor relevancia adquiridas en el contrato, y para cualquier tipo de modificación contractual (ampliación del plazo, suspensión de la ejecución, adición al objeto, otro sí, terminación anormal) el residente de obra deberá solicitar al área de contratación y compras de la oficina de construcciones quien se soportara de la Dirección jurídica para estos trámites.

#### **9.1.5 PROGRAMACIÓN DE OBRA:**

Surge con la determinación de los lineamientos y alcance de las necesidades de infraestructura de la Universidad y el procedimiento se realiza de acuerdo a lo establecido por el procedimiento documentado “*Programación de obras*”, sin embargo este es el esquema de como efectuar la programación de las obras a realizar por la Universidad, el enfoque de la realización de la programación para la obra a construir depende del tipo de proyecto se realiza de la siguiente forma:

- 9.1.5.1 **Obras de Remodelación:** Para este tipo de obra la programación es realizada por el Coordinador de Planeación de la Oficina de Construcciones, el seguimiento lo realiza el mismo es decir, la Interventoría Interna.
- 9.1.5.1.1 **Control de Cambios:** La interventoría interna realiza el respectivo seguimiento y si se requieren modificación que impacten lo esperado la decisión es analizada por el Coordinador de Planeación y por el Jefe de la Oficina de construcciones.
- 9.1.5.2 **Obras Nuevas:** Para este tipo de obra la programación es realizada por el contratista, y a la vez la interventoría la revisa y realiza un informe que contiene todas las consideraciones que consideren necesarias.



Las especificaciones de cada uno de los anteriores requisitos se describen en el formato “*Recibo de diseño y lista de chequeo (IF-P-F12)*”, (Anexo No12).

- Antes de comenzar la elaboración del presupuesto se debe definir el tipo de contratación, es decir ya sea a todo costo o segmentada por capítulos.
- El presupuesto es realizado en el software construplan de construdata.
- Para la elaboración del presupuesto se deberán utilizar los precios insumos aprobados por la Dirección de Recursos Físicos durante el año.
- El valor del presupuesto elaborado puede diferir del valor proyectado en el plan de inversiones.

El procedimiento se encuentra documentado por la Universidad en “*Elaboración de Presupuesto de Obra*”, (Anexo No6).

#### 9.1.6.2 Cuando se trata de proyectos de obra nueva:

Se revisa la conveniencia de subcontratar la elaboración del presupuesto, para lo cual el área de costos y presupuesto realiza la supervisión directa y complementara si es el caso lo entregado y consolidara toda la documentación para que el proyecto pueda ser ejecutado dentro de los lineamientos de la Universidad.

**Control de cambios:** Para el control de los cambios que impactan el presupuesto el procedimiento a seguir sea obra nueva o de remodelación es el siguiente:

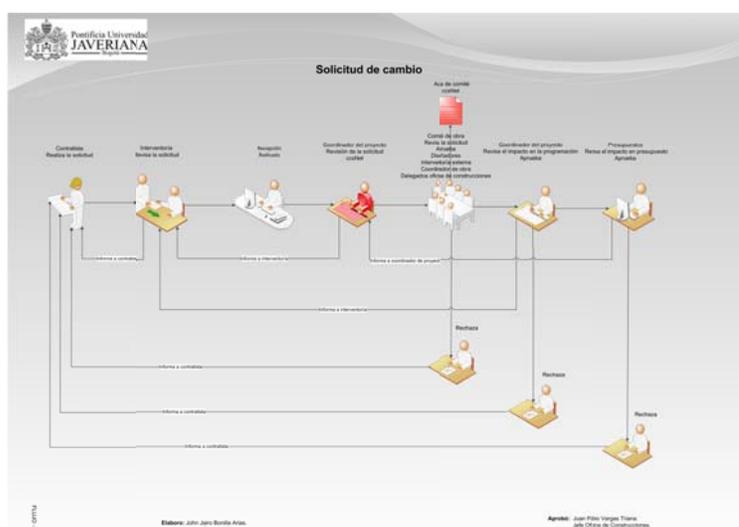


Fig.13. Procedimiento encontrado para aprobación de cambios que impacten el presupuesto de la obra (Villeras, Bonilla 2011).





El tiempo de observación fue de dos meses, en el cual se estudió la documentación que nos suministró la oficina de construcciones para la planeación, ejecución y cierre de cada uno de sus proyectos.

## Proyectos

### 1. Obras de Remodelación

Cafetería de la Biblioteca de la PUJ  
Facultad de comunicaciones piso 6  
Espacio público escaleras Bancolombia  
Baños Básicas  
Terrazas el italiano

### 2. Obra Nueva

Edificio el Ático

## 9.1.11 PARÁMETROS A CUANTIFICAR DE LOS PROYECTOS DE LA OFICINA DE CONSTRUCCIONES

- Cada uno de los proyectos conto con cinco contratistas.

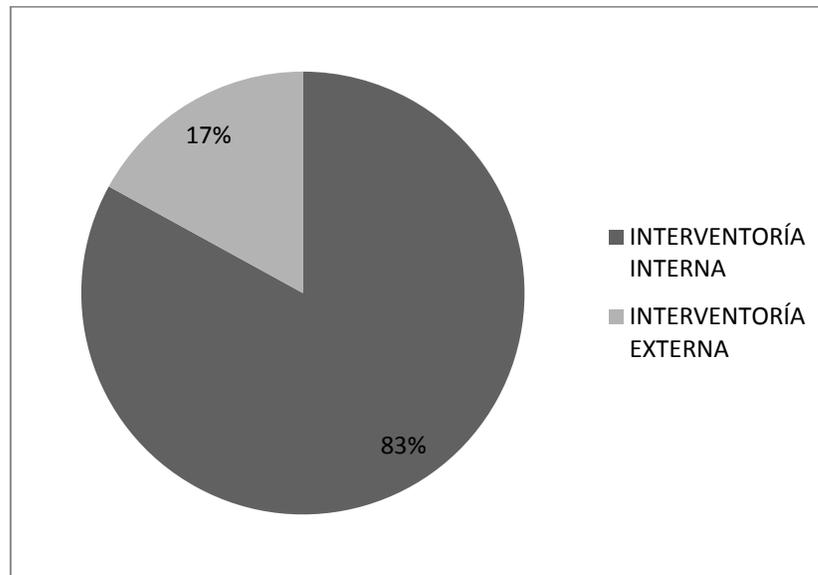


Fig.17. Tipos de interventoría en los proyectos.

- El número de empresas que participaron en los procesos de adjudicación para los contratos de obra fue de cinco para cada uno de los proyectos.

- La interventoría externa solo se aplicó en el proyecto el Ático, el cual conto en el proceso de adjudicación con seis proponentes de los cuales al que se le adjudicó el contrato fue a la empresa Consultecnicos.
- Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la selección del contratista fueron el precio y la experiencia.
- El tipo de contrato que se realizó para cada uno de estos proyectos fue de precios unitarios fijos.
- Duración de cada uno de los proyectos en meses:
  - Cafetería: 8 meses.
  - Facultad de comunicaciones: 9 meses.
  - Espacio público escaleras Bancolombia: 2 meses.
  - Ático: 18 meses.
  - Baños básicas: 3 meses.
- En todos los proyectos existieron cambios en las especificaciones técnicas, los cuales obedecieron a:
  - Cafetería de la Biblioteca: Tipo estructural.
  - Facultad de Comunicaciones :Ventilación
  - Escaleras Bancolombia: Acabados
  - Ático: de tipo estructural
  - Baños básicas: Acabados
  - Terrazas el Italiano: De tipo estructural

- Presupuesto para cada una de las obras:
  - Cafetería de la Biblioteca: No se contó con un presupuesto previo a la ejecución de la obra.
  - Facultad de Comunicaciones: \$1.200.000.000
  - Escaleras Bancolombia: \$250.000.000
  - Ático: \$24.000.000.000
  - Baños básicas: \$260.000.000
  - Terrazas el Italiano: \$450.000.000
  
- Las obras se realizaron con el presupuesto estimado:

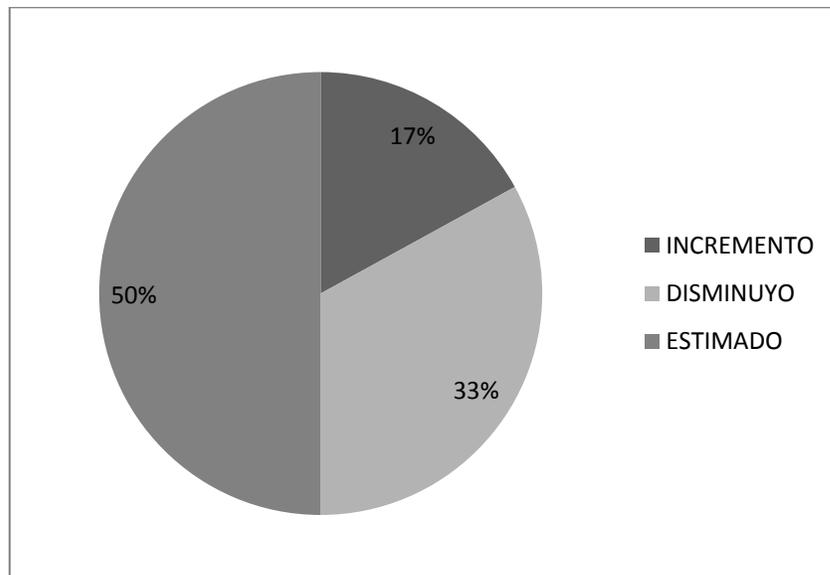


Fig.18. Diferencias con el presupuesto estimado de los proyecto.

El 17% de incremento del presupuesto con respecto a lo estimado obedeció al proyecto el Ático el cual contaba con un presupuesto inicial de \$24.000.000.000, dicho proyecto culminó con un costo \$28.000.000.000, la causa que llevó al incremento fue la ampliación del alcance.

- Solo el 50% de las obras se realizaron en el tiempo estimado.

- Causas que llevaron al incremento:
  - Cafetería de la Biblioteca: Definiciones del tipo estructural afectaron el proyecto.
  - Ático: Aumento en el alcance, imprevistos de obra.
  - Baños Básicas: Rendimientos de obra en cimentación y estructura.
  
- En todos los proyectos existieron cambios, los cuales obedecieron a:
  - Especificaciones técnicas
  - Proceso constructivo cimentación
  - Distribución de espacios por solicitud de la Pontificia Universidad Javeriana.
  - Instalaciones eléctricas
  - Concretos
  
- Cuáles fueron los instrumentos de control que utilizó la Oficina de Construcciones para controlar los cambios:
  - La bitácora de Obra
  - Manejo de Actas
  - Solicitudes en los comités
  
- En los proyectos no existió ningún tipo de demandas entre el contratista y el contratante.
  
- Los proyectos cuentan con un registro documental el cual se encuentra en el archivo de la oficina de construcciones.

- Existió algún tipo de inconveniente con los diseños:

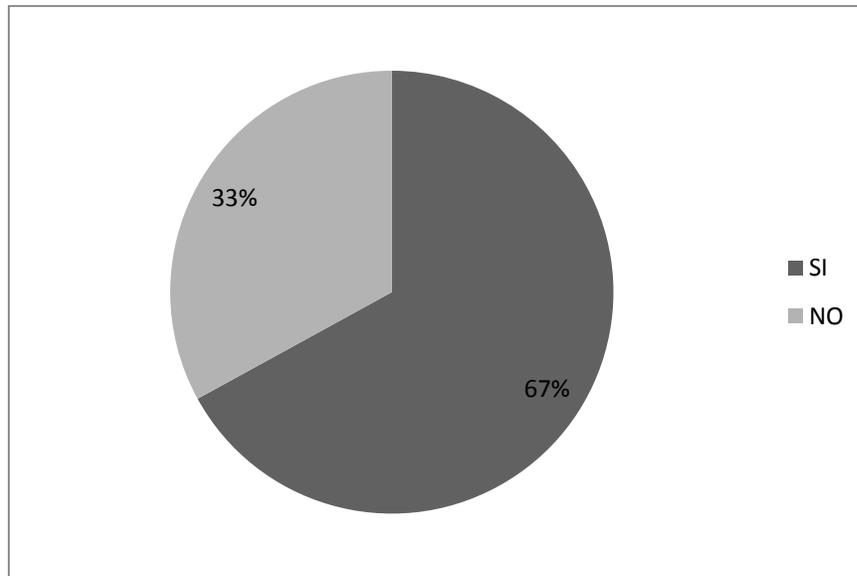


Fig. 19. Inconvenientes en los diseños de los proyectos.

Los inconvenientes en los diseños obedecieron a:

- De tipo estructural
- Coordinación de instalaciones
- Falta de detalles
- Cuantas modificaciones aproximadamente tuvieron los diseños en cada uno de los proyectos:
  - Cafetería de la Biblioteca: 3
  - Facultad de Comunicaciones: No tuvo
  - Escaleras Bancolombia: No tuvo
  - Ático: 20
  - Baños básicas:3
  - Terrazas el Italiano:3

## **9.2 Resultados de la aplicación de la metodología Configuration Management.**

Se definen las fases del proyecto las siguientes:

Iniciación

Planificación

Ejecución

Seguimiento y control

Cierre

En lo que concierne a la fase de iniciación del proyecto, esta fase parte de las necesidades de infraestructura identificadas en la universidad, cada facultad determina anualmente las necesidades que tiene con respecto a infraestructura, dichas necesidades son consignadas a través del formato de “*Acta de conciliación de necesidades de remodelación de infraestructura (IF-P11-F01)*.” En dicha acta queda establecidos los interesados en los proyectos, en resumen esta acta, es el acta de constitución del proyecto, en donde se parte para la asignación de recursos a cada uno de los proyectos determinando la priorización de los mismos. (Anexo No10).

