

**ESTUDIO DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO EN PROYECTOS DE DISEÑO-
CONSTRUCCIÓN EN LAS ESCUELAS DEL SIGLO XXI**

Por:

DAVID RAMOS MALDONADO

Proyecto sometido en cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado de:

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

en

INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2015

Aprobado por:

Omar I. Molina Bas, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Antonio González Quevedo, Ph.D.
Co-Presidente, Comité Graduado

Fecha

Mayra I. Méndez Piñero, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Francisco Maldonado Fortunet, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

José L. Perdomo, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Cristina Pomales García, Ph.D.
Representante de la Oficina de Estudios Graduados

Fecha

Ismael Pagán Trinidad, M.S.C.E.
Director del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura

Fecha

Abstract

Change orders have a strong potential to become difficult, because of its significant increase in cost and contract duration extension. This research identifies and evaluates the causes of change orders in design build projects, which occurred in the renovation of “schools of the 21st century”, into the public education system of Puerto Rico.

The Pareto diagram is used to identify and evaluates the causes that contribute the most to increase costs and extend the contract duration. There were 197 change orders analyzed in 40 identified schools. Those generated a cost increase of \$24.9 million (13% of the total contract cost) and a time extension of 7874 calendars days (30% of the total contractual time). Among the most significant and important causes, the following were observed: commands of the owner to the contractor, change in the designs and changes in the maintenance program. In that matter, the Pareto diagram of increase in cost and contract time extension, separates the reasons above, nonetheless, these causes refer to direct changes. In conclusion, the owner (Authority for the Financing of the Infrastructure of Puerto Rico (AFI)) and the user (Department of Education (DE)) should improve the communication and coordination starting from the planning phase of the project.

With these results and conclusions in consideration, there were methods analyzed to reduce these changes that cause higher costs and time extensions in future projects conducted by the user or other agencies. One of these methods is to realize a better planning by the owner (AFI) and user (DE), therefore with the designer-builder, having planned well, the increases in costs and time extensions of the contract, due to change orders, would experience a reduction of 95% and 94%, respectively.

Resumen

Las órdenes de cambio tienen una marcada potencialidad de convertirse en dificultosas, por su significativo aumento en costo y por la extensión de duración del contrato. Este trabajo de investigación, identifica y analiza las causas de las órdenes de cambio en proyectos de diseño-construcción, que ocurrieron en los proyectos de renovación de las escuelas del siglo XXI, del sistema de educación pública de Puerto Rico.

Para identificar y analizar las causas que más contribuyen a aumentar costos y extender la duración del contrato, se utilizó el diagrama de Pareto. Se analizaron 197 órdenes de cambio en 40 escuelas identificadas. Estas generaron un aumento en costo de \$24.9 millones (13% del total del costo contractual) y una extensión en tiempo de 7874 días calendarios (30% del total del tiempo contractual). Dentro de la identificación y evaluación de las causas más significativas e importantes se observan las siguientes: directriz del dueño al contratista, cambios en los diseños y cambios en el programa de mantenimiento. En ese sentido, el diagrama de Pareto para el aumento en costo y extensión de tiempo, separa las causas antes mencionadas, no obstante, estas causas se refieren a cambios directos del dueño. Concluyendo que se debe mejorar la comunicación y coordinación entre el dueño (Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura (AFI)) y el usuario (Departamento de Educación (DE)) desde la etapa de planificación del proyecto.

Tomando estos resultados y conclusiones en consideración se analizaron métodos de reducir estos cambios que causan mayores costos y extensiones de tiempo en futuros proyectos realizados por la AFI o cualquier otra agencia. Uno de estos métodos es realizar una mejor planificación por parte del dueño y usuario del proyecto, por consiguiente con el diseñador-constructor, ya que de haber planificado bien, los aumentos en costos y extensiones de tiempo en el contrato debido a las órdenes de cambio experimentarían una reducción de un 95% y 94%, respectivamente.

Copyright © 2015, David Ramos Maldonado

He peleado la buena batalla,
he terminado la carrera,
he guardado la fe.
2da Timoteo 4:7

A Dios por brindarme unos padres excepcionales, (William Ramos Robles y Nydia Maldonado González) que siempre me otorgaron el apoyo espiritual, emocional e intelectual para trabajar arduamente y responsablemente para cumplir satisfactoriamente con este trabajo de investigación. Y a mi novia Eralis Morales Reyes por siempre apoyarme en mis metas profesionales. Sin estos, mis logros no hubiesen sido alcanzados.

Agradecimientos

En primer lugar le doy la gloria y la honra al Dios, Todopoderoso, por colocar en mi camino a cada uno de las personas que mencionaré a continuación. Agradezco a mis padres (William Ramos Robles y Nydia Maldonado González) y a mi novia Eralis Morales Reyes; a la Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura de Puerto Rico (AFI) por brindarme los datos necesarios para realizar este proyecto de investigación; al Dr. Antonio González Quevedo por enseñarme la formalidad y el desarrollo de un trabajo de investigación bien estructurado (Dios lo bendiga); al Dr. Omar Molina Bas por brindarme la oportunidad de realizar este estudio, y siempre estar dispuesto a organizar las reuniones con los demás profesores y ayudarme en cualquier ámbito del trabajo para que se realizara de forma exitosa; a la Dra. Mayra Méndez por brindarme su conocimiento, ayuda referente a todos los aspectos estadísticos del proyecto y siempre estar dispuesta a atenderme aunque no fuera en los predios de su oficina; al Dr. José L. Perdomo y Dr. Francisco Maldonado por siempre estar presente en las reuniones de secuencia al momento de realizar la propuesta del proyecto de maestría y brindarme recomendaciones y buscar la manera de hacer este trabajo uno de alta calidad; a la Dra. Carla López del Puerto por su disposición, apoyo y siempre brindarme material de gran validez relacionado a los contratos diseño-construcción; y al Profesor Ismael Pagán Trinidad, director del departamento de Ingeniería Civil por su siempre deseo de ayudar y confiar en este servidor y brindarme la oportunidad de trabajar y ser parte del comité de acreditación del departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, y de esta manera suplirme la ayuda económica estudiantil para seguir adelante con mis estudios graduados, por lo cual le estaré muy agradecido.

Al equipo de trabajo de la AFI, se debe mencionar en especial la gran ayuda de la Sra. Amarie Aponte por siempre estar más que dispuesta a brindarme todo el material necesario para realizar este estudio de investigación y por siempre demostrar un gran ímpetu de brindarme lo necesario para llevar a cabo este proyecto; a la Srta. Ana María Bustillo y a la Lcda. Grace Santana Balado por brindarme la oportunidad de hacer este estudio, realidad y al Ingeniero Salim Laham, por su

disposición de ayudar, y a todo el equipo de trabajo de la AFI, ya que sin la ayuda de cada uno de los mencionados en este espacio no hubiese sido posible realizar este proyecto de investigación.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	2
1.3 Metodología a utilizarse	4
1.4 Distribución de los capítulos	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo principal.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 Aportación	5
2. Revisión de literatura	6
2.1 Descripción de las escuelas del siglo XXI y ciclo IV	6
2.2 Programa escuelas para el siglo XXI	6
2.2.1 Origen en el ámbito del trabajo	7
2.2.2 Plan de Espacios para las escuelas	7
2.2.3 Respuesta al Programa de Espacios: Órdenes de cambio	8
2.3 Órdenes de cambio	8
2.4 Flujograma de procesos utilizado en las escuelas del siglo XXI	10
2.5 Casos similares al proyecto que se presenta en esta investigación	12
2.6 Causas de las órdenes de cambio según expertos en el campo	14
2.7 Resumen de causas encontradas en la literatura	16
2.8 Modelo de Contrato: diseño-construcción (“design-build”)	18
2.9 Comparación de los modelos de contratación: AIA 295, DBIA 535 y Escuelas del siglo XXI	21
3. Metodología	29
3.1 Formular pregunta de investigación	29
3.2 Revisar la literatura	29
3.3 Bitácora de los procesos metodológicos del estudio propuesto	29
3.4 Procedimiento experimental	30
3.4.1 Identificar cantidad de escuelas que obtendrá el investigador para realizar el proyecto de investigación.....	30

3.4.2	Indagar como los documentos de los contratos definen los siguientes términos: órdenes de cambio, extensión de tiempo, entre otros.	30
3.4.3	Identificar y analizar las causas de las órdenes de cambio.....	31
3.4.4	Identificación de las cuantías en costo y tiempo de cada orden de cambio 46	
3.4.5	Realizar el análisis estadístico: diagrama de Pareto y calcular el 80% y 20% utilizando el Diagrama de Pareto	47
3.4.6	Calcular el 80% y 20%: utilizando el diagrama de Pareto	48
3.5	Analizar y discutir resultados	48
3.6	Conclusiones	49
4.	Resultados.....	50
4.1	Introducción.....	50
4.2	Diagrama de Pareto: aumento en costo vs causas de las órdenes de cambio	50
4.3	Aumento en costo y escuelas	53
4.4	Aumento en costo y año de contratos de las escuelas	55
4.5	Aumento en costo y aparición de las dos causas más importantes en las escuelas.....	56
4.6	Diagrama de Pareto: Extensión en tiempo vs causas de las órdenes de cambio	57
4.7	Extensión en tiempo y escuelas	60
4.8	Extensión en tiempo y años de contratos de las escuelas.....	62
4.9	Extensión en tiempo y aparición de las tres causas más importantes en las escuelas.....	63
4.10	Causas a tomar en consideración para reducir las órdenes de cambio 65	
5.	Conclusiones y recomendaciones	66
5.1	Introducción.....	66
5.2	Resumen de conclusiones.....	66
5.2.1	Identificación de las causas mayores de cambio	67
5.2.2	Identificación de las causas en los diagramas de Pareto	68

5.2.3	cantidad de escuelas responsables de aumentar los costos y la extensión de tiempo del contrato	69
5.2.4	Aumento en costo y extensión de tiempo por años de contratos de las escuelas	70
5.2.5	Aumento en costo y extensión de tiempo por aparición de causas más importantes en las 40 escuelas del siglo XXI	70
5.2.6	Evaluación de las órdenes de cambio y sus formas de implantación	71
5.3	Recomendaciones	72
5.3.1	Métodos para reducir órdenes de cambio	72
5.3.2	Recomendaciones específicas	73
5.3.3	Proyectos futuros	74
6.	Referencias	76
	Apéndice A- Resumen de escuelas afectadas debido a las órdenes de cambio	79

Lista de Tablas

Tabla 1. Principales causas que originaron órdenes de cambio, identificadas según diferentes autores	17
Tabla 2. Resumen de comparaciones entre los siguientes documentos contractuales: Documento de la AIA A295, documento del DBIA No. 535 y documento de escuelas del siglo XXI.	28
Tabla 3. Resumen de escuelas del siglo XXI y Ciclo IV	30
Tabla 4. Resumen de las dos causas que se tomarán en consideración para reducir el aumento en costo de las órdenes de cambio	52
Tabla 5. Causas a utilizar en el diagrama de Pareto de aumento en costo debido a las órdenes de cambio	53
Tabla 6. Resumen de aumento en costo de los proyectos y porcentaje acumulado del aumento en costo	54
Tabla 7. Resumen del aumento en costo debido a las órdenes de cambio de los proyectos y cantidad de escuelas obtenidas.....	56
Tabla 8. Resumen del porcentaje de aparición de las dos causas más importantes por escuelas y aumento en costo.....	57
Tabla 9. Comparación de las dos causas más importantes de aumento en costo vs escuelas	57
Tabla 10. Resumen de las tres causas que se tomarán en consideración para reducir la extensión en tiempo de los contratos de construcción.....	59
Tabla 11. Causas a utilizar en el diagrama de Pareto de extensión en tiempo debido a las órdenes de cambio	60
Tabla 12. Resumen de extensión en tiempo de los proyectos y porcentaje acumulado de la extensión en tiempo	61
Tabla 13. Resumen de la extensión del tiempo debido a las órdenes de cambio de los proyectos y cantidad de escuelas obtenidas.....	63
Tabla 14. Resumen del porcentaje de aparición de las 3 causas más importantes por escuelas y extensión del tiempo	64

Tabla 15. Comparación de las tres causas más importantes de la extensión del tiempo vs escuelas.....	65
Tabla 16. Causas a tomar en consideración para reducir el aumento en costo y extensión en tiempo debido a las órdenes de cambio	65

Lista de Figuras

Figura 1. Flujograma de procesos, escuelas siglo XXI	11
Figura 2. American Institute of Architects' Traditional vs Integrated Project Delivery (IPD) Contractual Relationships (Miller et al. 2014)	24
Figura 3. Relación contractual del modelo contractual de Diseño-Construcción del "Design- Build Institute of America's (DBIA)" (Miller <i>et al.</i> 2014) y Escuelas del siglo XXI	24
Figura 4. Diagrama de Pareto: Aumento en costo vs causas de las órdenes de cambio	51
Figura 5. Diagrama de Pareto: Extensión de tiempo vs causas de las órdenes de cambio	58

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Este estudio pretende explorar e identificar las causas de las órdenes de cambio que ocurrieron en las escuelas del siglo XXI y ciclo IV de las escuelas públicas del sistema de educación de Puerto Rico; asociadas a la cantidad de dinero y tiempo generado, por órdenes indicadas, no contempladas en los contratos originales de los proyectos en cuestión. Es así que, situaciones que se traducen en las órdenes de cambio; tienen una marcada potencialidad de convertirse en costosas y dificultosas, por desacuerdos de estas en llegar a un espíritu de compromiso. En ese sentido, pueden crear: conflictos, omisiones y ambigüedades; no sólo del cuerpo experto técnico profesional, sino de los que operan la mano de obra.

Es así que se ha encontrado que ocurren grandes cantidades de órdenes de cambio en las escuelas del siglo XXI; haciendo que aumenten los costos de los proyectos y duraciones de los mismos, alterando el contrato, de modo muy significativo. Por esto, observar soluciones y la reducción en los procesos de cuantía económica y tiempo, son el norte y la razón inmediata de este estudio, para beneficio y aportación a la industria de la construcción. Esta investigación es importante porque explora de forma analítica, como se entienden y enfrentan los elementos indicados con respecto al término; órdenes de cambio, en el campo profesional de la ingeniería y gerencia de construcción.

En la literatura revisada, Puerto Rico no cuenta con un escrito relacionado a las órdenes de cambio. Es por esto que este trabajo de investigación aportará material de gran validez y uso para la industria de construcción en Puerto Rico y otras zonas. Es así que, los resultados, conclusiones y recomendaciones que se obtendrán funcionarán para el uso de otros países como: Estados Unidos de América (a nivel federal y estatal) ya que, en el ámbito legal y contractual, ambos países utilizan los mismos tipos de contratos: EJCDC y AIA.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El alcance del trabajo, con respecto a las órdenes de cambio, es un proceso que tiene que ser definido, previo al inicio de la construcción. Eventos inesperados pueden ser presenciales, cambiando de ese modo los planes originales. Siendo en su mayoría los proyectos de construcción, por licitación o por contrato. Para beneficio del lector, se define licitación como: ofrecer precio por algo en una subasta o almoneda (Real Academia Española, 2014). Con lo antes expuesto, es de suma importancia que se observen posibles suplementos del contrato existente. Definiendo así, el procedimiento para adaptarlo a la planificación de origen.

En el campo profesional de la ingeniería y la construcción, propiamente, existen varios términos que identifican los tipos de órdenes de cambio; notables en el modo de operar o enfrentar ciertas anomalías en el proceso, a saber: *cambio del alcance*, esta ocurre cuando el cliente desea añadir detalles al trabajo existencial, *condiciones imprevistas*: estas son cuando el constructor se enfrenta con una situación o problema que no era previsto, *errores profesionales y omisiones*; es cuando el constructor sostiene, que el Ingeniero o Arquitecto, no refleja en detalle o con certeza, las condiciones reales o incorrectas. En ese sentido, una orden de cambio generalmente presenta un cambio (o una modificación del proyecto) en el alcance de este, que eventualmente se traduce a un cambio económico, social e ingenieril de las partes expuestas. Por consiguiente, esto genera una situación suficientemente compleja en el ámbito de la gerencia de construcción que tiene que ser atendido de manera inmediata.

Para abonar a lo sostenido y así permitir que el lector evidencie una posibilidad de ópticas técnicas en el campo a investigar, este proyecto de investigación identifica, unas exposiciones de expertos, que a bien permiten abrir el marco de información del tema propuesto. El autor, menciona los tipos básicos de cambios que ocurren en el campo de la Ingeniería, a saber: los *directos* y los *constructivos*. Los primeros (directos) son fáciles de identificar, porque son directrices del dueño al contratista para elaborar un trabajo de forma diferente a la establecida en los documentos del contrato. En los cambios directos los desacuerdos

se centran en preguntas financieras y en el efecto que este tenga en el calendario del proyecto. Mientras que los cambios constructivos son causados por cambios u omisiones del dueño o sus representantes y donde, el contratista estima que se le ocasiona un aumento en los costos o en el tiempo de ejecución de la obra (Fisk 2010).

En la misma línea de pensamiento y permitiendo otros puntos de vista de expertos en el tema, este estudio identifica una explicación adicional para así evidenciar y auscultar otros puntos de encuentro. Es así que, Lluch (2007) en su libro “Gerencia e Ingeniería en Construcción”, presenta el término orden de cambio, como: “El cambio formal al contrato recomendado por el ingeniero/arquitecto que debe ser firmado por el dueño y el contratista. Este es el caso de los contratos con las condiciones generales estándar del “American Institute Architect” (AIA) y del “Engineer Joint Contract Document Committee” (EJCDC). La gran mayoría de los contratos utiliza el concepto de orden de cambio, pero la definición no siempre es igual, lo que hace necesario estudiar la cláusula en cada contrato específico.” Lo antes expuesto evidencia que en gran medida los procesos que encara el Ingeniero, al momento de presentar los contratos, requieren de un minucioso estudio de acuerdos y una adecuada comunicación cualitativa y cuantitativa, evidenciando un espíritu de comunicación afectiva y efectiva. En ese sentido, esta investigación pretende identificar con exactitud y precisión por medios cuantitativos (computacionales) y analíticos las causas principales, con sus respectivas frecuencias, de las órdenes de cambio en proyectos tipo diseño-construcción para reducir los mismos.

Para establecer un punto, que pueda converger con respecto al término en cuestión, de la literatura registrada se desprende que el término “change order” normalmente se le conoce como “Acuerdo o Convenio bilateral” entre el dueño y contratista; no obstante, es propio destacar que, en efecto al realizar un cambio en el contrato, el dueño es el único que tiene la autoridad. Sin embargo, en los contratos federales se le conoce como modificación o enmienda al contrato y es unilateral (Fisk 2010). Dicho esto, en Puerto Rico de igual modo, son unilaterales, ya que el gobierno en sus diferentes niveles, es el único que puede emitir las órdenes de cambio. En ese sentido, el contratista no puede emitir las órdenes en cuestión. Es preciso destacar

que Fisk (2010) presenta y engloba información suficiente acerca del tema, es por esto que sólo se menciona al autor en cuestión, en esta parte del escrito.

1.3 METODOLOGÍA A UTILIZARSE

Para fines metodológicos, se utilizará el diagrama de Pareto con el fin de establecer el análisis estadístico del estudio propuesto. El mismo es útil, para identificar y analizar las causas más frecuentes y menos frecuentes de las órdenes de cambio. Además se utilizará para analizar las extensiones en tiempo y costos.

1.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS CAPÍTULOS

Este trabajo de investigación está dividido en seis (6) partes, estas comprenden los siguientes capítulos: uno (1) que presenta la introducción junto a los objetivos propuestos, capítulo dos (2) presenta la revisión de literatura, capítulo tres (3) los aspectos metodológicos, capítulo cuatro (4) la discusión de los resultados del estudio, mediante el uso del diagrama de Pareto, capítulo cinco (5) las conclusiones del estudio y culmina con el capítulo seis (6) referencias.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de esta investigación es: identificar y evaluar las causas por las cuales se producen las órdenes de cambios en los proyectos de renovación de las escuelas del siglo XXI, del sistema de educación pública de Puerto Rico y se discutirán métodos de reducir dichas órdenes de cambio.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Otros objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

1. Realizar un análisis estadístico mediante el uso del diagrama de Pareto para identificar y analizar las causas y costos importantes más frecuentes y menos frecuentes que originaron las órdenes de cambio.
2. Explorar como se atendieron las órdenes de cambio en proyectos tipo diseño-construcción.

3. Observar y analizar cuanto fue la extensión en costo y tiempo de los proyectos que se afectaron.
4. Contribuir e identificar la forma en que se concibe las situaciones descritas en Puerto Rico, con respecto a las órdenes de cambio, y sus formas de implantación.