En la fase de planificación, el proyecto Bioterio hace parte del plan maestro y de desarrollo urbanístico y arquitectónico de la planta física de la Pontificia Universidad Javeriana, el cual consiste en la realización de un análisis de las actuales instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, se elaboró un plan maestro y de desarrollo urbanístico y arquitectónico de la planta física, con visión prospectiva a 20 años, teniendo en cuenta las necesidades académicas y del medio universitario de la Universidad, lo establecido en su planeación estratégica 2007 – 2016, y las determinantes fijadas por el plan de regularización y manejo aprobado por la Secretaria Distrital de Planeación. Se definió de manera específica la forma y las condiciones bajo las cuales la Universidad va a adelantar las acciones necesarias, en aspectos urbanos y arquitectónicos al interior de sus predios con el fin de mejorar y consolidar las condiciones de su planta física y la prestación de sus servicios. De igual forma se proponen los proyectos de desarrollo futuro del campus universitario de acuerdo con las políticas que determina la universidad y según las estrategias de organización, funcionamiento y servicio que requiera implementar durante los próximos años. Este trabajo culmina un año después de haber realizado toda la recopilación de información de la planta física de la universidad y su historia, un diagnóstico de la situación actual, una formulación de diferentes escenarios a analizar y un informe final de las conclusiones sugeridas.

Para las obras contenidas en el Plan Maestro, se realiza un Plan de inversión en donde se consignan las obras que se van ejecutando a lo largo del año en curso, y conforme se avanza mes a mes se realiza el seguimiento de dicho presupuesto y tiempo asignado a cada proyecto, sin embargo se evidencio que este proceso en realidad no es un seguimiento debido a que mes a mes dependiendo de cómo surjan inconvenientes de atraso en lo programado, sencillamente se asignan más días y se colocan los recursos gastados, es decir el seguimiento carece de técnicas para asumir los atrasos presentados.

En cuanto a la etapa de cierre en el análisis del objeto de estudio se realizó en los estudios, diseños y en la ejecución de la obra hasta el corte No 2 del 08 de marzo de 2012, debido a que en nuestro cronograma está definido hacer el seguimiento hasta el 12 de abril, fecha en la cual estaba previsto la terminación de la obra, pero debido a que la terminación de esta no será posible en esta fecha, se realiza hasta el último corte aprobado por la Universidad.

### 6.2.1 Primera etapa: Proceso de gestión de configuración.

Se realizó el organigrama de la oficina de construcciones con la cooperación del personal de la misma, con el fin de identificar los niveles y responsabilidades de cada miembro de ella.

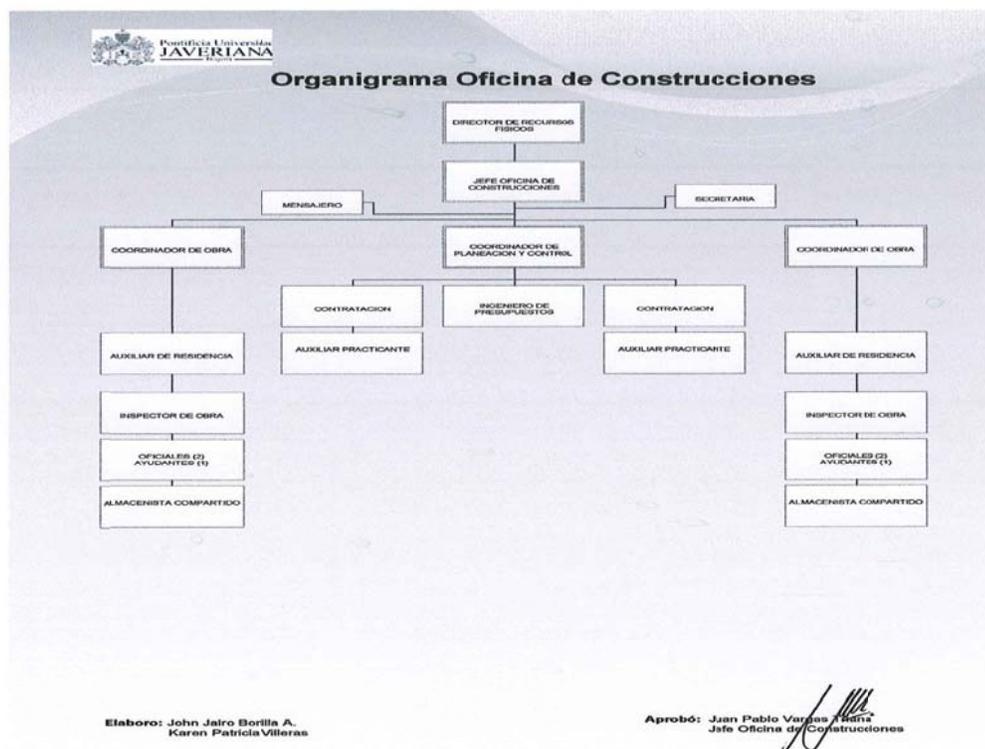


Fig.20. Organigrama elaborado de la Oficina de Construcciones Pontificia Universidad Javeriana. (Villeras, Bonilla 2011).

Posteriormente se identificó que la oficina de construcciones, no cuenta con un manual de funciones, sin embargo si existen formatos sobre las funciones de algunos de sus integrantes, pero la información contenida no cubría todas las funciones, partiendo de esto con cooperación de cada uno de los integrantes, se procede a la recolección de información de los cargos y funciones que desarrollan cada uno de ellos, con el fin de especificar sus responsabilidades y su respectivo nivel de autoridad, estas funciones quedaron documentadas en los respectivos formatos, (Anexo No13).

Simultáneamente, se realizan los flujos de los procedimientos a seguir en el momento de la ejecución de la obra, en cooperación y aprobación de la oficina de construcciones, identificando las deficiencias en cualquier procedimiento y mejorándolas, a su vez, ajustándolos al proyecto en específico. (Anexos No14).

Por otra parte, se realiza el organigrama de la obra edificio BIOTERIO (Anexo 15) con la cooperación del personal de la oficina de construcciones, con el fin de identificar las interacciones entre el propietario del proyecto y los contratistas.

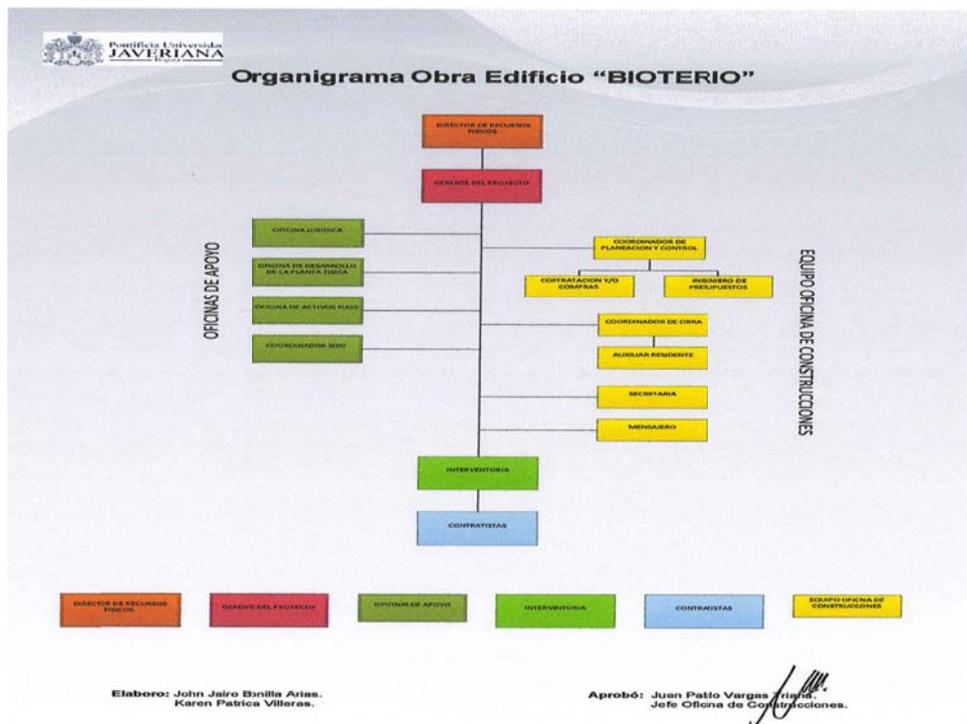


Fig.21. Organigrama elaborado para la obra de edificación BIOTERIO (Villeras, Bonilla 2011).

Culminando la etapa del proceso de gestión de la configuración se determinan cuáles son las herramientas y procedimientos a usar para proporcionar una efectiva dirección, administración y control del proyecto.

## **Procedimientos:**

- Diseños.
- Estudio de suelos.
- Especificaciones técnicas cimentación y estructura Ed. "BIOTERIO".
- Recibo de diseños y lista de chequeo.
- Acta de elaboración de presupuestos de obra.
- Entrega de presupuestos al área de compras.
- Acta de designación de interventoría o supervisión.
- Manual de contratación.
- Compra de bienes y servicios administrativos.
- Acta de audiencia de aclaraciones y visita de obra.
- Requisitos de manejo de seguridad industrial y salud ocupacional.
- Acta de iniciación de obra.
- Procedimiento de seguimiento a la ejecución, entrega y cierre de obras nuevas y remodelaciones.
- Procedimiento, ejecución, entrega y cierre obras nuevas y remodelaciones.
- Acta de comité de obra.
- Solicitud de materiales, equipo, mano de obra y diseños.
- Cantidades de obra.
- Acta de aprobación de precios no pactados.
- Acta de recibo de obra parcial y/o final.
- Acta de entrega y liquidación de obra.
- Liquidación final y activación.
- Acta de entrega y recibo final a las unidades y a campus.
- Compra de activos fijos.
- Documento de solicitud de ofertas (DSO), con el sistema de "Conformación dinámica de ofertas".

### **6.2.2 Segunda etapa: Proceso de gestión de documentos.**

En cuanto al proceso de la gestión de documentos, todos los documentos que se generan en el trascurso del proyecto, se manejan, rastrean y almacenan, en este proceso se cuenta con el archivo de todos los cambios, versiones y comunicaciones relacionadas con la aprobación de documentos, es decir los documentos de referencia (línea base), incluyen el historial de las revisiones de los mismos. (Anexo 16).

De la misma manera, una vez identificadas las entregas contractuales, se registra la programación de las mismas, procesando la aceptación o rechazo de estas, al mismo tiempo se cuantifica el listado de los documentos específicos, que deben estar incluidos en el paquete de la entrega.

Simultáneamente se cuenta con un historial sobre las solicitudes de información o cambios realizados por parte del contratista de obra, y por el contratista de la interventoría.

Finalmente, los resultados de las actividades mencionadas anteriormente, se consolidan y son utilizadas como pautas para el proceso de la liquidación de los contratos.

Por otra parte, y antes de iniciar la ejecución de la obra, se realiza la revisión de los documentos principales, con el fin de que una vez se proceda a la fase de ejecución, se hayan evidenciado las modificaciones realizadas a los mismos.

### **6.2.3 Tercera etapa: Proceso de la gestión de la línea base.**

Se realizó la programación macro del proyecto, la cual está compuesta por, los entregables administrativos del contrato de la estructura (Anexo 17), así como, las actividades necesarias para la construcción de los preliminares, cimentación y estructura de la obra, esta se basó en la programación entregada por el contratista de la estructura, con fecha de inicio del 28 de noviembre de 2011 y fecha de terminación del 11 de abril de 2012, la que se tuvo que modificar, debido a que el proceso constructivo que se tenía previsto por el contratista para la ejecución de los muros anclados y la construcción de la cimentación, no era viable, por las precarias condiciones de seguridad del talud a intervenir y estabilidad del edificio de la comunidad, según recomendación del ingeniero Alfonso Uribe, quien fue el que realizó el estudio de suelos; por tal razón, la programación definitiva de la línea base, quedó con fecha de inicio el 28 de noviembre del 2011 y fecha de terminación del 25 de mayo de 2012. A la programación, se le asignaron recursos correspondientes con el presupuesto de la línea base, para poder tener de esta forma, un control de costos correspondiente con la programación de la obra.

Por otro lado, se realizó el cálculo de las cantidades de obra de los preliminares, cimentación y estructura, se revisaron los precios unitarios presentados por el contratista de los preliminares, la cimentación y la estructura, después del proceso de subasta a la inversa; también se estableció el porcentaje de incidencia de la interventoría, con respecto al total del proyecto.

Se desarrolló, el desglose de los costos por capítulos del presupuesto (Anexo 18), establecido como línea base, el cual fue el aprobado, después de la subasta inversa en la que se le adjudicó el contrato a la empresa latinoamericana de la construcción (LATCO).

La elaboración de la lista de entregables, tomó como base los documentos contractuales y la programación de obra, la cual es parte de la línea base, encontrándose que la mayoría de estos entregables no se realizaron en las fechas establecidas.

La revisión de las especificaciones técnicas, se orientó a analizar si estas describen claramente el tipo de actividad, los procesos a realizar, los materiales que se deben utilizar, los requerimientos de estos y los correspondientes ensayos, también se describen consideraciones a tener en cuenta para la correcta ejecución de los trabajos, la unidad de medida y la forma de pago establecida. El análisis realizado determinó un óptimo nivel de calidad de las especificaciones técnicas contempladas.

#### **6.2.4 Cuarta etapa: Proceso de la gerencia en los cambios del contrato**

Se realizaron las órdenes de cambio (Anexo 19), de las obras adicionales y las obras extras, en las primeras fue aprobada las mayores o menores cantidades y en las segundas se aprobó el precio unitario, pero no se definieron las cantidades de estas obras por parte del contratista.

Al presentarse obras extras en el contrato, el contratista generó un análisis de precios unitarios, el cual fue revisado por la interventoría y por la oficina de construcciones y después de un minucioso análisis, fueron aprobados los precios unitarios.

Se cuenta con el historial de la toma de decisiones de todos los cambios ocurridos en el proyecto, mediante los cuales se puede ver en cualquier momento las causas que los generaron y las personas que intervinieron en estos.

### 6.3 Resultados de la aplicación de la metodología con base en el sistema de control de contratos ccsNet de las actividades y costos críticos del proyecto.

Como resultado de la implementación de Configuration Management se analizaron las órdenes de cambio que se subieron al sistema ccsNet, se presentaron dos situaciones:

En la primera situación se presentaron obras adicionales, las cuales se encuentran definidas y contempladas en el contrato de obra, aunque estas no estén dentro de las cantidades de obra previstas, estas fueron:

*Tabla 4. Cuadro de mayores y menores cantidades (Balance del contrato)*

CONTRATO No. DJ0 - 391 - 11		CONTRATISTA: LATINOAMERICANA DE LA CONSTRUCCION S.A.						
		OBRA: ESTRUCTURA EDIFICIO BIOTERIO						
ITEM		CONTRATADO				AJUSTADO MAYORES Y MENORES CANTIDADES		
No	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL	MAYORES O MENORES CANTIDADES	CANTIDAD TOTAL	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>				\$ 32.128.674			\$ 13.324.800
1,1	<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>							
1.1.12	Demolición de anillos temporales constructivos en concreto (Incluye trasiego, retiro y disposición final de escombros)	M3	11,00	\$ 163.710,00	\$ 1.800.810	47,83	36,83	\$ 6.029.292
1,2	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS</b>							
1.2.2	Excavación manual caissons (Incluye trasiego, retiro y disposición final de material sobrante)	M3	246,00	\$ 123.284,00	\$ 30.327.864	305,18	59,18	\$ 7.295.508
<b>2</b>	<b>CIMIENTOS</b>				\$ 66.939.348			\$ 10.770.458
2,1	<b>CIMIENTOS</b>							
2.1.4	Construcción de anillos temporales constructivos en concreto F'c.: 3.000 PSI	M3	11,00	\$ 475.684,00	\$ 5.232.524	48,89	37,89	\$ 18.025.320
2.1.5	Construcción de caissons en concreto (anillos + fuste) F'c.: 3.000 PSI	M3	148,00	\$ 416.938,00	\$ 61.706.824	130,60	-17,40	\$ -7.254.862
<b>TOTAL COSTO DIRECTO OBRA ORIGINAL</b>					\$ 99.068.022			\$ 24.095.258
<b>COSTO DIRECTO</b>					\$ 99.068.022			\$ 24.095.258,00
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>								
ADMINISTRACIÓN (26.5%)					\$ 26.253.025,83			\$ 6.385.243,37
IMPREVISTOS (0,0)					\$ -			\$ -
UTILIDAD (3%)					\$ 2.972.040,66			\$ 722.857,74
<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO + INDIRECTOS</b>					\$ 128.293.088,5			\$ 31.203.359,1
IVA 16% / UTILIDAD 3%					\$ 475.526,5			\$ 115.657,24
<b>GRAN TOTAL</b>					\$ 128.768.615			\$ 31.319.016

En esta primera situación, se presentaron los siguientes resultados: Se autorizó la construcción de los caisson desde el nivel 0.00 debido a que los anclajes de los muros fallaron presentado retrasos en la obra, para efectos, el ingeniero Alfonso Uribe recomienda, que el proceso constructivo debe realizarse de la siguiente manera: Primero se realizaran los muros del nivel superior y hasta tanto estos no estén debidamente anclados no se podrá avanzar a los niveles inferiores, ya que se podría presentar inestabilidad del talud; Lo cual obliga a realizar cantidades adicionales a las previstas inicialmente en el presupuesto de la línea base, las cuales son:

Demolición de anillos temporales constructivos en concreto, la cual pasa de 11 m<sup>3</sup> a 47,83 m<sup>3</sup>, teniendo un aumento de 36.83 m<sup>3</sup> que corresponde al 334.82% que conlleva un sobrecosto para la universidad de \$6.029.292. Excavación manual de caisson la cual pasa de 246 m<sup>3</sup> a 305,18 m<sup>3</sup>, teniendo un aumento de 59.18 m<sup>3</sup> que corresponde al 24.06 % que conlleva a un sobrecosto para la universidad de \$7.295.508.

En el capítulo de cimientos se presentó aumento de las cantidades de construcción de anillos temporales constructivos en concreto F`c: 3000 PSI, la cual pasa de 11 m<sup>3</sup> a 48.89 m<sup>3</sup>, aumentándose la cantidad en 37.89 m<sup>3</sup> que corresponde al 344,45 % que corresponde a un sobrecosto para la universidad de \$18.025.320.

En este capítulo también se presentó una disminución en la cantidad de la construcción de caissons en concreto (anillos + fuste) F`c: 3000 PSI, debido a que se encontró terreno firme antes de lo esperado y después de un análisis del ingeniero Alfonso Uribe el cual realizo el estudio de suelos, se autorizó a realizar la cimentación de los caisson un metro antes de estipulado en el estudio de suelos, por lo cual esta cantidad paso de 148 m<sup>3</sup> a 130.60 m<sup>3</sup>, disminuyendo en -17.40 m<sup>3</sup> lo cual corresponde a un ahorro de -\$7.254.862.

En la segunda situación, se detectó, la necesidad de realizar unas obras extras, las cuales según la definición que se establece en el contrato de obra, son las que además de no estar en los planos o en las especificaciones o en el documento de solicitud de ofertas, no pueda clasificarse entre las previstas en tales documentos; a estas obras se les creo la solicitud de cambio; pero según la clausura del contrato y reglas establecidas en la gestión de la configuración de este proyecto, las obras extras y adicionales no podrán ser aprobadas hasta tanto no estén aprobadas por la universidad las cantidades de obra y precios unitarios, como consta en los siguientes párrafos del contrato. "Toda obra extra solo podrá ser ordenada por la universidad mediante comunicación escrita enviada al contratista, previa estipulación de precios y plazo en el evento de en qué dicha obra llegare a afectar el aumento de obra." Así mismo toda obra adicional podrá ser ordenada por la universidad mediante comunicación escrita enviada al contratista y se

pagara de acuerdo a los precios unitarios fijos que aparecen en la oferta del contratista.

En la siguiente tabla se observan los precios unitarios de las obras extras aprobadas.

*Tabla 5: Precios unitarios de las obras extras aprobadas*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>
Acometida adicional provisional eléctrica	ML	\$67.396,00
Tala de árboles mayores a 10 metros	UND	\$1.276.000,00
Corte servicio de gas	UND	\$193.322,00
Concreto ciclópeo	M3	\$290.693,00
Viga cabezal muros anclados	M3	\$572.091,00
Sellos juntas entre columnas y muro de contención	ML	\$16.549,00
Impermeabilización externa con igol denso	M2	\$24.208,00
Relleno compactado con material de sitio	M3	\$33.153,00
Dren horizontal 2"	ML	\$91.715,00
Anclajes con epóxico para varilla 3/8"	UND	\$3.625,00

En la tabla anterior se observan los precios unitarios aprobados de las obras extras, pero no se efectúa la cuantificación de las cantidades lo cual es un requisito contractual en los contratos de obra y de interventoría la cual tiene la responsabilidad de cuantificar estas cantidades.

Por lo cual, como no están definidas las cantidades de las obras extras, aun no se puede hacer el análisis ni medir el costo definitivo de estas en el proyecto, por lo tanto se registra en el sistema el aviso de cambio y se colocan los valores unitarios de esta actividad, pero no se puede hacer el análisis del impacto en el presupuesto hasta tanto no sean entregadas estas cantidades y firmado un otro si para la correspondiente legalización en el contrato.

Al realizar el seguimiento a los entregables administrativos y de obra, se observó que la mayoría de estos, habían incumplido su fecha de entrega, según la programación que se había establecido de estos en la línea base, para la aplicación de la metodología y el seguimiento del proyecto.

## **6.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA METODOLOGIA DE CONFIGURATION MANAGEMENT Y DE LOS PROCESOS DE LA OFICINA DE CONSTRUCCIONES**

### **6.4.1 Ventajas de la metodología de Configuration Management**

Realiza una planeación detallada del proyecto en donde se define el flujo de los procedimientos de trabajo, roles de cada uno de los involucrados, niveles de responsabilidad y autoridad.

Identifica las interacciones entre el propietario del proyecto, los consultores y el contratista.

Define herramientas y procedimientos usados para una efectiva dirección, administración y control del proyecto.

Establece cada uno de los entregables del proyecto, lo cual permite tener un mayor control de este, ya que no solo se considera la entrega final del producto para el cumplimiento, sino las actividades parciales que integran este, lo cual permite medir más claramente el avance.

Realiza el seguimiento y control de toda la documentación del proyecto, correspondencia, especificaciones, planos, entregas contractuales, solicitudes de información/cambio, liquidación, con lo cual se tiene registro de todo lo ocurrido en el proyecto, de quien lo autorizo y trazabilidad de las versiones de cada uno de los documentos que se presentaron en este.

Se realiza una línea base bien definida, en donde se establezca claramente el ámbito de trabajo, plazo, presupuesto, costos, contratos, especificaciones, manuales y material de entrenamiento.

Implementa la gestión del cambio que es el proceso de aprobar (o negar) los cambios que impactan el alcance, el programa y el presupuesto del proyecto. La planificación de la metodología Configuration Management proporciona las reglas impuestas por la gestión del cambio proporcionando una historia detallada del proyecto.

La metodología de Configuration Management recomienda tener un Project management como responsable desde el inicio de este, incluso desde la etapa de planificación.

Establece las contingencias para el proyecto.

Cuenta con la totalidad de los archivos en medio magnético gracias al software ccsNet, lo cual permite tener la información al instante sin perder tiempo en la búsqueda de la misma.

#### **6.4.2 Desventajas de la metodología de Configuration Management**

Se necesita de una mayor asignación del recurso humano para la aplicación de la metodología, dado que esta depende de una línea base muy bien detallada, la cual requiere de un personal idóneo para su realización.

El proceso de transición para la aplicación de la metodología es una barrera para la gestión y el control de cambios.

Al indagar sobre cada una de las funciones y responsabilidades, los empleados presentan resistencia a que se les evalúe su trabajo.

Si no se cuenta con una línea base muy bien definida la metodología no es suficientemente eficiente.

No es conveniente utilizarla en proyectos en ejecución ya que su tiempo de implementación es demorado y necesita de interacción y capacitación de los involucrados, por lo cual no daría buenos resultados.

El manejo de documentación en proyectos grandes necesita de realizarse mediante un software especializado para que pueda ser eficiente, debido a la gran cantidad de información que se necesita manejar.

#### **6.4.3 Ventajas de los procesos de la oficina de construcciones**

La oficina de construcciones presenta una serie de macro procesos y procesos, los cuales se encuentran documentados, en manuales, diagramas y formatos, que permiten tener un control de un gran número de situaciones

que se presentan en la etapa de diseño, construcción y remodelación de obras de construcción.

Se cuenta con el apoyo de otras dependencias de la universidad para aunar esfuerzos y llevar a cabo de la manera más óptima las etapas de diseño, planeación y control, de varias etapas que conforman el proyecto.

Presenta un modelo de contrato muy bien elaborado, el cual expresa claramente los pasos a seguir en situaciones, que se presentan comúnmente en las obras a realizar.

#### **6.4.4 Desventajas de los procesos de la oficina de construcciones:**

No se presenta una línea base completa y detallada del proyecto, debido a que la programación es realizada por el contratista y esta no presenta un nivel de detalle suficiente, ya que no presenta recursos y en caso de tener retrasos no se podrían modificar estos para reprogramar y así poder cumplir con el tiempo programado, tampoco se podría establecer la lista de insumos y la fecha de llegada oportuna de estos a obra para evitar retrasos.

En el presupuesto se presentan varios análisis de precios unitarios (APU) globales, lo que no es muy recomendable, ya que no se puede tener claridad de los insumos necesarios para la realización de este, y en caso de algún cambio dentro de la especificación, no se podría establecer claramente el valor de este cambio, teniendo que aceptar el nuevo precio que diera el contratista.

No presentan un procedimiento completo de gestión de cambios, en donde se establezca el control y seguimiento de este, para establecer los posibles impactos en el proyecto.

No se presenta la totalidad de los documentos del proyecto en medio magnético y en caso de pérdida de uno de estos se perdería la información contenida en este.

El concepto de reprogramación lo manejan erradamente, ya que este lo que intenta es cumplir con la línea base original mediante la asignación de recursos, pero ellos aceptan nuevas programaciones presentadas por el contratista, aumentando con ello los tiempos del proyecto, con lo cual no toman en cuenta la línea base original.