1.6 APORTACIÓN

El estudio que se desarrollará es importante porque explora de forma analítica, como se entienden y se resuelven las órdenes de cambio en el campo profesional de la ingeniería. Este estudio abona y aporta, como propósito fundamental, una mejor manera de atender los proyectos de construcción, controlando el tiempo de construcción y los costos de los proyectos de forma más eficiente y efectiva. Tomando esto en consideración, este trabajo investigativo expondrá soluciones innovadoras para evitar o reducir que ocurran cambios que generen aumentos en costos y tiempo en proyectos tipo diseño-construcción.

La información que se recopilará en este estudio, permite contribuir e identificar la forma en que se concibe las situaciones descritas en Puerto Rico, con respecto a las órdenes de cambio, sus formas de implantación y objetivos a alcanzar. Este tipo de información, es útil para administradores de la agencia reguladora AFI, profesionales del campo (ingenieros) y todo aquel interesado en educarse e instruirse con respecto al tema.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación se divide la revisión de literatura en los siguientes puntos:

2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESCUELAS DEL SIGLO XXI Y CICLO IV

Como observación de importancia y para beneficio del lector, el término: *Escuelas del siglo XXI* y *Escuelas del ciclo 4*, obedece a cambios de gobierno. Los títulos de estos o conceptos que se indican, son al fin y a la postre la misma finalidad. Es así que ambos utilizan el mismo tipo de contrato llamado: *Diseño-construcción*. En adelante y estableciendo la debida observación, se utilizará el término escuelas de siglo XXI. Por otro lado, es de suma importancia, destacar el norte de las llamadas escuelas del siglo XXI, en el sistema de educación Pública de Puerto Rico. Con esta, le permite una óptica mayor, de cuál fue la necesidad inmediata del esfuerzo gubernamental.

Los trabajos consistieron en la rehabilitación de elementos que transformaron las escuelas en unas a la altura del siglo XXI: modernización de las escuelas, siendo el proceso de construcción uno de diseño-construcción con el objetivo de proveer una mejor educación. Se mejoró la infraestructura, se remodelaron todo los salones de clases existentes, oficinas y demás espacios para actividades o en otros casos, se construyen escuelas nuevas. Además se llevaron a cabo renovaciones arquitectónicas y funcionales, así como la reconstrucción de sistemas existentes tales como: comunicaciones, wifi, plomería, electricidad, “site” en general (reparación de verjas, construcción de aceras, rampas, escaleras) y protección contra incendios.

2.2 PROGRAMA ESCUELAS PARA EL SIGLO XXI

La siguiente información fue obtenida del documento llamado: *“Solicitud de Aprobación de Ordenes de Cambios por Conceptos de Revisiones a los Planes de Espacios y Requerimientos de Educación Especial para los Proyectos de Modernización de Escuelas Siglo XXI”* del 25 de enero de 2012, localizada en el número de contrato 2011-000456-G, en estos se destacan los incisos: 2.2, 2.2.1., 2.2.2 y 2.2.3 del mencionado documento.

El 21 de junio de 2010 la Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura de Puerto Rico (AFI) y la Autoridad para la Alianzas Público-Privadas de Puerto Rico (AAPP) suscribieron el acuerdo de Entendimiento Interagencial bajo el cual la AFI proveería asistencia técnica, legal, financiera, administrativa para todo lo relacionado con la implementación del programa de modernización de escuelas, mejor conocido como el Programa de Escuelas para el Siglo XXI. Acorde al mencionado acuerdo, la AFI ha provisto asistencia especializada a la AAPP en los procesos de cualificación, requerimiento de propuestas y concesión de Contratos de la Alianza según lo establecido por la Ley Habilitadora de la APP (Ley Núm. 29 del 8 de junio de 2009) y el “Reglamento para la Licitación, Evaluación, Selección, Negociación y Adjudicación de Contratos de Alianza Público Privadas bajo la Ley Núm. 29 del 8 de junio de 2009” según adoptado por la AAPP el 19 de diciembre de 2009.

2.2.1 ORIGEN EN EL ÁMBITO DEL TRABAJO

En su origen, el ámbito del trabajo de la AFI consistía en brindar apoyo en las fases de diseño, construcción y conservación de diversas escuelas públicas existentes y la construcción de al menos cinco (5) escuelas nuevas. El propósito inicial del programa era mejorar el entorno escolar para fortalecer el aprovechamiento académico en el sistema público. De esta forma se había contemplado que en aquellos planteles escolares donde se realizaría una modernización se estarían acomodando el mismo número de estudiantes que dicha escuela había acomodado durante los últimos años. Los dueños de los planteles escolares, la Autoridad de Edificios Públicos (AEP), así como la Oficina para el Mejoramiento de las Escuelas Públicas (OMEP), traerían a su cargo proveer a la AFI los planos originales y la información necesaria para realizar la modernización de las escuelas. Por parte del Departamento de Educación (DE) tendría la labor de coordinar el uso de las escuelas y reubicar a los estudiantes de forma temporera a otros planteles, mientras se llevaba a cabo las referidas modernizaciones.

2.2.2 PLAN DE ESPACIOS PARA LAS ESCUELAS

Con la información provista por AEP y OMEP se realizó el diseño esquemático original, el proceso de pre-cualificación de proponentes, así como las adjudicaciones

finales de cada una de las escuelas a modernizar o a construir. Incluso se comenzó con los trabajo de construcción de muchas escuelas, luego de haber cumplido con dichas etapas, el DE entendió necesario aumentar la cantidad de estudiantes que pudieran tomar las clases en los planteles escolares, de esta forma el Plan de Espacios de las escuelas se vió alterado, en algunos casos la alteración de espacios es sustancial. El nuevo programa de espacio incluye: áreas administrativas, laboratorios, salones adicionales, e otras instalaciones de educación especial que no estaban contempladas en los ámbitos originales del contrato.

La AFI señala que debido a que los proyectos del Programa fueron delineados de forma tal que la responsabilidad total del diseño, construcción y conservación recayera en una sola entidad, es en el mejor interés público que cualquier cambio en el Plan de Espacio y rediseño sea realizado por la misma entidad que al momento se encuentra diseñando y construyendo la escuela. Debido a lo anterior se le economiza al calendario cantidades sustanciales de dinero debido a que se evita proceder con una nueva subasta, además que se evita alterar trabajos ya realizados, así como aquellas situaciones que pudieran ocurrir en la eventualidad de tener contratistas trabajando en el mismo sitio de proyecto.

2.2.3 RESPUESTA AL PROGRAMA DE ESPACIOS: ÓRDENES DE CAMBIO

Por estas razones expuestas anteriormente AFI entiende que el mejor mecanismo para añadir tareas adicionales no previstas en las subastas originales; las órdenes de cambio son la forma más ágil, rápida, segura y económica de aumentar los espacios en las escuelas que estaban en el proceso de modernización.

2.3 ÓRDENES DE CAMBIO

En la literatura revisada, Puerto Rico no cuenta con ningún escrito relacionado a las órdenes de cambio. Es por esto que este trabajo de investigación aportará material de gran validez y uso para la industria de construcción en Puerto Rico y otras zonas. Es así, que los resultados, conclusiones y recomendaciones que se obtendrán funcionarán para el uso de otros países como: Estados Unidos de América (a nivel

federal y estatal) ya que, en el ámbito legal y contractual, ambos países utilizan los mismos tipos de contratos: EJCDC y AIA.

El tema de las órdenes de cambio, en inglés, “change orders”, es discutido y analizado por expertos en el tema. Este estudio identifica como los expertos del campo establecen el marco teórico en los términos técnicos utilizados comúnmente en la construcción. Es en ese sentido y utilizando literatura actualizada, que se presenta la siguiente información relevante a las órdenes de cambio: Según Fisk (2010) en su libro *Construction Project Administration* presenta el término de la siguiente manera: “una orden de cambio es un documento formal que altera algunas condiciones de los documentos de contrato. La orden de cambio puede alterar el costo del contrato, plan de pago, la fecha de terminación, o los planos y especificaciones”. Es observable que la exposición del experto junto a la postura del siguiente, abonan en una verdad similar con respecto al tema. Es así, que se identifica la siguiente exposición.