Se presenta la figura del interventor para el seguimiento y control de la programación, pero este no le exige al contratista una programación con el nivel de detalle adecuado para poder realizar el óptimo control.

No tienen documentada los roles y responsabilidades de todos los empleados de la oficina de construcciones.

En general no se dan las buenas prácticas de gestión de proyectos, hay un desconocimiento de estas y sobre los lineamientos del Project Management Institute (PMI).

El tipo de contrato manejado es de precios unitarios fijos sin fórmula de reajuste, pero el que posee menos riesgos para la universidad, es el de precio global fijo o llave en mano.

Los contratos que actualmente se presentan, están bien elaborados, pero en la realidad no se cumplen a cabalidad, debido a que las clausuras dicen claramente el proceso a seguir pero este no se cumple de la manera exacta ha como está establecido.

Se pide que se presente un programa de trabajo el cual incluye entregas parciales con actividades bien definidas y fechas exactas, pero en la realidad estas fechas son modificadas.

Los cronogramas en los procesos no se cumplen a cabalidad ya que se modifican según conveniencia y se presentan muchos retrasos y en la ejecución de la obra también se presentan retrasos debido a no respetar la línea base. Se deben tener fechas definidas para la duración de las diferentes etapas de diseño, planificación, contratación y ejecución para tener un mayor control de los proyectos y así lograr el cumplimiento previsto en el plan maestro.

#### **6.4.5 Beneficios de la implementación de Configuration Management:**

Los beneficios de la metodología de Configuration Management es que ofrece una integración de la estructura organizacional en el proceso de la gerencia de proyectos, en el cual se unen los diferentes departamentos que conforman la estructura de la entidad. Dejando atrás una organización tradicional en la que cada uno de los departamentos funciona independientemente.

## Organización tradicional

Gerente de control del proyecto



- Control de la programación
- Control de costos
- Estimación de costos
- Control de documentos.



Fig.22 Estructura organizacional tradicional.  
Fuente: Paco technologies 2011.

## Organización recomendada



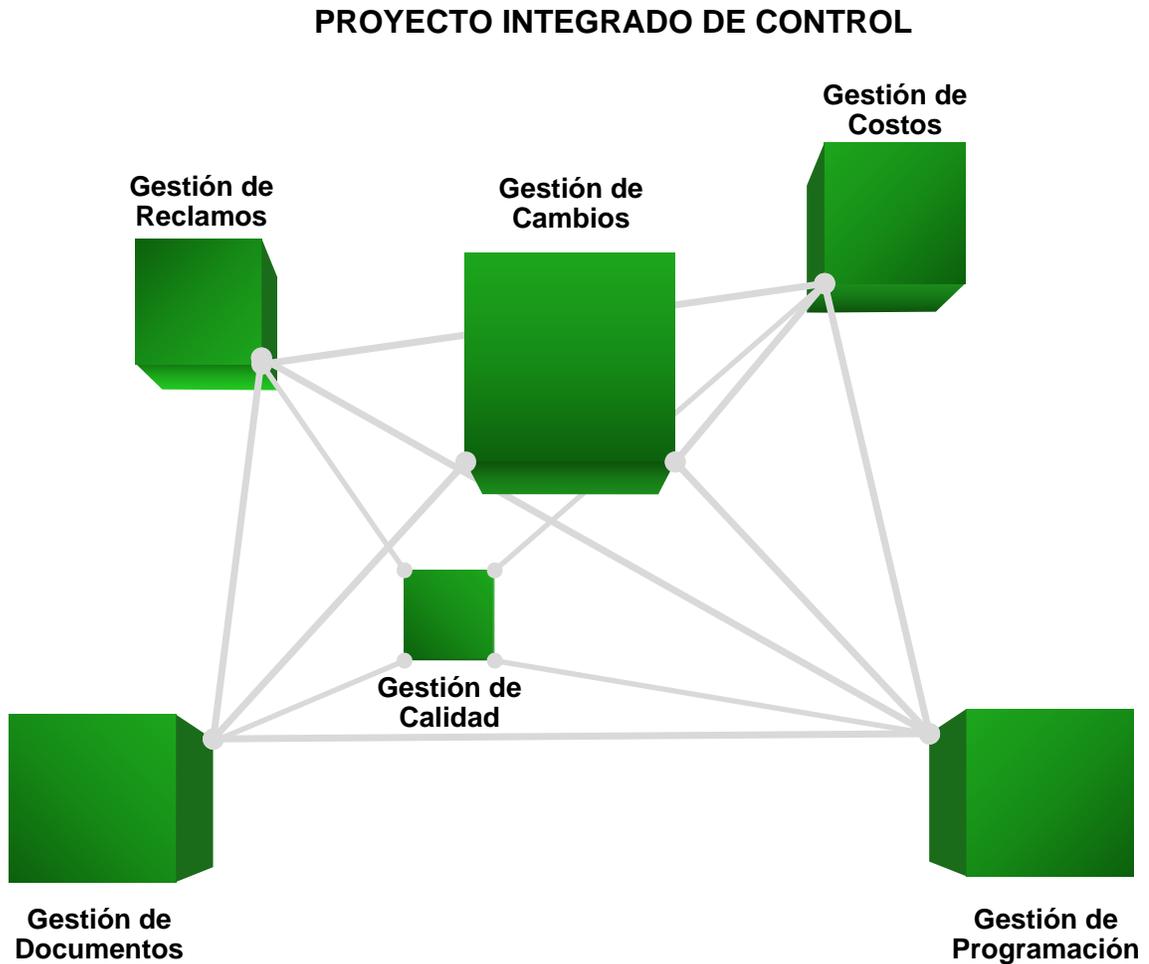
“Gerente de la configuración”

- Control de la programación
- Control de costos
- Estimación de costos
- Control de documentos.



Fig.23 Estructura organizacional recomendada  
Fuente: Paco technologies 2011.

Con la unificación de los departamentos se puede tener un control integrado de cada proyecto.



*Fig. 24. Control integrado de proyectos.  
Fuente: Paco technologies 2011.*

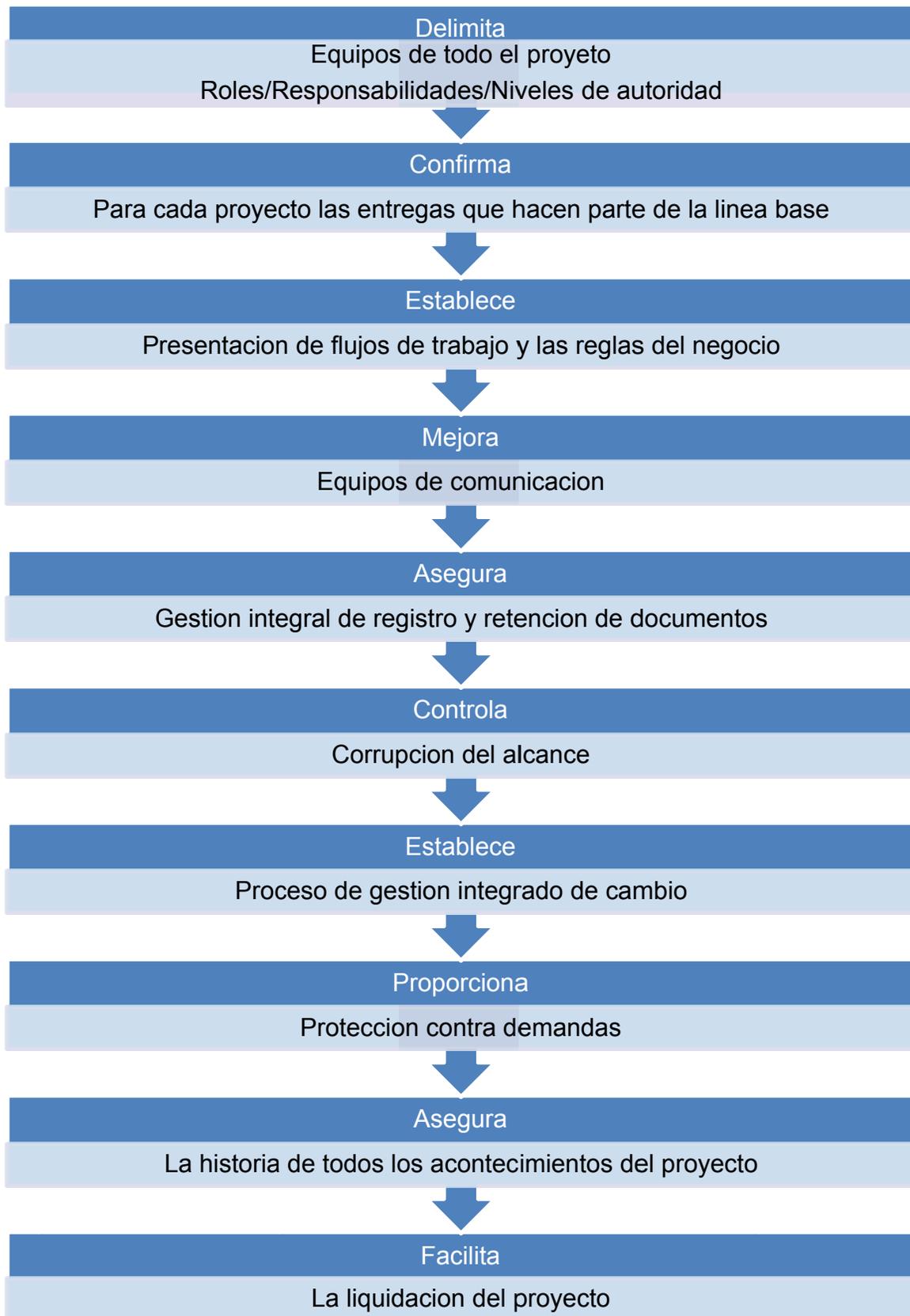
Una vez se tiene el control integrado del proyecto los beneficios que ofrece la metodología son los siguientes:

Realizar un control integrado de cambios, el cual consiste en revisar todas las solicitudes de cambio, aprobar o rechazarlas y gestionar los cambios a los entregables y a los documentos del proyecto, este control debe realizarse en toda la duración del proyecto y los cambios deben mantenerse actualizados de una manera continua y rigurosa de tal forma que solo los cambios autorizados por escrito sean incorporados a la línea base revisada.

También se deben coordinar todos los cambios de tal manera que se evidencie el impacto que estos generaran en el proyecto, por ejemplo el cambio en el cronograma muy posiblemente generara un impacto en el costo, el riesgo, la calidad y los recursos humanos. (Project Management Body Of Knowledge, 2008).

Otros de sus beneficios son:

- Acceso eficaz para corregir la información.
- Única fuente de origen de datos.
- Intercambio de información eficaz.
- Líneas base comunes.
- Revisiones de diseños eficientes.
- Eficiente revisión y evaluación del impacto de los cambios.
- Una base común para las decisiones de cambio.
- Mitigar los impactos del costo, calidad y programación.



A continuación se muestra un resumen de la arquitectura de **ccsNet** en el **Diagrama 1.7-1**. Un servidor albergará la aplicación **ccsNet** y la base de datos del proyecto. La aplicación **ccsNet** está en constante comunicación bidireccional con la base de datos trasera (backenddatabase). Los usuarios pueden acceder a la aplicación vía Internet utilizando el navegador MS Internet Explorer 6.0 en adelante en cualquier computadora con sistema operativo Windows y que tenga una conexión de internet. **CcsNet** utiliza una interfase Web en el frente para interactuar con el usuario. **CcsNet** puede reconocer scanner con el Standard “Twain compliant” así como impresoras conectadas en red o locales.

### Requisitos del servidor para ccsNet

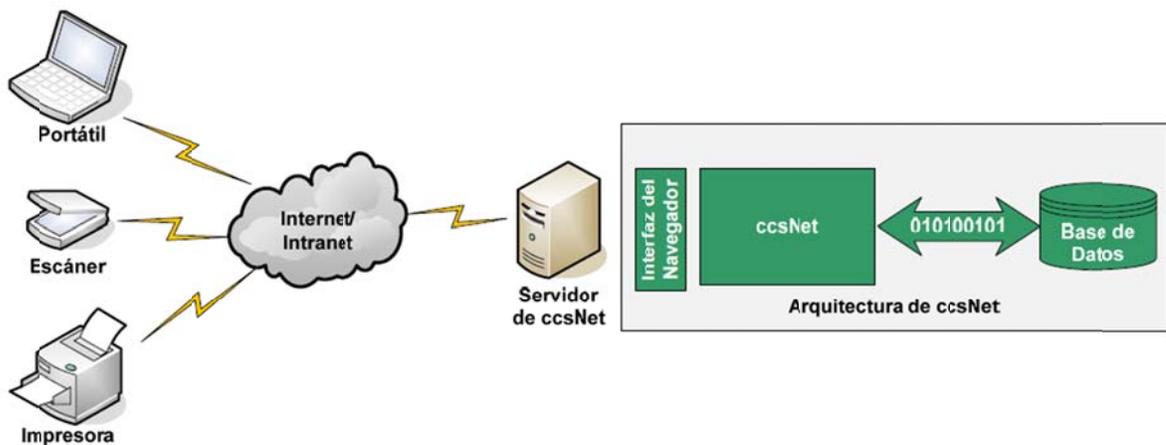


Fig.25 Diagrama requisitos del servidor para ccsnet

Fuente: Paco technologies 2011.

**CcsNet** es una aplicación Web diseñada para controlar y administrar contratos entre cliente y contratista basada en los principios de administración de la configuración. **CcsNet** está diseñada desde la perspectiva del cliente y fue desarrollada para cumplir las necesidades específicas de proyectos de infraestructura y la industria de construcción. Aplicando los principios que guían la administración de la configuración, **ccsNet** permite al cliente y sus representantes auditar efectivamente la historia completa del proyecto. Además el sistema permite a todas las partes involucradas examinar cualquier fase del proyecto y revisar la evolución de las decisiones, atrasos al programa, o incrementos en los costos del proyecto y poder ver todos los documentos relacionados, registros, comunicaciones y partes involucradas en esos eventos y decisiones críticas.

## Estructura para la implementación del ccsNet

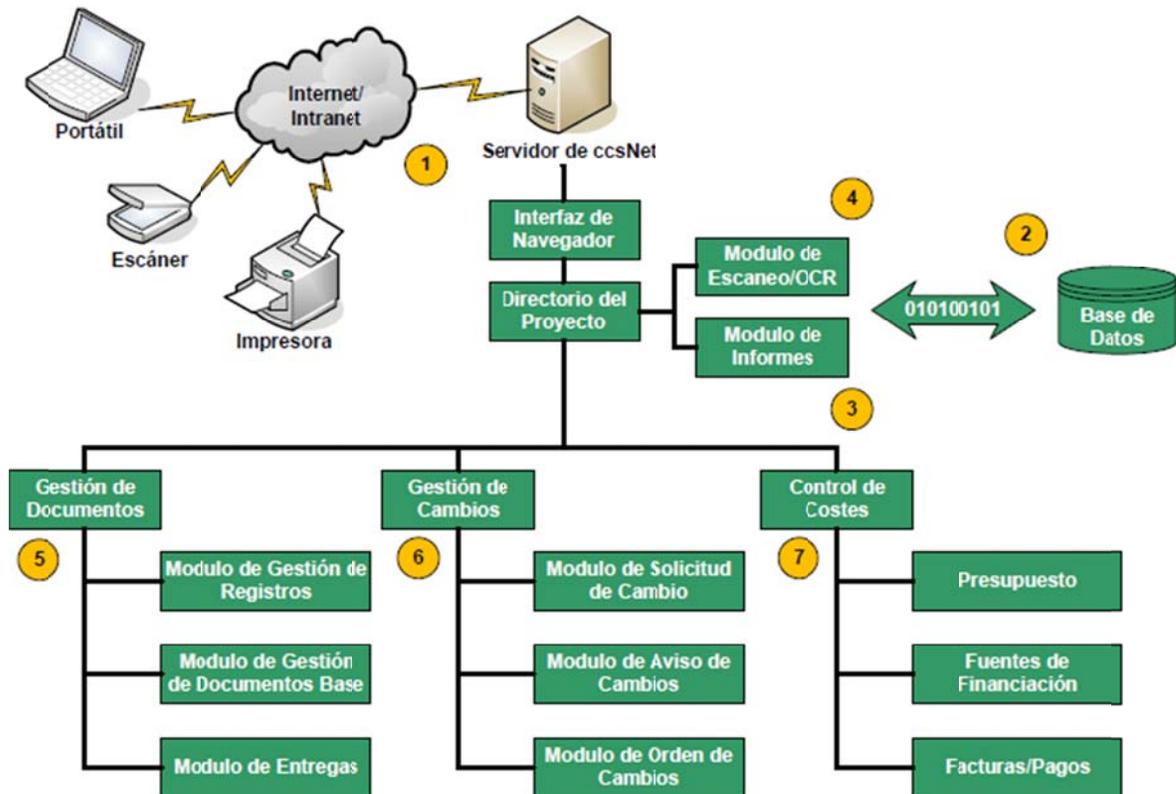


Fig.26 Estructura para la implementación del ccsnet

Fuente: Paco technologies 2011.

## Beneficios

### Gestión de registros

Asignación automática de números secuenciales.

Captura de datos más importantes para fácil y rápido acceso.

Flexibilidad para rastrear múltiples registros de documentos.

Programa integrado con fechas y periodos para retención de documentos

Capacidad para hacer referencias, ligar registros y cruzar información entre los diferentes módulos.

Flujos de Trabajo y asignación de tareas para el rastreo y gestión de la correspondencia

Escaneo o descarga de documentos electrónicos desde la red o computadora local a **ccsNet**

Documentos Electrónicos disponibles para consulta y distribución electrónica.

Reconocimiento Óptico de Caracteres en documentos que permite realizar búsquedas de texto en los documentos

Capacidad de mantener un registro e historia de la distribución de los documentos.

### **Control de documentos base**

Capacidad para aplicar Administración de la Configuración a Dibujos/Documentos. Documentos electrónicos disponibles para verse y consultarse.

Rastrea y Control a las revisiones de Documentos/Dibujos

Permite referenciar y enlazar los avisos de cambios que afectaran o modificaran los documentos base.

Permite hacer referencias cruzadas con otros Dibujos/Documentos y con otros registros en otros módulos.

### **Control de Costos**

El módulo de control de costos se utiliza para gestionar y controlar los presupuestos de los diferentes elementos que forman parte de un proyecto. El modulo nos permite registrar los presupuestos base y comparar en los diferentes periodos en el tiempo contra los costos actuales y el avance real de las tareas para conocer el valor real agregado comparado contra el presupuesto ejercido. Así mismo el modulo registra las diferentes fuentes de financiamiento que se utilizan para fondear el proyecto así como el registro y administración de los fondos de contingencia. El modulo también permite capturar a detalle las facturas de los contratistas/proveedores y el control y registro de los pagos realizados contra cada factura registrada. Otra funcionalidad característica del módulo de costos es la capacidad de incorporar y vincular los avisos de cambio y las ordenes de cambio ejecutado que impactan los costos de los contratos y elementos del proyecto.

### **Requisitos a tener en cuenta antes de la implementación.**

Como requisito para la implementación se debe desarrollar desde la fase de iniciación del proyecto, debido a que desde esta fase se constituyen las necesidades que tienen la entidad y los pasos a seguir para consolidar cada uno de sus proyectos.

Deben tener una estructura organizacional definida en donde se puedan identificar los roles y niveles de responsabilidad, contando con departamentos que aporten al desarrollo y control de cada uno de sus proyectos.

Se debe tener un recurso humano con una formación óptima en las áreas requeridas para la planeación del proyecto, como cronograma, costos y dirección de proyectos, que permita la finalización de este según los requerimientos establecidos en la línea base.

Se debe contar con procesos, procedimientos o manuales debidamente documentados, de la forma como realizan la planeación, seguimiento y control de cada uno de sus proyectos.

El cumplimiento exitoso de la implementación depende en parte de la disponibilidad del personal de la entidad para trabajar en conjunto con el personal de PACO Technologies. Se requiere entre 2 a 3 miembros del personal de la entidad dedicados a este esfuerzo durante la fase de implementación. Estas personas deben ser de alto nivel en la entidad, conocedores de los procesos y procedimientos de la agencia, con la autoridad de facilitar el proceso de decisiones para la integración de ccsNet de modo efectivo dentro de los procesos administrativos de construcción de la entidad.

### **Costos de la implementación.**

Los costos de la implementación para todo el proyecto del BIOTERIO serían en promedio del 1% al 1.5% del valor total de la obra, como se detalla a continuación.

*Tabla No 6. Costos de la implementación*

<b>Descripción</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Horas</b>	<b>Tarifa por hora</b>	<b>Costo laboral directo</b>
Implementación de la metodología, ccsNet y entrenamiento.	Consultor Sr de Administración de la Configuración	183	\$220.500	\$40.351.500
Implementación de la metodología, ccsNet y entrenamiento.	Consultor Sr de Administración de la Configuración	183	\$180.000	\$32.940.000
Administración de la metodología en el Proyecto	Gerente de Proyecto	40	\$324.000	\$12.960.000
<b>Total Laboral Directo</b>				<b>\$86.251.500</b>
Licencia de ccsNet (10 meses)				\$27.000.000
Viáticos consultores sénior y gerente del proyecto	Otros Costos Directos			\$29.250.000
<b>Total de Costo Laboral, Licencia y Otros Costos Directos:</b>				<b>\$142.501.500</b>

### **Licencia de ccsNet**

Licencia están disponibles a un costo de \$2.700.000 por mes para quince (15) usuarios concurrentes incluyendo un número ilimitado de cuentas de usuarios y 60GB de almacenamiento. La aplicación está basada en un ambiente Web y accesible vía Internet. Se pueden adquirir 60GB de espacio de almacenamiento adicional a un costo \$90.000 por mes.

## 6.5 Formulación de Procesos metodológicos de Configuration Management aplicables a las obras de construcción en Colombia.

Es oportuno formular procesos metodológicos de cada fase de Configuration Management, aplicables a las obras de construcción en Colombia, con el fin mitigar el impacto en costo y tiempo.

En la primera etapa de gestión de la configuración los procesos a seguir son los siguientes:

- **Identificar las necesidades de la organización:** Definir las carencias de infraestructura que posee la entidad y cuantificarlas para posteriormente establecer la estructuración de proyectos que aporten a la solución de las mismas.
- **Estructuración de los proyectos:** Estructurar los proyectos que suplirán las necesidades antes mencionadas, dicha estructuración consiste en indicar un principio y un final definido determinando como final cuando ya no existe la necesidad que dio origen al mismo. Una vez realizados estos pasos, se procede a la planeación de los proyectos.
- **Planeación de los proyectos:** Se considera como una actividad fundamental, debido a que en esta fase se establece el alcance, los objetivos, el proceso de acción para alcanzarlos, el costo, el tiempo, las comunicaciones, el riesgo y la calidad de cada uno de los proyectos definidos por la entidad. Adicionalmente en esta fase se determina que es lo requiere ser controlado, cuando se debe ejecutar y la forma como se manejan los cambios, para lo cual se considera necesario como punto de partida tener un director de proyecto por cada uno de los proyectos, con los que cuente la organización.
- **Determinar las funciones específicas de cada miembro de la organización:** Esto se realiza con el fin de definir las responsabilidades de sus actuaciones en los proyectos, a su vez se debe contar con el organigrama de la organización para determinar las jerarquías e identificar la autoridad y responsabilidad en la toma de decisiones, asimismo, se debe definir el organigrama de cada

proyecto para determinar un procedimiento con respecto a las comunicaciones e interacciones entre el propietario del proyecto, los consultores y el contratista.

- **Definir las herramientas, procedimientos y procesos de la organización:** Se considera necesario definir las herramientas, procedimiento y procesos a utilizar para la administración y control de los proyectos, para que a su vez se establezcan los flujos de los procedimientos de trabajo.

En cuanto a la segunda etapa, la cual consiste en el proceso de gestión de documentos, puede decirse, que esta se constituye en un aporte significativo, dado que los documentos del proyecto no cuentan con una herramienta de sistematización, que permita conocer el proceso histórico, la ubicación y la trayectoria, es decir su trazabilidad, para lo cual los pasos a seguir en el marco de los proyectos, con respecto a la gestión de documentos es el siguiente:

- **Realizar la revisión de cada uno de los documentos principales, que hacen parte de cada proyecto:** Esto con el fin de determinar el estado de cada documento que haga parte integral de los proyectos y para que a lo largo de la ejecución de los proyectos se conciba de forma clara los cambios que se le realizaron a los mismos.
- **Definir los entregables de los proyectos:** Una vez definidos los entregables se realiza la programación de los mismos, asignando fechas de entrega para cada uno de ellos, la periodicidad de los mismos, la personas responsable de la entrega y el valor de cada uno. Su seguimiento consiste en seguir paso a paso el cumplimiento de cada entrega, la visualización de la situación actual de cada una de ellas y el listado de los documentos específicos que deben estar incluidos dentro del paquete de la entrega.
- **Determinar la trazabilidad de las solicitudes de información o de cambio que se realizan a lo largo de la ejecución de los proyectos:** Es necesario contar con las solicitudes de información o de cambio realizadas por los contratistas involucrados en los proyectos, para lo cual se debe tener el historial de la correspondencia

enviada y recibida de cada proyecto. De estos pasos se parte para afirmar que teniendo el control de los documentos que hacen parte de los proyectos, la liquidación de los contratos se puede realizar de una forma clara para las partes involucradas, disminuyendo el grado de incertidumbre presentado de acuerdo al historial de cambios y decisiones que se tomaron en la ejecución los proyectos.

Con respecto a la tercera etapa, la cual consiste en la gestión de la línea base los procesos a seguir son los siguientes:

- **Definir cuáles son los documentos con los que se va a controlar el proyecto:** Se debe determinar cuáles son los documentos con los que se va a controlar, es decir los documentos que harán parte de la línea base de los proyectos debido a que una vez identificados se establece el seguimiento y control de los mismos.
- **Definir el nivel de detalle de cada documento que forme parte de la línea base de los proyectos:** Es necesario que cada documento que forme parte de la línea base de los proyectos cuente con un nivel de detalle específico para que realmente el documento aporte al control del proyecto, es decir la programación de obra debe ser un documentos que proporcione la información clara con respecto a los recursos asignados a cada una de las tareas, una lista clara de los insumos a utilizar, que los rendimientos sean representativos con respecto a las actividades que se van a realizar, y que se evidencie el flujo de caja. Con respecto al presupuesto, es necesario contar con un nivel de detalle, de los análisis de precios unitarios de cada actividad, determinar una cuantificación clara sobre las cantidades de obra y determinar por cada entregable de los proyectos, el valor de cada uno, teniendo la consideración del porcentaje de la administración en cada entregable.
- **Realizar el desglose de los costos de los proyectos:** Se debe realizar el desglose de los costos de los proyectos para tener un porcentaje claro, con respecto a la incidencia de cada contrato en el presupuesto del proyecto, dicho porcentaje se realiza con lo que se programó, y una vez se ejecute el proyecto, revisar que tanto aumentaron o disminuyeron los porcentajes programados.