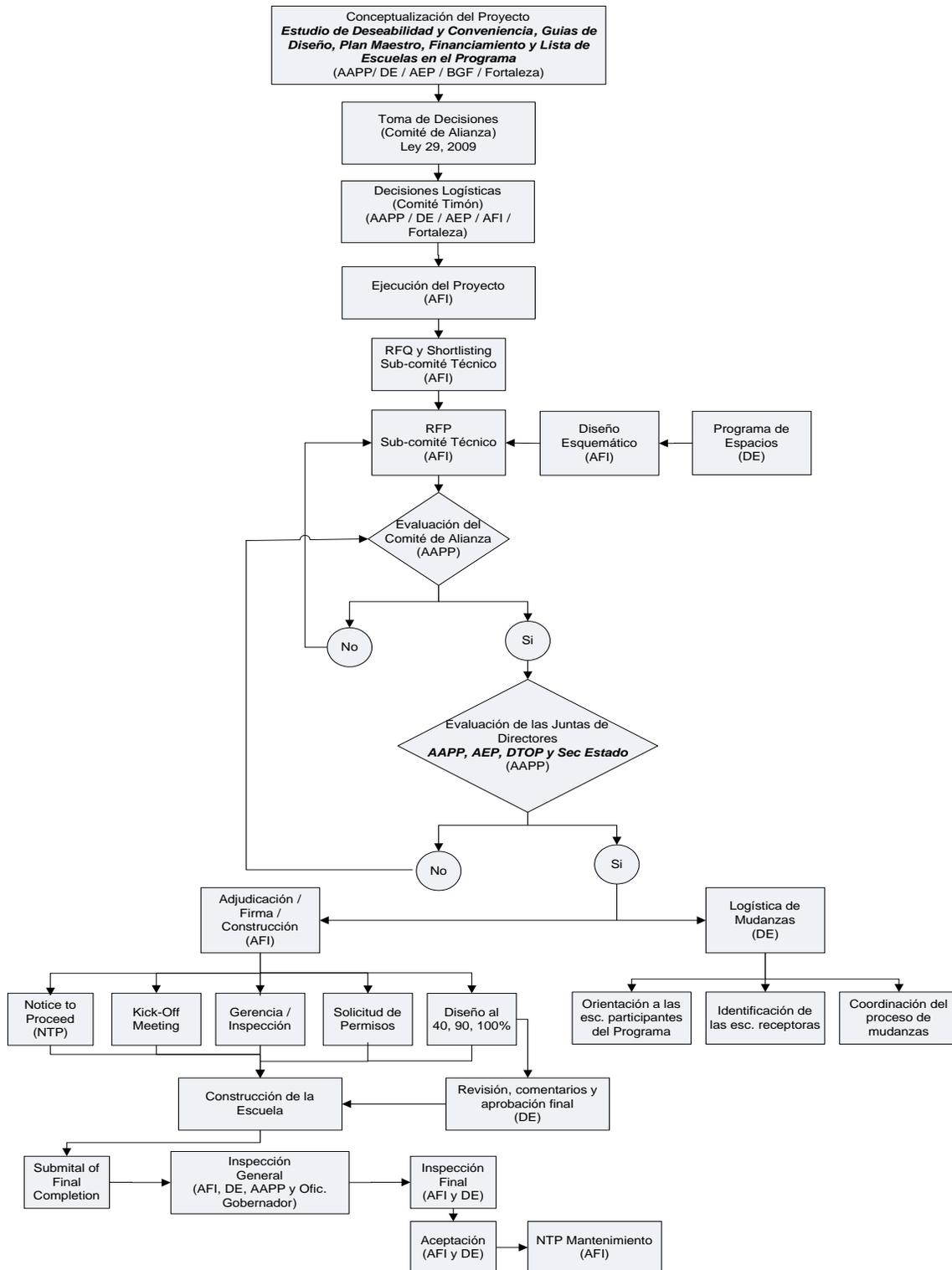
Una orden de cambio es una directriz del dueño o representante del dueño que altera los términos y condiciones del contrato (Barrie and Paulson 1992). Las órdenes de cambio afectan el proceso de construcción de muchas maneras dependiendo del tipo de contrato. Los proyectos que son afectados por órdenes de cambio suelen ser propensos a retrasos, aumentos de costos, y la reducción de la productividad del trabajo. La pérdida de productividad se traducirá en más horas-hombre perdidas, lo que aumenta los costos del contratista y la reducción de sus ganancias (Gunhan *et al.* 2007). Las órdenes de cambio afectan la duración del proyecto especialmente si están directamente relacionados con las actividades críticas del calendario. El impacto de estas, se deja sentir no sólo por contratistas y administradores gerenciales del proyecto, sino por los propietarios de igual modo. En esa línea de pensamiento y atando el problema de las órdenes de cambio, este estudio identifica, mediante literatura profesional investigativa, unos hallazgos que se identificaron en los Estados Unidos de América, con respecto al tema que se plantea. Esta investigación utiliza como base, una visión existencial que enfrentan los expertos a la hora de atender las conocidas órdenes de cambio. En el caso particular que se describe a

continuación, es uno enfocado a los problemas que se observa en algunas escuelas de Estados Unidos de América. Siendo este el foco de atención que se expondrá en este escrito, relacionado a las órdenes de cambio, es preciso entonces prestar interés a este evento investigativo.

2.4 FLUJOGRAMA DE PROCESOS UTILIZADO EN LAS ESCUELAS DEL SIGLO XXI

En la Figura 1 se observa el flujograma de procesos utilizado en las escuelas del siglo XXI. La misma evidencia los siguientes nombres, con información particular para así entender el diagrama proyectado:

1. Autoridad para las Alianzas Públicos-Privadas (AAPP)- AFI y la AAPP subscribieron el acuerdo de entendimiento Interagencial.
2. Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura (AFI)- Proveerá asistencia técnica, legal, financiera, administrativa para todo lo relacionado con la implementación del programa de modernización (Diseño-construcción-mantenimiento) de las escuelas, mejor conocido con el nombre de: Programa de Escuelas para el Siglo XXI, el mismo actúa como dueño del proyecto
3. Departamento de Educación (DE)- Tendría la labor de coordinar el uso de las escuelas y reubicar a los estudiantes de forma temporera a otros planteles, mientras se llevaba a cabo las referidas modernizaciones, el mismo será el usuario del proyecto; es por esto que en la relación contractual solo se presentan líneas entre cortadas para identificar que solo existe un intercambio de información entre la AFI y el DE
4. Autoridad de Edificios Públicos (AEP) y Oficinas para el mejoramientos de las Escuelas Públicas (OMEPE)- Traerían a su cargo proveer a la AFI los planos originales y la información necesaria para realizar la modernización de las escuelas; son los dueños de los planteles escolares; es por esto que en la relación contractual sólo se presentan líneas entre cortadas para identificar que solo existe un intercambio de información entre la AFI, AEP y OMEPE
5. "Construction Project Manager" (CPM)- Encargados del manejo del programa de la modernización de las escuelas del siglo XXI
6. Inspección- El trabajo de inspección, se le asignó a diferentes empresas locales



Fuente: Autoridad para las Alianzas Público-Privadas (AAPP), presentación de transición, diciembre de 2012

Figura 1. Flujo de procesos, escuelas siglo XXI

2.5 CASOS SIMILARES AL PROYECTO QUE SE PRESENTA EN ESTA INVESTIGACIÓN

Según, Gunhan *et al.* (2007): los proyectos que se llevaron a cabo fueron considerados en un distrito de las escuelas en los Estados Unidos. Aumento de la matrícula de los estudiantes y el mal estado actual de la infraestructura educativa requiere la construcción de más edificios de las escuelas y la renovación de las ya existentes. El elevado número y la magnitud de las órdenes de cambio en estos proyectos constituyen un impedimento para la entrega rápida y económica de estos proyectos. Un total de 6,585 órdenes de cambio presentadas en los proyectos de las escuelas del distrito se analizaron en el período de 5½ años desde 1999 hasta 2004 en cinco categorías. Las causas principales de estas órdenes de cambios son las siguientes:

- Cambios directos del dueño
- Problemas en el cumplimiento del código (“code compliance issues”)
- Errores u omisiones en los documentos del contrato
- Condiciones del lugar diferentes entre lo que se estipula en los documentos del contrato y lo que existe actualmente en el lugar de trabajo (“discovered or changes conditions”)
- Y otros

Es importante destacar que la causa principal para efectuar las órdenes de cambio en el proyecto discutido anteriormente fue: cambios directos del dueño. Sin embargo, como se había discutido anteriormente las órdenes de cambio son únicamente realizadas por el dueño. No obstante, Gunhan *et al.* (2007) presenta la causa de esta manera porque mientras el proyecto iba avanzando el dueño optaba por: requerimientos adicionales de espacios, alojamientos más lujosos y equipos más adelantados. Es decir, estos son cambios directos y no cambios constructivos. A diferencia de las otras cuatro (4) causas principales, que son cambios constructivos. Por esto es importante recalcar que, los cambios *constructivos* son causados por cambios u omisiones del dueño o sus representantes y donde, el contratista estima que se le ocasiona un aumento en los costos o en el tiempo de ejecución de la obra.

Los cambios directos son directrices del dueño al contratista para elaborar un trabajo de forma diferente a la establecida en los documentos del contrato (Fisk 2010).

Los resultados del estudio indican que el valor en dólares de las órdenes de cambio en relación con el costo del contrato original se puede reducir si se toman medidas preventivas. Estas medidas incluyen la elección de la compañía de gerencia de construcción correcta, enfatizando la definición del alcance del proyecto temprano y manejar de forma efectiva las actividades antes del contrato por “value engineering” y revisión de constructabilidad.

Otro caso que examinó las causas de las órdenes de cambio durante la fase de construcción en 23 proyectos privados con contratos tipo diseño-construcción y 20 proyectos del gobierno con diseño-subasta-construcción fue Perkins (2009). Este Identificó y observó que, los cambios pueden ocurrir por:

1. Requisitos del dueño en aditivas o deductivas en el trabajo
2. Acción de terceras personas ajenas a la voluntad del dueño o contratista
3. Atrasos en el suministro o acceso en el suministro de equipo por el dueño
4. “Different site conditions” (condiciones del lugar diferente a lo establecido en los documentos del contrato)
5. Y discrepancias en las especificaciones de los diseños originales

En su trabajo de investigación se presenta que ocurren menos errores por diseño para los contratos tipo diseño-construcción que para los proyectos con contratos tipo diseño-subasta-construcción. Utilizando el método estadístico del “t-test”, su investigación sustenta que los proyectos diseño-construcción, son significativamente diferentes, a los proyectos diseño-subasta-construcción, en cuestión a las causas de las órdenes de cambio que ocurren debido a los cambios que son por requisitos del dueño. Sin embargo los cambios por “different site conditions” no son significativamente diferentes entre los dos tipos de contratos discutidos anteriormente.

Mediante lo expuesto, este proyecto de investigación expondrá la comparabilidad de esos resultados, con los que se evidencian en esta investigación. En adelante y mediante el uso del diagrama de Pareto, se establece que una gran cantidad de cambios en las escuelas públicas del siglo XXI, del sistema de educación del país, ocurren por cambios requeridos o directos del dueño. De igual modo, se sostiene que se han demostrado pocos casos referentes a “different site conditions”; estos dos ejemplos discutidos anteriormente sustentan lo que el investigador ha encontrado. Por revisión de los casos se identifica que entre algunas de las razones principales para que ocurran las órdenes de cambio en los proyectos tipo diseño-construcción es por requisitos del dueño.

2.6 CAUSAS DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO SEGÚN EXPERTOS EN EL CAMPO

La literatura investigada, presenta o arroja, unas causas comunes que permiten este tipo de alteraciones al proyecto original. Cuatro expertos en el campo de la gerencia de construcción, nos llevan de la mano para así exponer, (desde su óptica) las posibles causas para que ocurran órdenes de cambio en un proyecto de construcción.

Según Fisk (2010), las categorías más comunes o condiciones que generalmente traen la necesidad de una orden de cambio en un contrato de construcción son las siguientes:

- “Differing site conditions”- Condiciones del lugar que difieren de lo estipulado en el contrato.
- Errores y omisiones en los planos y especificaciones
- Cambios establecidos por agencias reguladoras
- Cambios en los diseños
- “Overruns/underruns in quantities beyond limits”= cantidades más allá de lo establecido en el contrato que exceden los límites establecidos en el contrato o factores que afectan el tiempo de terminación

Según Gould and Joyce (2003), hay 3 razones principales para que ocurran los cambios en un proyecto de construcción:

1. El alcance del proyecto cambia debido a un(os) cambio(s) en los requisitos del dueño. En esta orden de cambio no existe disputa entre las partes ya que es una orden del dueño.
2. El trabajo debe ser realizado de manera diferente debido a las condiciones imprevistas.
3. El diseño debe ser ajustado debido a las omisiones en los documentos de contrato o características de diseño que no se pueden construir como se especificaron.