Finalmente, la cuarta etapa consiste, en el proceso de la gerencia de los cambios del contrato, para lo cual el seguimiento y control se le debe realizar al alcance, al cronograma, a los costos, y a la calidad, los procesos a seguir son los siguientes:

- **Realizar un control integrado de los cambios:** Lo que indica que hay que revisar las solicitudes de cambios, aprobar los mismos y gestionar los cambios a los entregables y a los documentos, el control integrado de los cambios, se realiza desde el inicio del proyecto hasta su terminación, se considera necesario mantener actualizados el alcance y demás entregables del proyecto, realizando una revisión continua de dichos cambios, ya sea rechazándolos o aprobándolos y solo los cambios aprobados harían parte de una línea base revisada.
- **Realizar avisos de cambio:** Contar con todas las solicitudes de información de cambio, contar con el archivo de las decisiones que se tomaron para los mismos, es decir un aviso de cambio en donde la organización por medio de sus integrantes realice el análisis de la conveniencia de dichos cambios.
- **Realizar ordenes de cambios:** Consiste en la decisión formal en donde se aprueban o rechazan los cambios, en este sentido para ilustrar lo señalado la metodología cuenta como herramienta de soporte el ccsNet (control de contratos), la cual ayuda a la sistematización de los puntos mencionados anteriormente, de aquí se parte para afirmar que las negociaciones que surgen en el proceso de la ejecución, quedan debidamente documentas, al igual que disminuye el grado de incertidumbre con respecto a la ejecución de los proyectos, disminuyendo en este sentido, los riesgos de demanda por cualquiera de las partes involucradas en los proyectos.

## 10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En lo que concierne al objetivo número uno, se identifica que los procedimientos y procesos definidos por la Oficina de Desarrollo de Planta Física y la Oficina de Construcciones, son una herramienta clara y precisa, en donde se evidencia la estructura para la planeación y seguimiento a la ejecución de los proyectos, identificando las responsabilidades de cada una de las dependencias de la Universidad, ya sea la Dirección de Recursos Físicos, la Oficina de Desarrollo de Planta Física o la Oficina de construcciones, y a su vez, estableciendo en cada dependencia quien es el actor principal de la labor a ejecutar; sin embargo, en el análisis de otro de los objetivos de esta tesis se determina si estos procedimientos y procesos se realizan de la forma como se encuentran planteados, y si aportan en el resultado final de cada proyecto.

En cuanto a los instrumentos de control utilizados por la Oficina de construcciones, tales como: especificaciones técnicas, diseños, propuestas, contratos de obra, programación de obra, presupuesto, formas de pago, bitácora de obra, correspondencia enviada y recibida y manejo de cambios, se consideran elementos integrales de la línea base de los proyectos y aportan al control y a la medición de la ejecución de las obras de construcción, sin embargo, algunos de los mencionados anteriormente, no cuentan con un procedimiento específico de seguimiento, como es el caso de la programación de obra. Si bien la Universidad cuenta con un procedimiento documentado, el objetivo y enfoque de este es “realizar la programación de las obras nuevas y remodelaciones enmarcadas en los lineamientos del Plan Maestro de Desarrollo de Infraestructura, con el fin de garantizar las condiciones apropiadas para el desarrollo de las labores de la comunidad educativa Javeriana” de acuerdo a este objetivo el marco del planteamiento es la programación de las obras a ejecutar por la Universidad, con el imperativo de resolver las necesidades de infraestructura de la misma, clasificándolas según el nivel de complejidad y definiendo los niveles como:

“Complejidad alta: Son las obras que poseen estudios estructurales, instalaciones (eléctricas, voz y datos, audio, gas aire acondicionado, hidrosanitario y especiales) y obra civil.

Complejidad media: Son las obras que poseen instalaciones (eléctricas, voz y datos, aire acondicionado e hidrosanitario) y obra civil.

Complejidad baja: Son las obras que poseen instalaciones (eléctricas, voz y datos) y cambios de oficina abierta”.

En consideración a lo anterior y debido a la carencia de un procedimiento claro y soportado de seguimiento sobre dicha programación, se prevé un estado de dificultad en el análisis y en la cuantificación de los cambios, que se presentan a lo

largo de la ejecución de la obra, esta situación se expresa en el incremento en la incertidumbre sobre el impacto que generen al proyecto.

Finalmente se tomaron 6 proyectos de referencia tanto de obra nueva como de remodelación, para identificar la relación entre estos instrumentos de control y los logros conseguidos con los mismos, determinando de esta forma el funcionamiento y la eficiencia de cada elemento, el resultado de esta investigación permite identificar que como instrumentos de control solo se utilizaron la bitácora de obra y las solicitudes de cambios que realizaban a través de las actas de comité, sin contar con un procedimiento formal y debidamente documentado.

Por otra parte, en los proyectos se dieron diversos cambios, relacionados con en el alcance, por ejemplo, en el edificio el Ático, el presupuesto estimado fue de veinticuatro mil millones de pesos (\$24.000.000.000), y al finalizar el proyecto, el costo ascendió a veintiocho mil millones de pesos (\$28.000.000.000), debido a ampliaciones en el alcance, los cambios en el alcance del proyecto, generan cambios en los diseños y en las especificaciones técnicas, generando incrementos en el presupuesto, algunos de los proyectos analizados, no contaban con un presupuesto establecido antes de iniciar la obra, evidenciándose que el presupuesto se cuantificaba conforme se iba gastando, adicionalmente hubo incrementos en el tiempo de ejecución de las obras. De otro lado, se determina que los inconvenientes presentados en los diseños, obedecieron a imprecisión de los mismos y falta de detalles. Al no contar, con los procedimientos precisos para el manejo y control de cambios, los proyectos resultaron ser diferentes a lo planeado, por lo que se presentó incumplimientos y reducción en la productividad de estos.

En cuanto al segundo objetivo, la aplicación de la metodología “Configuration Management”, permitió que a la oficina de construcciones, obtuviese un organigrama documentado y soportado, dicho soporte se expresa, en la identificación de las funciones de cada integrante que la conforma, definiendo a partir de las funciones, las responsabilidades de cada uno en los procedimientos establecidos, definiéndose a su vez en el organigrama, las interacciones entre la Oficina de construcciones y los contratistas. Si bien, la Oficina de construcciones cuenta con procedimientos y procesos documentados, la revisión y el análisis en esta parte del proceso, se orientó a identificar cuáles de estos procedimientos y procesos se utilizaron como herramientas para la dirección de la obra de edificación Bioterio. En este sentido, la gestión de documentos planteada por la metodología “Configuration Management”, se convirtió en una herramienta que permitió realizar el control y seguimiento de la correspondencia del proyecto.

De la revisión y análisis de la documentación, que hace parte del estudio de suelos, se llegó a la consideración, que este, es más bien un estudio preliminar, debido a que no cumple con los requerimientos mínimos de exploración geotécnica, en cuanto a profundidad de sondeos y carece de información en cuanto a su distribución. En el estudio es claro que se encontró roca, no se realizó

en el estudio, actividades de exploración y caracterizaron, por lo que no se conoció y detallaron aspectos sobre el macizo rocoso, que soportaría las cimentaciones profundas propuestas. Por otro lado, se identificó que no se realizó una caracterización geomorfológica y geológica del entorno, por lo que no se pudo diseñar un modelo geotécnico del terreno, punto de partida de un estudio definitivo; ante la presencia de rocas, es preferible realizar sondeos geofísicos. Se identificaron de igual manera otras carencias como, la falta de memorias de cálculo de las soluciones planteadas, la realización del análisis suelo-estructura, en cuanto a los ensayos de laboratorio, se consideraron ensayos de mayor impacto, triaxiales estáticos, dinámico, cortes directos, dado que estos no se realizaron, a partir de este análisis se consideró al estudio realizado como un estudio preliminar y no un estudios de suelos.

Con la trazabilidad de los cambios soportados en la gestión de documentos, el proceso de liquidación de los contratos se da de una forma clara y precisa para las partes involucradas, debido a que se reduce el nivel de incertidumbre que pueda surgir en el proceso.

La programación presentada por el contratista de los preliminares, cimentación y estructura, no presentaba asignación de recursos, rendimientos, flujo de inversión, tampoco tenía CPM, que permitiese establecer inicios tempranos, inicios tardíos, terminación temprana, terminación tardía, y a partir de aquí, hacer reprogramaciones y así poder cumplir con el plazo contractual establecido.

Los atrasos presentados por parte del contratista, se dieron por no contar con una programación adecuada, que permitiera realizar una redistribución de recursos en el proyecto y lograr cumplir con el plazo establecido, la actividad se limitó solo a cambiar la programación, ajustando inicios y terminación de las actividades retrasadas y aumentando el tiempo de finalización de la obra.

El presupuesto presentado por el contratista de los preliminares, la cimentación y la estructura, plantea precios en promedio, consistentes con el mercado, pero se observa que algunos ítems no tienen análisis alguno y se limitan a colocar un precio global, lo cual no debería ser aceptado, ya que así, no se puede tener un detalle adecuado para realizar el control de todos los insumos que se deben tener en el proyecto y en caso de hacer algún cambio en la especificación de un ítem, no se podría establecer claramente el porcentaje de incidencia en el costo pactado, por parte de la universidad.

El desglose de los costos que se planteó en la línea base, en cuanto a los preliminares y a la cimentación, cambio, aumentado su valor debido a la construcción de los anillos temporales de los caisson desde el nivel 0.00, también cambiara el de la interventoría, debido a que la duración de esta será mayor a los diez meses planteados en el contrato, debido a los retrasos que se están presentando en la construcción de la obra, en cuanto a los preliminares,

cimentación y estructura. Las especificaciones de obra realizadas para el contrato de preliminares, cimentación y estructura, tienen un nivel de detalle suficiente para que el proponente tenga claro que tipo de actividad es la que va a realizar y que materiales necesita incluir para el análisis de precios unitarios (APU), la forma de pago que va a realizar y las consideraciones que debe tener en cuenta para la correcta realización de la actividad.

Al tener un registro documental de los cambios, las negociaciones, las decisiones de aprobación o rechazo, es más fácil poder observar la trazabilidad del proyecto y establecer las causas de lo ocurrido en este y de las responsabilidades de cada uno de los involucrados. Con lo cual se puede tener una excelente visión del proyecto durante la etapa de ejecución o en cualquier momento en el tiempo, lo cual permite tener todas las herramientas necesarias en caso de disputas o demandas durante o posteriores a la etapa de liquidación de los contratos.

Analizando los resultados tenemos que la decisión de excavar los caisson desde el nivel, 0.00, debido al retraso de la obra, genera un sobrecosto en el capítulo de actividades preliminares de \$13.324.800, en el capítulo de cimientos, genero un sobrecosto de \$18.025.320, pero se compensa un poco con el ahorro que se dio al encontrar el terreno firme antes de lo indicado en el estudio de suelos y haber podido apoyar los caisson un metro antes de lo esperado, lo que redujo el costo en -\$7.254.862, lo cual nos da que el sobrecosto de este capítulo sería de \$10.770.458.

El sobrecosto encontrado hasta el momento en es de \$24.095.258 en costo directo, un costo de administración, imprevistos y utilidad (AIU) de \$7.223.758,35 para un sobrecosto total de \$31.319.016. Con respecto al retraso en la inversión que debía realizarse en el proyecto para la ejecución de la obra con relación al primer periodo se presenta que estaba programado ejecutar \$266.223.171 y se ejecutó \$210.257.320, lo cual presenta una diferencia de \$55.965.851 que corresponde al 21% con respecto a la inversión de la línea base, en el segundo periodo se tenía programado ejecutar \$389.530.948 y se ejecutó \$251.317.499, presentándose una diferencia de \$138.213.448,71 que corresponde al 35.48%, lo que representa en el acumulado al 08 de marzo de 2012, donde se había programado una inversión de \$655.764.119 y se ejecutó \$461.574.819, la diferencia presentada es de \$194.179.300 que corresponde al 29.61%. Desde lo anterior se deduce, que no se está cumpliendo con las entregas establecidas al inicio del contrato.

### 10.1.1 Resultados Estadísticos del Estudio

Los resultados de esta sección pueden tomarse como un complemento del trabajo, el ejercicio tiene dos finalidades, la primera de medir de una forma un poco más aproximada el nivel de adelanto o atraso de la obra en las fechas planteadas por las actas 1 y 2, y la segunda intenta predecir la fecha de finalización de la misma si se mantiene la velocidad de avance, observada hasta el mes de abril de 2012.

#### 10.1.1.1 Análisis Inicial

El seguimiento de los avances realizados se puede hacer utilizando dos criterios, el primero verificar si las actividades programadas se han iniciado, lo que nos permite hablar de porcentajes de actividades no iniciadas –  $p$  –.