En referencia a la publicación de Hanna *et al.* (2004) presenta que las 3 razones principales que causan las órdenes de cambio, son las siguientes:

1. Adición
2. Cambios en diseño
3. Errores en el diseño

Según Alnuaimi (2010), de su publicación, que tiene como marco de localización Omán, presenta varias causas de las órdenes de cambio, algunas de estas son:

1. Cambios en diseños
2. Dueño instruye obras adicionales
3. Dueño instruye modificaciones a los diseños
4. Dueño falla en tomar decisiones o revisar documentos a tiempo
5. Honorarios bajo de consultoría o diseñadores con poca experiencia
6. Las necesidades del dueño durante la fase de diseño no estuvieron claras o bien definida
7. Errores en el diseño
8. Los criterios de diseño y construcción no están actualizados y no se adaptan a la tecnología actual de la construcción

9. Consultores no familiarizados con las normas y permisos de construcción.

Luego de indagar, recopilar en literatura y publicaciones; este investigador presenta en los párrafos anteriores algunas causas de las órdenes de cambio que son muy similares. Algunas de estas son: omisiones en los documentos de contrato, cambios en los diseños, errores en los diseños, dueño instruye obras adicionales y modificaciones a los diseños. Es así, que varias de estas causas, serán utilizadas en el diagrama de Pareto como normativa investigativa y de análisis. Sin embargo, atendiendo la revisión de las órdenes de cambio de las escuelas del siglo XXI; identificará y evaluará causas propias del proyecto en cuestión, aportando, de este modo a la investigación.

Por otro lado, Alnuaimi (2010), presenta en sus publicación llevada a cabo en proyectos ubicados en Oman, varias causas de las órdenes de cambio. Es importante identificar que varias de estas causas son similares a otras que presentan otros expertos como: Fisk (2010), Gunhan *et al.* (2007) y Hanna *et al.* (2004) y que serán relevantes al estudio propuesto. Es de especial atención, entender que; algunas de estas no aplican al entorno donde se efectuaron las de este estudio, en este caso Puerto Rico. A saber: honorarios bajos de consultoría o diseñadores con poca experiencia, los criterios de diseño y construcción no están actualizados y no se adaptan a la tecnología actual de la construcción, consultores no familiarizados con las normas y permisos de construcción, entre otros.

2.7 RESUMEN DE CAUSAS ENCONTRADAS EN LA LITERATURA

La Tabla 1 presenta algunas de las causas más importantes y menos importantes encontradas en la literatura revisada.

Tabla 1. Principales causas que originaron órdenes de cambio, identificadas según diferentes autores

PRINCIPALES CAUSAS DE ÓRDENES DE CAMBIO	AUTORES IDENTIFICADOS EN REVISIÓN DE LITERATURA, QUE OBSERVAN LAS CAUSAS EN LAS ÓRDENES DE CAMBIO						
	Ramos-Maldonado (2015)	Alnuami (2010)	Fisk (2010)	Perkins (2009)	Gunhan et. al (2007)	Hanna et al. (2004)	Gould and Joyce (2003)
CAMBIOS DIRECTOS DEL DUEÑO	X	X	X	X	X	X	X
ERRORES EN LOS DISEÑOS	X	X	X	X		X	
“DIFFERENT SITE CONDITIONS”	X		X	X	X		
ERRORES U OMISIONES EN LOS DOCUMENTOS DEL CONTRATO	X		X		X		X
CAMBIOS EN LOS DISEÑOS		X	X			X	
CAMBIOS ESTABLECIDOS POR LAS AGENCIAS REGULADORAS	X		X				
ATRASOS EN EL SUMINISTRO O ACCESO EN EL SUMINISTRO DE EQUIPO POR EL DUEÑO				X			
DISCREPANCIAS EN LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS ORIGINALES				X			
CONDICIONES IMPREVISTAS							X
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO QUE NO SE PUEDEN CONSTRUIR SEGÚN SE ESPECIFICARON						X	
DUEÑO FALLA EN TOMAR DECISIONES O REVISAR DOCUMENTOS A TIEMPO		X					
CONSULTORES NO FAMILIARIZADOS CON LAS NORMAS Y PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN		X					

2.8 MODELO DE CONTRATO: DISEÑO-CONSTRUCCIÓN (“DESIGN-BUILD”)

El contrato diseño-construcción es el utilizado en todas las escuelas del siglo XXI, del que esta publicación estará utilizando como base. Este contrato se da cuando el dueño contrata a una sola compañía para que diseñe y construya el proyecto (Lluch 2007). Algunas de las ventajas del diseño- construcción para el dueño, en un proyecto de construcción son las siguientes (Lluch 2007):

- Se tiende a evitar el desarrollo de una relación adversaria entre el ingeniero/arquitecto y contratista;
- Se reduce el número de órdenes de cambio durante la construcción;
- Se reducen las demandas al dueño por errores de diseño;
- Se reduce el tiempo en comenzar a construir una instalación;
- Se asegura que el dueño se mantenga bajo presupuesto disponible, especialmente cuando el presupuesto se incluye en la solicitud de propuestas;
- Se reducen los detalles en el diseño, ya que el diseño es interno del contratista.

Entre algunas de las desventajas que presenta el experto son las siguientes: algunos críticos argumentan que el dueño se puede perjudicar al no tener al ingeniero/arquitecto cotejando la labor del contratista, actuando de forma objetiva en favor de los intereses del dueño. También el utilizar este tipo de contrato es un riesgo ya que los planos y especificaciones pueden resultar inadecuados o el proyecto resulte ser lo que el dueño no deseaba. Sin embargo este riesgo se reduce grandemente si el contrato con el diseñador-constructor incluye una buena definición del alcance del proyecto y documentos conceptuales claros y específicos con los requisitos de calidad del proyecto. Además, se recomienda que el contrato incluya una cláusula indicativa, donde el dueño debe aprobar los planos antes de comenzar la construcción. Y otra cláusula que permita al dueño solicitar al contratista las pruebas de calidad que crea necesarias como parte del contrato.

Ahora bien, siguiendo la línea de pensamiento, con respecto al tema y observando el escenario actual en el contexto que nos ocupa, este investigador por revisión previa de 10 escuelas del siglo XXI aporta que, muchas de las órdenes de

cambio efectuadas se deben a cambios en el alcance inicial del proyecto. Es decir, se evidencia que resultan órdenes de cambio, por requisitos del dueño, que requieren un aumento en el espacio. Por consiguiente se requieren más salones, más mobiliarios, más computadoras; en fin todos los equipos y materiales de construcción necesarios para llevar a cabo la modernización de las escuelas aumentan, afectando el alcance inicial del proyecto. En resumen, el contrato entre el dueño y diseñador-constructor no define de forma adecuada el alcance inicial del proyecto. Esto evidencia que estos cambios aumentan la cuantía en costo y tiempo, la modernización de las escuelas del siglo XXI.

Gibson et al. (2007) indica que las agencias públicas de todo el país a través de Estados Unidos de América han optado en utilizar el método de entrega de diseño-construcción para mejorar el desempeño del tiempo en los proyectos. No cabe duda que esta fue una de las razones primordiales que se tomaron en consideración para realizar las 101 escuelas del siglo XXI, con el tipo de contrato diseño-construcción.

Los dueños de los proyectos toman en consideración utilizar esta modalidad contractual para proyectos simples y complejos por muchas razones. Dos de los principales objetivos en utilizar contratos tipo diseño-construcción son: buscar acelerar el calendario del proyecto y estimular el uso de soluciones innovadoras en los diseños (Songer and Molenaar 1996). Es por esto que, se identifica en su estudio lo siguiente: “Los dueños opinan que se debe utilizar contratos tipo diseño-construcción cuando ellos quieren acortar la duración de entrega del proyecto”.

López del Puerto *et al.* (2008), realiza una encuesta utilizando: 37 estados de Estados Unidos de América, Canadá, y otras localizaciones fuera de los Estados Unidos de América. Esta fue completada por 221 participantes con bastas experiencias previas en proyectos tipo diseño-construcción, durante el año 2003. En este se determinan las razones principales, del por qué los dueños seleccionan métodos alternos, como diseño-construcción para realizar los proyectos de construcción. El propósito de realizar esta pregunta a los dueños fue probar una conexión potencial entre las verdaderas razones de los dueños y lo que las industrias

profesionales de diseño-construcción opinan acerca de las razones, por las cuales los dueños escogen el contrato tipo diseño-construcción. Es por esto, que utilizando una encuesta, se invita a los dueños, seleccionar entre una de las siguientes razones, el por qué han preferido escoger la forma contractual de diseño-construcción en proyectos previos:

- Innovación: Obtener soluciones creativas del proyecto (Beard et al. 2001);
- Ahorro de costos: Reducir el costo total del proyecto en comparación con los otros métodos de contratación. (Songer y Molenaar 1996);
- Establecer los costos de forma temprana: Asegurar el costo total del proyecto antes de comenzar con los diseños detallados (Songer and Molenaar 1996);
- Reducir la programación del calendario: Disminuir el tiempo total de finalización del proyecto en comparación con los otros métodos de contratación (Songer y Molenaar 1996);
- Selección basada en la razón de: cualificaciones/desempeño de proyectos anteriores, para el diseñador y constructor (Beard et al. 2001);
- Una sola entidad responsable del diseño y construcción (Beard et al. 2001);
- La participación del constructor en el diseño (Gransberg y López del Puerto 2004); y
- Mejor oferta de selección (“Best Value Selection”): El proyecto se concede al equipo que ofrece mayor cantidad de beneficios para el dueño y el precio no es el único factor que se toma en consideración (FAR 1996)

López del Puerto et al. (2008), Songer y Molenaar (1996), R. K., obtienen resultados consistentes en relación a la principal razón para seleccionar un contrato tipo diseño- construcción, esta es: reducir la programación del calendario. Sin embargo la industria de profesionales en diseño-construcción categoriza la reducción de la programación de los calendarios, en segundo lugar. Es por esto que ellos opinan que la razón principal porque los dueños optan por escoger el contrato tipo diseño-construcción en sustitución de los contratos tipo diseño-subasta-construcción es que, estos desean una sola entidad responsable del diseño y la construcción. Por otro lado,

los dueños categorizan, establecer los costos de forma temprana, en segundo lugar, lo cual es consistente, con los resultados obtenidos en el estudio de Songer y Molenaar. Sin embargo la industria de profesionales de los contratos tipo diseño-construcción no comparten la misma opinión, ya que ellos la categorizan en sexto lugar.