El segundo criterio se aplica para aquellas actividades que han sido iniciadas, para lo cual se debe observar que cantidades absolutas no son informativas, es decir, conocer que se ha ejecutado del contrato. Por ejemplo en el ítem 1.1 (Suministro, instalación y posterior desmonte del campamento) la cantidad programada correspondió a 1.00, y el valor fue de \$30.900.000, al definir el avance en el corte I la cantidad realizada fue de 0,80 y el valor correspondió a \$24.720.000 La situación anterior lleva a pensar en términos relativos, es decir en términos porcentuales, determinar el avance con respecto al corte I y II en cada uno de los ítems se mide para determinar el avance en términos matemáticos con la siguiente fórmula:

$$x_i^t = \frac{E_i^t}{P_i^t} \times 100\% \quad (0) \quad (\text{Mendenhall, 1996})$$

Donde  $x_i^t$ : es el avance logrado en el ítem  $i$ , en el momento  $t$  ( $t=1,2$ ),  $E_i^t$  es el monto o cantidad ejecutada en el ítem  $i$ , en el momento  $t$ , y de forma análoga se define el valor presupuestado  $P_i^t$ .

#### 10.1.1.2 Ecuaciones Utilizadas

Para medir el avance porcentual, variable continua, la ecuación utilizada está dada por

$$\bar{x} \pm t_{(n-1,1-\alpha)} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1) \quad (\text{Mendenhall, 1996})$$

Ecuación que es utilizada dentro de la estadística clásica para construir intervalos de confianza. En esta ecuación  $\bar{x}$  es la media del porcentaje de avance,  $S$  es la desviación estándar del mismo,  $n$  es la cantidad de actividades presupuestadas en cada acta,  $t_{(n-1, 1-\alpha)}$  es el percentil  $1-\alpha$  de la distribución  $t$  de student, con  $n-1$  grados de libertad.

Para el porcentaje de actividades no iniciadas, se construye el intervalo mediante la ecuación,

$$\hat{p} \pm z_{(1-\alpha)} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \quad (2) \quad (\text{Diggle, 2002})$$

Donde  $\hat{p}$  es la proporción de actividades no iniciadas con un nivel de confiabilidad del 95%, y  $z_{(1-\alpha)}$  es el percentil  $1-\alpha$  de la distribución normal estándar.

### 10.1.1.3 Resultados

Porcentaje de obras no iniciadas Actas I y II: De acuerdo a los resultados si se mide el avance por número de actividades realizadas o no realizadas, se tiene que más del 30% de las actividades pactadas dentro de las actas I y II, no habían sido iniciadas en los tiempos acordados, – ver Tabla 6. –.

$$P = \frac{(\text{Actividades programadas} - \text{Actividades ejecutadas})}{\text{Actividades programadas}}$$

(Ver anexo 20 Actividades programadas Vs Actividades Ejecutadas).

*Tabla 7 Actividades Realizadas vs Programadas*

Actividades	Actividades		
	Programadas	Ejecutadas	% Actividades no Realizadas
Acta I	22	14	36.4%
Acta II	16	11	31.3%

Intentar realizar un intervalo de confianza para cada una de las actas se presenta un inconveniente, la fórmula para el intervalo de confianza ecuación (2), fue creado para tamaños de muestras grandes, lo que quiere decir que se necesitarían más de 40 actividades por acta. Así el siguiente cálculo se hace para obtener valores que den indicio de los valores mínimo y máximo de retraso a la fecha.

El intervalo asociado al Acta I, (16.3%, 56.5%) indica que el retraso entre 16.3% y 56.5%, valores que evidencian que este tipo de análisis no tiene

sentido, al realizar análisis transversal, en el tiempo puede que tenga sentido suponiendo que las actividades mantienen el mismo comportamiento. El intervalo para el Acta II es (8.5%, 54.0%), los intervalos han sido construidos con un 95% de confianza.

#### 7.1.4 Fecha de terminación – Predicción

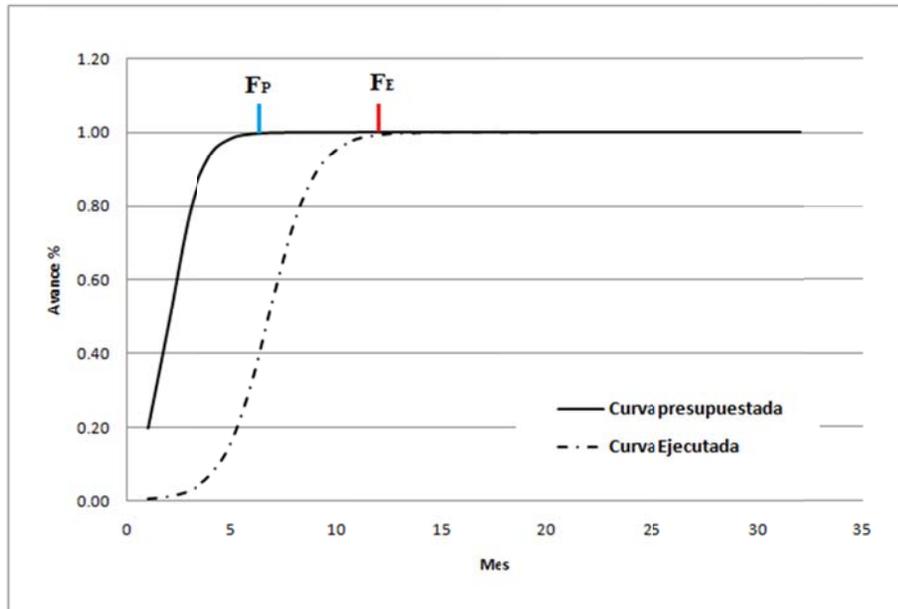


Fig.27. Curvas de Avances Simuladas

En busca de medir las distancias en el tiempo, entre el avance esperado de acuerdo a lo pactado en las Actas, lo que llamaremos avance presupuestado, y el avance ejecutado, y a su vez calcular-predicir el tiempo de finalización de la obra, se ajusta una curva de crecimiento con asíntota.

La ecuación utilizada es de la forma

$$x_t = \frac{\alpha}{1+e^{-\beta(t-\delta)}} \quad (3) \quad (\text{Diggle, 2002})$$

Donde  $x_t$  es el avance observado en toda la obra,  $\alpha$  es la asíntota en este caso 100%,  $\beta$  es el parámetro o velocidad de avance,  $\delta$  es el punto de inflexión. Cada uno de los parámetros se calculan usando los avances porcentuales observados en las Actas I y II, para toda la obra.

Los resultados del modelo son acordes con lo esperado para los tiempos presupuestados, la obra finalizaría en 5-6 meses,  $F_P$ . El modelo ajustado utilizando los valores ejecutados permite afirmar, asumiendo que la velocidad

de avance permanece constante, que la obra se finalizará en cerca de 11-12 meses,  $F_E$  – ver figura 17. –.

Pero el modelo ajustado no tiene en cuenta el hecho de que las primeras actividades de muros anclados y de la cimentación son actividades críticas de la obra, por lo cual no permiten el avance en la estructura, en la cual el rendimiento sería mayor al tener menos inconvenientes, lo que permite prever que si el contratista adelanta o acelera ciertas actividades el tiempo será menor.

### **Análisis de los resultados de la metodología de Configuration Management y los procesos de la oficina de construcciones.**

La oficina de construcciones cuenta con una serie macro procesos y procesos muy bien detallados, pero estos, no se puede considerar como una metodología ya que no posee un hilo conductor que los integre, mientras que Configuration Management si se puede establecer como una metodología, ya que parte de un proceso de investigación, el cual busca sistematizar los métodos y las técnicas necesarias para llevarla a cabo y así solucionar los problemas planteados de un proyecto específico, por lo cual cada proyecto sería único debido a, que según las necesidades de este se realiza la configuración de los procesos.

Una de las principales diferencias planteadas entre la metodología de Configuration Management y el conjunto de macropocesos y procesos que utiliza la oficina de construcciones, radica en el manejo de los cambios dentro del proyecto, ya que para la oficina de construcciones basta con la autorización de este, mientras que en Configuration Management lo que se busca es un análisis exhaustivo de este, para evitar la desviación del alcance y poder ver el impacto que este causaría en el proyecto antes de su autorización, mediante la consulta y autorización de cada uno de los involucrados en este de la manera más eficiente posible, evitando al máximo retrasos en el proyecto, registrando la trazabilidad de cada uno de los cambios ocurridos.

Otro factor relevante es la desagregación del proyecto en entregables o hitos del proyecto, estableciendo la duración de estos y fechas de entrega, las cuales nos permiten realizar un seguimiento más detallado del proyecto y no esperar a que estese encuentre en la etapa de finalización para establecer correctivos en los plazos de entrega definidos inicialmente en la línea base, con lo cual el contratista tendría que cumplir con cada una de las entregas durante la ejecución del proyecto, teniéndose un estricto control de este.

Para la aplicación de Configuration Management, se deben definir claramente, los flujos, procedimientos de trabajo, roles de cada uno de los involucrados, niveles de responsabilidad y autoridad, aspectos que permiten la identificación de las interacciones entre el propietario del proyecto, los consultores y el contratista, lo cual permite establecer herramientas y procedimientos para una efectiva dirección,

administración y control del proyecto, demandando un tiempo considerable para la investigación e implementación, pero da un manejo estricto y confiable del proyecto. El no cumplimiento de los tiempos establecidos en las diferentes etapas del proyecto tuvo implicaciones como el rediseño estructural del proyecto, debido a la nueva normatividad en el diseño estructural, el cual actualizó la NSR-98 a la NSR-10 y obligó a rediseñar la estructura de la edificación, generando costos adicionales debido al rediseño.

El tiempo de ejecución de la obra no es acorde al que se planificó, debido a que el control que se realiza a los proyectos en cuanto al cronograma es muy flexible con el contratista, lo cual representa pérdidas significativas para la Universidad, pérdidas que no son analizadas por la oficina de construcciones. Ya que toda edificación produce una rentabilidad y el no uso de esta debido a los retrasos en su entrega genera una pérdida en la productividad de los recursos de la Universidad.

Los procesos que la oficina de construcciones establece para la ejecución de las obras no se cumplen en la totalidad, debido a la falta de control, como sucedió con la construcción de obras extras las cuales se ejecutaron sin estar pactados los precios y las cantidades de estas con el contratista antes de su ejecución.

## 8 DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, con respecto al problema planteado, se puede decir que si se carece de instrumentos de control y no se cuenta con procedimientos para el seguimiento de cambios, ni con la respectiva documentación, en donde se cuente con la trazabilidad de los mencionados anteriormente, el grado de incertidumbre al finalizar la ejecución de la obra aumenta, generando incrementos en costo, tiempos, disminución en la calidad y afectación en el alcance.

Por otra parte, en el diagnóstico realizado con respecto a proyectos ejecutados por parte de la Oficina de construcciones, se evidencia, la problemática planteada en la tesis, la cual consigna que si no se sigue un proceso metodológico para la ejecución de los proyectos, y no se cuenta con un procedimiento claro y debidamente documentado sobre los cambios que impactan la línea base y los responsables en la ejecución de los mismos, es decir, si no se cuenta con la trazabilidad de dichos cambios y estos son manejados de manera informal, la mayor afectación se genera en el costo; debido a que si se impacta el alcance es probable que se impacte el costo, si se impacta el tiempo se considera que se impacta el costo debido a que el tiempo se ve reflejado en el mismo es decir, a mayor tiempo, se generan mayores costos de personal, perdidas en cuanto a la puesta en servicio del proyecto entre otros, y a su vez si se disminuye la calidad consumiendo los recursos programados igualmente se termina afectando el costo del proyecto, en resumen todas las adiciones al trabajo proyectado y programado, conducen a un aumento significativo en los costos.

Dentro de esta óptica, los resultados obtenidos afirman las posiciones planteadas respecto a la definición de cambios, la gestión y los efectos de los mismos en los proyectos, es decir la posición de los autores como Arain Baja 2005, determina que “un cambio es cualquier modificación del acuerdo contractual proporcionado por el propietario”, por otra parte Park 2002 considera que “las adiciones, suspensiones o modificaciones en el alcance del proyecto se consideran como cambio”. En lo que respecta a los efectos o impactos de los cambios en el proyecto se considera de influencia negativa, debido a que los que se identificaron en el proyecto el Bioterio como más frecuentes fueron el aumento en los costos y el atraso en el cronograma, esta conclusión afirma la posición de los autores (Arain y Low 2005) los cambios más frecuentes, “son: aumento en los costos y retraso en el calendario de ejecución, las principales adiciones al trabajo original conducen a aumento significativo de los costos del proyecto”.

En cuanto a la gestión de cambios, se identificó que la oficina de construcciones no cuenta con un procedimiento claro y específico para el control de los cambios que se presentan a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, esta posición es recurrente en Colombia debido a que pocas empresas cuentan con un procedimiento real para dicha gestión, la anterior conclusión es soportada por (Hwang, Low, 2011), determino el impacto de la gestión del cambio, con relación al costo, el tiempo y la calidad, y dio cuenta del bajo nivel en que encuentra la práctica de la gestión del cambio, dado que el porcentaje de implementación del cambio es mínimo y poco representativo y al poco conocimiento que se tiene sobre las barreras y beneficios de la gestión del cambio, así como los impactos de este sobre el desempeño del proyecto.