¿Cuál o cuáles son las razones principales para escoger la forma contractual de diseño-construcción? Es una pregunta obligada que deben tomar en consideración los que componen la industria de la construcción, al momento de tomar una decisión de qué tipo de contrato utilizar. Desde el punto de vista de los dueños con experiencias previas en proyectos tipo diseño-construcción; las tres razones principales que tomaron en consideración para escoger esta modalidad contractual fueron las siguientes: reducir la programación del calendario, establecer los costos de forma temprana y adquirir una sola entidad responsable del diseño y construcción. Por lo tanto, es de gran utilidad e importancia para este estudio conocer esta información, ya que le permite al lector, establecer una direccionalidad de posibles razones que tomó en consideración el Gobierno de Puerto Rico para optar por el uso de esta modalidad contractual: diseño-construcción.

2.9 COMPARACIÓN DE LOS MODELOS DE CONTRATACIÓN: AIA 295, DBIA 535 Y ESCUELAS DEL SIGLO XXI

El objetivo de esta sección es presentar un resumen de las comparaciones de los documentos contractuales de: AIA 295, DBIA 535 y escuelas del siglo XXI, y así identificar las semejanzas y diferencias entre los 3 documentos. Para esto se realiza un análisis comparativo como técnica para ofrecer unas comparaciones descriptivas que permita hallar elementos distintivos (Pickvance, 2001). Con los propósitos de este análisis se compararán las condiciones generales del AIA 295, DBIA 535 y escuelas del siglo XXI. Las tres (3) provisiones que se utilizarán de comparabilidad con los documentos contractuales, fueron seleccionadas dado su influencia en el éxito que estas causan en la ejecución de los proyectos diseño-construcción (Miller *et al.* 2014). Estas son: Propósito, estructura, asignar riesgos (general, seguros e indemnización).

Propósito

De acuerdo al Artículo 2.1.5 de las condiciones generales de los documentos de las escuelas del siglo XXI, el propósito del documento contractual es el siguiente:

“The Contractor is responsible for the construction of a complete, fully operational and functional facility in accordance with the Contract Documents and Good Industry Practices. The Contractor shall furnish all management, construction and installation, and all other labor (at staffing and manpower levels sufficient to complete each and every construction activity involved in the Work continuously, expeditiously and efficiently), materials, tools, supplies, equipment and other items necessary for the expeditious, proper execution and completion of the Work in accordance with the Contract Documents and in a manner so as to meet or exceed all standards established by the Contract Documents”.

El DBIA 535 tiene como propósito lo siguiente:

“The General Conditions of Contract provide the terms and conditions under which the Work of the Project will be performed.” (DBIA, 2010)

y de acuerdo al artículo 1: en las Provisiones Generales del AIA 295, el propósito del contrato es realizar un récord que indique lo siguiente:

“The Owner, Architect and Contractor have agreed to plan, design, and construct the Project in a collaborative environment following the principles of Integrated Project Delivery and to utilize Building Information Modeling to maximize the use of their knowledge, skills, and services for the benefit of the Project. The Architect and Contractor will deliver the Project in the following phases, which may overlap: Conceptualization, Criteria Design, Detailed Design, Implementation Documents, Construction and Closeout” (American Institute of Architects, 2008).

Al principio el documento de las escuelas del siglo XXI se presenta unas directrices específicas hacia el contratista, ya que identifica e ilustra de forma general todas las responsabilidades contractuales para el Contratista y no menciona ninguna responsabilidad contractual hacia el dueño y diseñador del proyecto. Estas características son similares al AIA 295, en el sentido que este (AIA 295) establece unas directrices generales del proceso a llevar a cabo el proyecto; es decir menciona que las partes expuestas deben planificar, diseñar y construir en un ambiente de colaboración. Pero en comparación con el DBIA 535, se presentan diferencias ya que, este lo presenta de manera mucho más simple y directa sin especificar ninguna guía específica de cómo se realizará en el proyecto.

Por otro lado el AIA 295 se considera más rígido que el DBIA 535, ya que presenta un orden exacto en el cual se deben realizar las tareas. Y el DBIA 535 es más simple y específico que el AIA 295. Como modo de observación, se identifica que el propósito del contrato de las escuelas del siglo XXI está dirigido al contratista como una sola entidad y no a la entidad de diseñador-constructor.

Por lo antes expuesto, los contratos de la AIA 295 y el de las escuelas del siglo XXI son prescriptivos y no flexible como el del DBIA 535. Esto es poco convencional para un contrato, pero cuando existe la integración y flexibilidad de las partes envueltas en un contrato se genera un mejor producto.

Estructura del Contrato

Como forma de comparación entre los contratos del AIA: diseño-subasta-construcción y entrega del proyecto integrado (con sus siglas en inglés IPD-Integrated Project Delivery) se presenta la Figura 2 . Al observar las relaciones contractuales de esta figura se presenta que si no se establece una relación contractual entre el arquitecto y el contratista no hay ninguna garantía que las partes envueltas colaboren de forma efectiva. Sin embargo con el modelo contractual de la AIA 295 no hay ninguna obligación legal del contratista de aportar al arquitecto durante la fase de diseño (Miller *et al.* 2014).

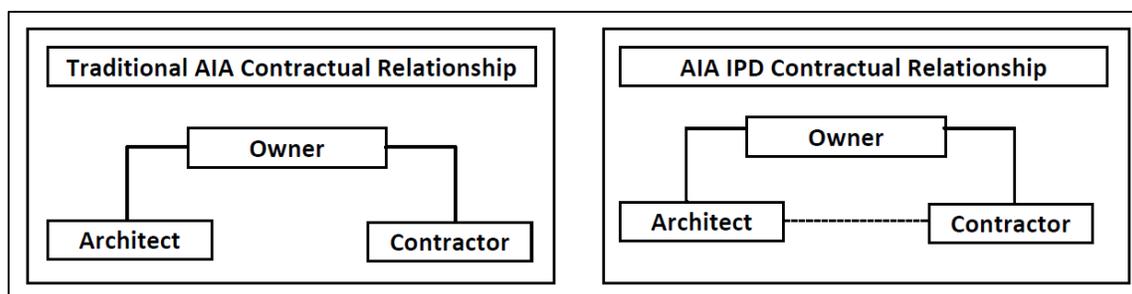


Figura 2. American Institute of Architects' Traditional vs Integrated Project Delivery (IPD) Contractual Relationships (Miller et al. 2014)

La Figura 3 presenta la relación contractual que existe entre el dueño y la entidad del diseñador-constructor. No cabe duda que esta relación presenta como el dueño tiene un sólo contrato con el diseñador-constructor. Es por esto que, en el contrato del DBIA 535 y escuelas del siglo XXI se presenta un arreglo que refleja un balance entre los riesgos y se consideran los intereses de las partes envueltas.

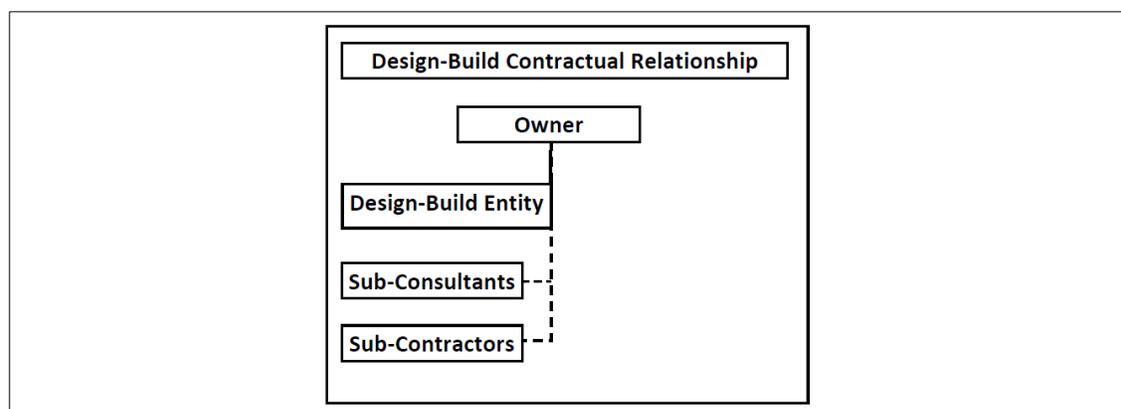


Figura 3. Relación contractual del modelo contractual de Diseño-Construcción del "Design-Build Institute of America's (DBIA)" (Miller et al. 2014) y Escuelas del siglo XXI

Asignar los riesgos

En el contexto de los seguros, los arquitectos bajo el modelo contractual de la AIA 295 retienen una gran cantidad del control, no sólo del diseño, también de la construcción en el sentido que, el contratista debe construir lo que el arquitecto y dueño del proyecto hayan acordado (American Institute of Architects 2008). En este tipo de contrato el arquitecto no está bajo ninguna obligación contractual de obtener algún seguro con respecto al proyecto. Sin embargo, en la corte los diseñadores siguen

siendo responsables por errores y omisiones, a pesar de lo que esté presente en las cláusulas del contrato (Miller *et al.* 2014).

En los contratos del DBIA 535 el diseñador-constructor y el dueño comparten la responsabilidad de retener y mantener los seguros como compromiso de su acuerdo con el proyecto (DBIA 2010). Contrario a las guías del AIA ya que el documento del DBIA 535 y escuelas del siglo XXI les requieren al diseñador-constructor obtener sus propios seguros y de esta manera librar al dueño de una porción de los riesgos. En el documento de las escuelas del siglo XXI el dueño le requiere al consorcio solicitar los servicios de OCIP (“Authority Owner Controlled Insurance Program”). Lo antes expuesto se encuentra en el artículo 3 (Fianzas y seguros) de las condiciones generales de las escuelas del siglo XXI, y lo especifica de la siguiente manera:

“3.1 General: The Contractor shall not commence work under the Contract until he has obtained the various insurances and bonds specified in the Authority’s Owner Controlled Insurance Program (“OCIP”). Owner shall provide to Contractor an exact copy of the applicable Owner Controlled Insurance Program Manual together with the Contract Documents” (Condiciones Generales de las Escuelas del Siglo XXI).

“3.2 AFI has instituted and implemented an owner-controlled insurance program (the “OCIP”) for this and other projects to be undertaken by AFI, including, a commercial general liability and excess liability policy (the “Project CGL Policy”), and an all-risk property policy. The OCIP will cover, as insureds, AFI, AFI’s Representative, and all eligible contractors and subcontractors of every tier enrolled in the OCIP and performing Work at the Project Site. The commercial general and excess liability policies which are intended to be provided under the OCIP will provide coverage in amounts not less than the coverage required under Section 12.3. If and

when implemented, AFI will procure and pay for the premiums for the OCIP. Participation in the OCIP is mandatory but not automatic” (Condiciones Generales de las Escuelas del S XXI).

El modelo contractual del DBIA 535 lo especifica de la siguiente manera:

“... cover the entire Project to the full insurable value of the Project, including professional fees, overtime premiums and all other expenses incurred to replace or repair the insured property” (DBIA 2010).

Es por esto que Miller *et al.*, especifica que el lenguaje utilizado en este modelo contractual (DBIA) es uno con intereses en el proyecto como un todo y no en los individuos.

Por otra parte, en relación a la indemnización, la cláusula de las escuelas del siglo XXI especifica lo siguiente:

“To the fullest extent permitted by Laws and Regulations, Contractor shall indemnify and hold harmless Owner, Architect/Engineer, Architect/Engineer’s Consultants, and the officers, directors, partners, employees, agents, and other consultants and subcontractors of each and any of them from and against all claims, costs, losses, and damages ...” (Condiciones Generales de las Escuelas del S XXI).

El modelo contractual de la AIA 295 lo especifica de la siguiente manera:

“To the fullest extent permitted by Laws and Regulations, Contractor shall indemnify and hold harmless Owner, Architect, Architect’s Consultants and agents and employees of any of them from and against claims, damages, losses and expenses...” (American Institute of Architects, 2008).

Es así que, se identifica que los documentos (AIA 295 y escuelas del siglo XXI) son bien parecidos en relación a las partes citadas; con respecto, a la forma en que lo presentan. Ya que, ambos documentos identifican que el contratista debe indemnizar

al dueño, arquitecto, consultores del arquitecto, entre otros, de algunos daños, pérdidas y reclamaciones. Es importante mencionar que ambas condiciones generales presentan muchas otras cláusulas relacionadas a la indemnización.

Sin embargo, las condiciones generales del DBIA 535 presentan muchas otras cláusulas referentes a la indemnización. Al principio esta cláusula aparenta ser igual a las de los documentos del AIA 295 y escuelas del siglo XXI, ya que se desarrolla de la siguiente manera:

“Owner, to the fullest extent permitted by law, shall indemnify, hold harmless and defend Design-Builder and any of Design-Builder’s officers, directors, and employees, from and against claims, losses, damages, liabilities, including attorneys’ fees and expenses, for bodily injury, sickness or death, and property damage or destruction...”
(DBIA 2010).

Sin embargo, al leer esta cláusula los riesgos y responsabilidades entre el dueño y el diseñador- constructor son iguales en todos los sentidos. Es decir, si todas las partes son beneficiadas de forma positiva en el proyecto estas deben ser igualmente responsables si ocurre algo negativo. De la única manera, para realizar esto, es observando o implantando una cláusula de indemnización para todas las partes (Miller *et al.* 2014). Conociendo esta información se concluye que, la cláusula de indemnización presentada en este escrito es parecida a las del AIA 295 y escuelas del siglo XXI, pero difieren ambas con la del DBIA 535.

En resumen, la Tabla 2 compara los siguientes documentos contractuales: AIA 295, DBIA 535 y Escuelas del Siglo XXI. En este, se identifican similitudes y diferencias entre los 3 contratos y para las 3 diferentes provisiones. Información relevante a los documentos contractuales de la AIA 295 y DBIA NO.535 fue obtenida del trabajo investigativo de Miller *et al.* 2014. Sin embargo, el análisis comparativo entre las condiciones generales que incluye el documento de las escuelas del siglo XXI es propio de este estudio.

Tabla 2. Resumen de comparaciones entre los siguientes documentos contractuales: Documento de la AIA A295, documento del DBIA No. 535 y documento de escuelas del siglo XXI.

PROVISIONES	DOCUMENTO DE AIA A295	DOCUMENTO DE DBIA NO.535	DOCUMENTO DE ESCUELAS DEL SIGLO XXI
A. PROPÓSITO	Prescriptivo	Flexible	Prescriptivo
B. ESTRUCTURA	El dueño tiene un sólo contrato con el diseñador-constructor.	El dueño tiene un sólo contrato con el diseñador-constructor.	El usuario (DE) o el dueño (AFI) tiene un sólo contrato con el diseñador-constructor. El contrato que se utiliza es: Diseño-construcción-conservación ¹ .
C. ASIGNAR LOS RIESGOS:			
GENERAL	El arquitecto retiene una gran cantidad del control. El contratista debe construir lo que el arquitecto y dueño hayan acordado.	Todas las partes se benefician de un resultado positivo y son igualmente responsables de un resultado negativo.	El contratista debe construir lo que se haya acordado en el contrato. El dueño retiene una gran cantidad del control.
SEGUROS	El Arquitecto no está bajo ninguna obligación contractual de obtener los seguros.	El diseñador-constructor y el dueño comparten la responsabilidad de retener y mantener los seguros.	El dueño solicita al diseñador-constructor que se suscriban a OCIP ² y será para beneficio del dueño, y sus contratistas / consultores y sub-contratistas / sub-consultores de todos los niveles que tengan en el lugar ("site"), empleados y una nómina en específico.
INDMNIZACIÓN	Favorece al arquitecto y el dueño.	Protege los intereses del proyecto en su totalidad en vez de los individuos.	Favorece los intereses del dueño y los contratistas

1 Diseño/construcción/conservación- Se realiza este tipo de contrato para responsabilizar a una sola entidad en el diseño, construcción y la conservación. La conservación se refiere al mantenimiento de la escuela. Este será por 1 año, luego de finalizar la construcción o remodelación y de entregar la escuela al dueño del proyecto.

2 "The Puerto Rico Infrastructure Financing Authority (AFI) has implemented an Owner Controlled Insurance Program (hereinafter, "OCIP"). The awarded Designer/Contractor/Maintenance Consortium must enroll in the OCIP."(AFI-Supplementary Conditions 2010)

3. METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología en las siguientes partes:

3.1 FORMULAR PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación inicia, al formular el planteamiento que define el objetivo principal del estudio propuesto.

3.2 REVISAR LA LITERATURA

Este proyecto de investigación obtendrá y revisará: publicaciones, investigaciones técnicas, artículos, literatura vigente, datos provistos por AFI, y documentación de los contratos, que a bien sean de utilidad al tema en cuestión y al profesional del campo.

3.3 BITÁCORA DE LOS PROCESOS METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO PROPUESTO

Se firma un acuerdo de confidencialidad entre la AFI y este investigador. Las partes acuerdan que una vez concluido el análisis estadístico y estudio, el investigador devolverá a AFI la información y documentos que le fue provista y que los documentos recibidos sean utilizados para fines del estudio. Se desprende del acuerdo que: no se divulgará a persona o entidad, información financiera de algún contratista mencionado en los documentos, bajo ningún concepto en el texto que resulte como producto de una investigación, trabajo o estudio estadístico. Sin embargo esto no afectará el estudio ya que como parte de los objetivos esta investigación estará identificando y evaluando las causas, costos y tiempo de las órdenes de cambio.

El acuerdo fue evidenciado y certificado, por las partes que así lo componen, a saber, el Dr. Omar Molina Bas, Catedrático asociado de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez (UPRM), el Sr. David Ramos Maldonado, estudiante Graduado del UPRM y la Lcda. Grace Santana Balado, Directora Ejecutiva de AFI.

3.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental que este proyecto de investigación identifica es el siguiente:

3.4.1 IDENTIFICAR CANTIDAD DE ESCUELAS QUE OBTENDRÁ EL INVESTIGADOR PARA REALIZAR EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

La necesidad de conocer las escuelas en cuestión, es la esencia del trabajo, para así observar y evidenciar las anomalías ocurridas en el proceso. La Tabla 3, presenta las escuelas que están bajo el programa de las escuelas del siglo XXI y ciclo IV. Además se observan las 40 escuelas identificadas por el autor de este estudio. Estas serán las que se utilizarán para evaluar las órdenes de cambio, y de esta manera obtener las causas, aumentos en costos y extensiones de tiempo que afectaron las escuelas públicas de Puerto Rico: conocidas con el nombre de escuelas del siglo XXI.

Tabla 3. Resumen de escuelas del siglo XXI y Ciclo IV

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
TOTAL ESCUELAS	101
SIGLO XXI	83
CICLO IV	18
OBTENIDAS POR EL INVESTIGADOR (ENTREGADAS)	40

Las escuelas estudiadas, representan el cien por ciento del total de los proyectos finalizados a la fecha. Quiere decir que, las 40 escuelas representan el total de la población de proyectos disponibles hasta febrero del 2014. Ya que, son las que habían sido entregadas al Departamento de Educación (DE), (Ver Apéndice A)

3.4.2 INDAGAR COMO LOS DOCUMENTOS DE LOS CONTRATOS DEFINEN LOS SIGUIENTES TÉRMINOS: ÓRDENES DE CAMBIO, EXTENSIÓN DE TIEMPO, ENTRE OTROS.

Para direccionalidad del estudio, es importante conocer a fondo la definición propia de los términos indicados.

3.4.3 IDENTIFICAR Y ANALIZAR LAS CAUSAS DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO.

Identificar y evaluar las causas por las cuales se producen las órdenes de cambios en los proyectos de renovación de las escuelas del siglo XXI, del sistema de educación pública de Puerto Rico es clave en este estudio; ya que con esto se discutirán métodos de reducir dichas órdenes de cambio. Es por esto que explicar de manera específica como se realizó la clasificación de las 15 causas de las órdenes de cambio para las 40 escuelas del siglo XXI es significativo. Es preciso destacar que se evaluaron 197 órdenes de cambio, siendo un dato particular, el mencionar que estas órdenes de cambio generaron 443 razones (frecuencias), las cuales se clasifican en estas 15 causas identificadas por este investigador.