Con respecto al impacto de los cambios en el costo la cual es la problemática de la tesis en estudio en la obra de edificación BIOTERIO se identificó actividades en las que se consideró realizar retrabajos, como fue el caso de la reinyección de los muros anclados, dicha actividad no fue cuantificada debido a que el APU no es aprobado antes de la ejecución de la actividad, sino después de la terminación de la misma, una vez determinado el porcentaje de los retrabajos con respecto al valor total del contrato se determina el impacto de los mismos al costo. Esta consideración es soportada con la afirmación de (Sung et al Meng 2008), una de las consecuencias perjudiciales del cambio en los proyectos y una de las formas de cuantificar su impacto es a través del retrabajo o la revisión de los trabajos, debido a que el costo de reproceso en proyectos de construcción puede ser tan alto entre 10-15% del valor total del contrato.

## 9. CONCLUSIONES

1. Por lo encontrado en el estudio de la oficina de construcciones y conociendo que la estructura de muchas empresas es similar debido a que la línea base de los proyectos en la mayoría de entidades es precaria, como el caso de los presupuestos los cuales en muchas ocasiones no se cumplen y se modifican creando una gran cantidad de actividades que no se analizaron en la planeación inicial, en cuanto a las programaciones son muy pobres e incluso muchas veces ni las realiza la entidad, sino que son dejadas al contratista y este las realiza solo por cumplir con un requisito contractual ajustándose al máximo plazo establecido y no como un elemento de planeación y control de su proyecto, dado esto se puede concluir que hay una necesidad latente de implementar gestión de cambios en el interior de las entidades tanto públicas como privadas para lograr un mejor control de sus proyectos.
2. La gestión de cambios se considera un campo de acción a profundizar, debido a que su práctica no es potencialmente desarrollada en la industria de la construcción. Configuration Management es una aplicación metodológica que aporta a la gestión de cambios, su implementación en la oficina de construcciones ha generado mejoramiento en los procesos aplicados al proyecto de estudio, dicha investigación es un aporte al ejercicio a realizar respecto a la práctica de la gestión de cambios.
3. Los resultados de las muestras de las obras ejecutadas por la unidad investigada dan pie a seguir implementando estudios de una muestra de mayor tamaño y en diferentes tipos de obras, y en diferentes sectores de la industria.
4. Producto de la aplicación de la metodología de Configuration Management se visibiliza que se debe mejorar la capacidad técnica que tengan las oficinas de proyectos y de construcción, para que tengan una metodología eficaz, que les permita definir el proyecto mediante la consecución de entregables y del establecimiento de la línea base en la que se encuentre claramente el desglose de los costos y la realización de la programación mediante técnicas como CPM y PERT en la cual se presente las tareas

mediante la asignación de recursos y rendimientos, lo cual permita realizar una verdadera reprogramación en caso de ser necesario.

5. La metodología Configuration Management comprobó mediante el sistema de control de contratos ccsNet que en la mayoría de entregables de obra se incumplió con el plazo de entrega, que la obra incurrió en sobrecostos para la Pontificia Universidad Javeriana debido a la realización de actividades que no se tenían previstas inicialmente, las cuáles se realizaron para poder avanzar en las actividades de la ruta crítica de la obra que presentaban retrasos debido al incumplimiento de sus actividades predecesoras.
6. Se observa que no se cumple con lo establecido en el contrato ya que según el contrato de interventoría se establece que en caso que los CONTRATISTAS se retrasen en su programa de trabajo, deberá exigir a los mismos que tome las medidas necesarias para acelerar el ritmo de las obras, sin que esto represente costo adicional alguno para la entidad contratante y en la obra se realizaron mayores cantidades las cuales fueron pagadas al contratista como es el caso de excavar los Caisson desde el nivel 0.00, sabiendo que estaba establecido realizarlo desde el nivel - 4.27 aumentando las cantidades de excavación, construcción de anillos temporales y demolición de anillos temporales, debido a que los muros anclados no estuvieron listos en los tiempos establecidos y sin la realización de esta actividad no se podría realizar la excavación del sótano ya que se podría ver afectada la estabilidad del talud.
7. En el contrato de interventoría también se establece que al conceptuar y someter a aprobación de la UNIVERSIDAD, las modificaciones a las especificaciones previstas, obras adicionales etc. Toda solicitud de modificación deberá estar acompañada de la respectiva justificación técnica y económica, rediseños, planos de construcción, cantidades de obra y presupuesto estimado. Pero en la obra se aprobaron modificaciones y creación de obras adicionales, sin estas tener una cantidad y precio previo a la ejecución de las actividades, situación que evidencia un incumplimiento en lo establecido en el contrato.
8. La metodología Configuration Management mediante el sistema de control de contratos ccsNet permitió otorgar información en tiempo real que permite observar los cambios del proyecto y registrar las lecciones aprendidas de este, para no cometer los mismos errores en proyectos futuros.

9. En lo desarrollado en la muestra de la investigación edificación BIOTERIO, encontramos una diferencia en tiempo de 50 días en la etapa de construcción de los preliminares, cimentación y estructura con relación a la línea base establecida y de 93 días con relación a la fecha contractual indicada en el contrato y en costo de \$31.319.016 con relación a lo aprobado, sin contar con los cambios que ya fueron aprobados pero no se han cuantificado las cantidades a realizar por parte de la interventoría y el contratista, por lo cual su impacto en el presupuesto aún no está establecido, lo que sustenta nuestro planteamiento inicial en donde se establece que la mayoría de obras presenta incumplimientos en cuanto al plazo y costo estimado en la línea base. Por lo que se debería realizar una investigación con mayor profundidad en el ámbito regional o nacional.
  
10. La interventoría del proyecto tendrá un costo adicional para la Universidad correspondiente con el retraso contractual del contrato de preliminares, cimentación y estructura, el cual es de tres meses y debido a que el costo mensual de la interventoría es de \$36.850.880 el incremento que tendrán según el retraso a la fecha será de \$110.552.640.

## 10. RECOMENDACIONES

1. Es imperativo que todas las entidades de contratación en el país implementen metodologías de control de cambios en sus proyectos, entre estas la metodología de Configuration Management.
2. Recomendamos hacer trabajos de investigación profundizando la metodología de Configuration Management e incorporando otras metodologías de gestión de cambios.
3. Mayor capacitación en software como Project y primavera y fundamentación en gestión de proyectos según los lineamientos del Project Management Institute (PMI) y gestión de cambios del recurso humano encargado de planear, dirigir y controlar proyectos en la industria de la construcción, ya que se evidencia una carencia en cuanto a la formación del personal encargado de realizar estas labores.
4. Es necesario manejar un buen nivel de detalle en la planeación de los proyectos de construcción en Colombia, con una línea base de excelente nivel y así poder contratar por precio global fijo sin formula de reajuste o por contratos llave en mano, los cuales disminuyen el riesgo que tiene la entidad en cuanto al aumento de tiempo y sobre costo en los proyectos.
5. Los contratos de interventoría se deberían contratar por un precio global fijo, que no permita adicionar su valor en caso que la obra tenga una mayor duración, debido a que si esto se da no habría imparcialidad de esta en cuanto a hacer cumplir el plazo inicialmente establecido.
6. La oficina de construcciones debería realizar antes de la adjudicación del contrato y como estudios parte de los estudios previos, una programación real para la ejecución de la obra en donde se parta de las recomendaciones de los procesos constructivos indicados por los diseñadores, la cual contenga una asignación de recursos que permitan la ejecución en el tiempo planeado, con lo cual se podría tener un mayor control del proyecto.

7. La oficina de construcciones debe hacer un mayor seguimiento a la labor de la interventoría, tomando como referencia puntual lo descrito en el contrato de esta, ya que se presentan incumplimientos según lo establecido en el contrato, ya que se si se realizan mayores cantidades de obra con el fin de acelerar el ritmo de las obras, los costos derivados de estas actividades no deberían representar un costo adicional para la Universidad.
  
8. No se debería permitir la ejecución de ninguna obra extra o adicional en el proyecto, si esta no tiene una cantidad y un valor unitario establecido con anterioridad, para obtener un presupuesto estimado como se exige en el contrato de interventoría. Ya que esto permitiría saber el impacto de estas actividades en el costo total del proyecto previo a su ejecución.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Al-Sedairy, S. T. (2001). A change management model for Saudi construction Industry. *International Journal of Project Management*, 19(3), 161-169.

Doi: 10.1016/S0263-7863(99)00067-8

Arain, F. M. (2008). IT-based approach for effective management of project Changes: A change management system (CMS). *Advanced Engineering Informatics*, 22(4), 457-472. doi:10.1016/j.aei.2008.05.003

Bröchner, J., &Badenfelt, U. (2011). Changes and change management in Construction and IT projects. *Automation in Construction*, 20(7), 767-775.

doi:10.1016/j.autcon.2011.01.001

Carcaño, R. G. ., Delgadillo, J. M., &Fajardo, J. A. . (2009). Estudio de caso: Demoras en la construcción de un proyecto en México. *Ingeniería. Revista Académica*, (1), 41-48.

Chen, D., Zhang, Y., Peng, Y., &Chen, J. (2012). Research and Implementation of a Configuration and Management System based on Service Platform. *Procedia Engineering*, 29(0), 3472-3477. doi:10.1016/j.proeng.2012.01.514

Colin, J., &Retik, A. (1997). The applicability of project management software And advanced IT techniques in construction delays mitigation. *International Journal of Project Management*, 15(2), 107-120. Doi: 10.1016/S0263-7863(96)00046-4

Diggle, P., J., Heagerty, P., Liang, H., Y., &Zeger, S., L. (2002). Analysis of Longitudinal Data. recuperado de [http://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=kKLbyWycRwcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=analysis+of+longitudinal+data&ots=cqpe8uTV2&sig=EX2\\_mx8X0M6fIDSUffYIZKvQV\\_A#v=onepage&q=analysis%20of%20longitudinal%20data&f=false](http://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=kKLbyWycRwcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=analysis+of+longitudinal+data&ots=cqpe8uTV2&sig=EX2_mx8X0M6fIDSUffYIZKvQV_A#v=onepage&q=analysis%20of%20longitudinal%20data&f=false).

Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C., & Rentala, S. (2011). Analysing factors Affecting delays in Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 30(4), 479-489. doi:10.1016/j.ijproman.2011.10.004.

Froese, T. M. (2010). The impact of emerging information technology on project Management for construction. *Automation in Construction*, 19(5), 531-538. doi:10.1016/j.autcon.2009.11.004

Giménez Palavicini, Z., & Suárez Isea, C. (2008). Diagnóstico de la gestión de la Construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras Civiles. *Revista ingeniería de construcción*, 23(1), 04-17.

Hsieh, T., Lu, S., & Wu, C. (2004). Statistical analysis of causes for change orders In metropolitan public works. *International Journal of Project Management*, 22(8), 679-686. doi:10.1016/j.ijproman.2004.03.005

Hwang, B., G., & Low, L., K. (2011). Construction project change management in Singapore: Status, importance and impact. *International Journal of Project Management*, (0), 1-10. doi:10.1016/j.ijproman.2011.11.001.

Isaac, S., & Navon, R. (2009). Modeling building projects as a basis for change Control. *Automation in Construction*, 18(5), 656-664. doi:10.1016/j.autcon.2009.01.001

Lee, S., H., Mora, P., F., & Park, M. (2006). Dynamic planning and control methodology for strategic and operational construction project management. *Automation in Construction*, (15), 84-97. doi:10.1016/j.autcon.2005.02.008.

Mendenhall, W. (1996). Estadística para Administradores. México: grupo Editorial Iberoamérica.

Motawa, I., A., Anumba, C., J., &Hamalawi, A., E. (2006). A fuzzy system for evaluating the risk of change in construction projects.*Advances in Engineering Software*; (37), 583-591. Doi: 10.1016/j.advengsoft.2006.01.006.

Otero, F., &Steinberg, M. (2008).Utilizando Gestión de Configuración para Mitigar el Impacto de los Cambios en el Diseño y la Construcción.(0)

Sun, M., &Meng, X. (2009).Taxonomy for change causes and effects in construction projects.*International Journal of Project Management*, (27), 560-572. Doi: 10.1016/j.ijproman.2008.10.005.

## **ANEXOS:**

1. Plan de inversión.
2. Acta de Designación de Interventoría o Supervisión (IF-P12-F09)
3. Planeación y diseño de proyectos de remodelación de infraestructura.
4. Diseño de obras nuevas y remodelaciones.
5. Seguimiento a la ejecución, entrega y cierre de obra nueva y remodelaciones.
6. Procedimiento para la elaboración de presupuestos de obra.
7. Procedimiento para la programación de obras.
8. proceso de ejecución entrega y cierre de obras nuevas y remodelaciones.
9. proceso de programación de obras nuevas y remodelaciones.
10. Acta de conciliación de necesidades de remodelación de infraestructura (IF-P11-F01).
11. Control de cambios de planos (IF-P11-F02).
12. Recibo de diseño y lista de chequeo (IF-P-F12).
13. Roles y responsabilidades Director de recursos físicos y empleados oficina de construcciones.
14. Flujos oficina de construcciones e interventoría.
15. Organigrama oficina de construcciones y organigrama obra edificio Bioterio.
16. Registro de gestión de documentos.
17. Lista de entregables del contrato de preliminares, cimentación y estructura e interventoría.
18. Proceso de gestión de costos.
19. Registro de aviso de cambio.
20. Actividades programadas Vs Actividades ejecutadas.
21. Lista de entregables diseños.
22. Cuadro de costos para asignación de recursos.
23. Acta parcial de obra.