Además para efectos de estos contratos, los cambios solicitados directamente por el dueño se le llama: directriz del dueño al contratista, cambios en los diseños, cambios al programa de mantenimiento y cambios en los diseños en aditivas y deductivas. Por tanto esta causa es un cambio ordenado por el dueño.

En el modelo contractual diseño-construcción cuando ocurren errores en los diseños o defectos en los planos y especificaciones del contrato (como se identifica en este proyecto) la responsabilidad incide sobre la entidad, diseñador-constructor. Sin embargo para efectos de este proyecto se identifica defectos en los planos y especificaciones del contrato, no obstante la responsabilidad recae sobre el dueño, ya que fue un defecto en las especificaciones del contrato y no un error o defecto de diseño. Por otro lado, a diferencia del modelo contractual llamado diseño-subasta-construcción, cuando acontecen errores en los diseños la responsabilidad incide sobre el dueño, ya que en este caso el diseñador es contratado de forma directa por el mismo.

A continuación se presentan las razones y explicaciones del por qué este investigador identificó 15 causas luego de auscultar las órdenes de cambio.

3.4.3.1 DIRECTRIZ DEL DUEÑO AL CONTRATISTA

Esta es una de las causas más importantes o que más contribuyen al aumento en costo y extensión del tiempo contractual en las escuelas del siglo XXI. Para

clasificar esta causa bajo el nombre de “directriz del dueño al contratista” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por una directriz del dueño al contratista. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica que el cambio solicitado ocurre al formalizar o aplicar la directriz de cambio; se procede a realizar esta clasificación titulada, “directriz del dueño al contratista”. Es decir, antes de mencionar la orden de cambio en el escrito hay una parte que especifica de forma directa “directriz de cambio (DC)”. Las mismas se identifican en el documento original con números, es por esto que en algunas órdenes de cambio se pueden identificar más de una directriz del dueño al contratista. Además se incluye que esta causa es un cambio directo del dueño (AFI) o usuario (DE).

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como “directriz del dueño al contratista” son las siguientes:

1. Según la DC #1, se incorpora al contrato los trabajos requeridos para cumplir con el Programa de espacios aprobados por el Departamento de Educación (DE). Entre los cuales cabe mencionar los siguientes: demolición y construcción de paredes, empañetado, unidades de aire acondicionados, construcción de estructura nueva para salón de educación física, educación especial, y “salón Davinci” e instalación de un “lift chair” para proveer acceso a impedidos.
2. Según DC #3 se incorpora al contrato lo siguientes trabajos: Instalación de cisterna de 5,000 galones con dos bombas y conexiones correspondientes; por requisitos del DE se solicita convertir área designada originalmente como oficinas de educación física en la cooperativa estudiantil; además se solicita instalar gabinetes en el "Faculty Lounge", instalar enseres eléctricos y fuentes de agua para salones contenidos, proveer línea de gas en el “salón Davinci” de química y lavamanos en los cuartos de cateterismo. Y por requisitos de la DC #1 se solicita convertir la cache existente en el Pabellón de la comunidad e instalar puertas corredizas, entre otras.

3. Según DC#2 se incorpora al contrato lo siguiente: proveer e instalar mobiliario adicional necesario para equipar los salones académicos, salones especializados, áreas administrativas y pabellón de la comunidad de acuerdo al listado aprobado por el DE y AFI.
4. Formaliza los trabajos requeridos del DE mediante la DC #1, que incluye los trabajos requeridos por el DE sobre el programa de espacios revisado y acordado con el DE. Además se incluye: eliminación de pozo séptico e instalación de la infraestructura para conectar la escuela al sistema sanitario, entre otros.
5. Formalizar la DC #1 la cual incluye: expansión de área administrativa, almacén para el Performance Studio y también se incluye remover paredes estructurales existentes para poder crear las redistribución del área de administración, entre otros.

3.4.3.2 CAMBIOS EN LOS DISEÑOS

Esta es otra de las causas más importantes o que más contribuyen al aumento en costo y extensión del tiempo contractual en las escuelas del siglo XXI. De la misma manera que la anterior, para clasificar esta causa bajo el nombre de “cambios en los diseños” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por: cambios en el Programa de espacios³, mobiliario adicional⁴, o que se exprese de forma explícita, algún cambio de diseño requerido por AFI, DE o la Autoridad escolar de alimentos; se procede a realizar esta clasificación titulada, “cambios en los diseños”. Sin embargo, es importante mencionar que cualquiera de las 3 razones (programa de espacios, mobiliario adicional, cambio requerido por la Autoridad escolar de alimentos) mencionadas

3 Programa de espacios- El nuevo programa de espacio incluye: áreas administrativas, laboratorios, salones adicionales, e otras instalaciones de educación especial que no estaban contempladas en los ámbitos originales del contrato.

4 Entre algunos de los mobiliarios adicionales que se incluyen son los siguientes: sillas, escritorios, soportes de escritorios para colocar mochilas, pizarras, entre otros.

anteriormente se refieren de forma directa a algún cambio directo del dueño relacionado al diseño de la modernización de las escuelas del siglo XXI.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como “cambios en los diseños” son las siguientes:

1. Cambios en el programa de espacios, sistemas de aire acondicionado y trámites de permisos. Entre algunas de los trabajos realizados son: aumentar de 5 a 8 salones de recurso de educación especial, aumentar salones contenido, oficinas de servicios relacionadas fueron reubicadas y se le añadieron baños, aumentar salones de salud, entre otros.
2. Modificar la cuantía del contrato por concepto de diseño, mano de obra, equipo y materiales para incorporar trabajos adicionales de infraestructura de data, electricidad, de cable TV, conforme a las especificaciones revisadas del mobiliario y los cambios en el programa de espacios aprobados por el DE.
3. Proveer los servicios de diseño, realización de planos y obtención de endoso para la conexión del sistema sanitario según requerimientos solicitados por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados debido al programa de espacios.
4. Mejoras al techo existente en área de baños en el "community pavillion", según solicitó AFI. Originalmente consistía en la construcción de un techo en hormigón, luego AFI decide realizarlo en metal.
5. Equipos de cocinas adicionales, según comunicado que emitió comedores escolares para el nuevo comedor.

3.4.3.3 OMISIONES EN LOS DOCUMENTOS DEL CONTRATO

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “Omisiones en los documentos del contrato” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por: suplido de combustible para generadores eléctricos, remoción de “topping”, suministro de zafacones, y conservación y mantenimiento de

la cisterna; se procede a realizar esta clasificación con el título, “omisiones en los documentos del contrato”.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como “Omisiones en los documentos del contrato” son las siguientes:

1. Fase de conservación: Suministro de combustible para los generadores eléctricos. También se incluye el mantenimiento mensual de los equipos mecánicos, que se incluyen: generador eléctrico, bombas de agua potable y no potable, entre otros.
2. Proveer mano de obra, equipo y materiales para la remoción del “topping” existente en los pasillos del primer y segundo nivel de la estructura. Este trabajo se realiza debido a la condición deteriorada de los pisos.
3. Suministro de zafacones. No se contemplaban en los ámbitos originales del contrato.
4. Orden de cambio que se debe por los trabajos de construcción de muro por colapsar. Este muro era uno existente y tenía una forma irregular que requería ser demolido y construido nuevamente. Esta medida fue tomada mayormente por seguridad debido al alto flujo de estudiantes y maestros que pasan al frente de este.

3.4.3.4 CAMBIOS EN LOS DISEÑOS: EN ADITIVAS Y DEDUCTIVAS

Para clasificar la causa descrita con el nombre de “cambios en los diseños: en aditivas y deductivas” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual, hasta identificar que la razón, causa o problema; se inicia por esta mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI, especifica de forma clara y concreta, que el cambio solicitado es por: cambios aditivos y deductivos relacionados a modificaciones en los diseños del proyecto; se procede a realizar esta clasificación con el título, “cambios en los diseños: en aditivas y deductivas”. En esencia esta causa se presenta en varias órdenes de cambio y las refiere como partidas aditivas y deductivas. Es importante destacar que estas descripciones indicadas a continuación

pueden ser las mismas que las presentadas bajo la causa “cambios en los diseños”; sin embargo este investigador luego de identificar y realizar la evaluación, la clasifica bajo “cambios en los diseños: en aditivas y deductivas”, ya que es una forma de distinguir o diferenciar los “cambios en diseños” que afectan el contrato en aumento en costo y tiempo versus “cambios en los diseños: aditivas y deductivas” que se describen en las órdenes de cambios como un grupo de partidas que afectan el contrato en aditivas y deductivas. Además se incluye que esta causa es un cambio directo del dueño (AFI) o del usuario (DE).

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como “cambios en los diseños: en aditivas y deductivas” son las siguientes:

1. Orden de cambio que cuenta con partidas aditivas y deductivas. Entre algunas de las partidas aditivas se mencionan las siguientes: instalar una pizarra adicional en el salón de facultad basados en los requerimientos del DE, dos bancos de hormigón para el pabellón comunitario, entre otros. Entre algunas de las partidas deductivas se mencionan las siguientes: crédito por la no instalación del rótulo de construcción de la escuela, crédito por la no instalación de "screens" plásticos en las ventanas de salones provistos con acondicionadores de aire.
2. Orden de cambio que cuenta con 11 partidas, 9 aditivas, y 2 deductivas. Entre algunas de las partidas aditivas son las siguientes: instalación del rótulo de construcción; mejoras a los baños de facultad; pintura interior para el plantel escolar; limpieza de canales abiertos para el sistema pluvial existente; permiso de corte, poda y mitigación de árboles; entre otros. Las partidas deductivas son las siguientes: suplir e instalación de sistema de alarma de incendios; impermeabilización de techos.
3. Orden de cambio que cuenta con 7 partidas aditivas y 12 partidas deductivas. Entre las partidas aditivas se mencionan: pintura exterior de la escuela, terminación de losas de cerámica para las oficinas administrativas y mejoras a la cancha de baloncesto. De las partidas deductivas se desprenden las siguientes: cámaras de sistema de seguridad, sistema de alarma contra

incendios, "wheel stops", pintura para el tráfico, rótulos de seguridad, entre otras.

4. Orden de cambio que cuenta con 8 partidas aditivas y 4 partidas deductivas: Entre las partidas aditivas se mencionan las siguientes: instalación de rótulo de construcción, mejoras a los baños del edificio F, construcción de rampa de acceso a parque municipal, almacén en el área de administración, particiones para oficinas y almacén, verja para el área de la cisterna de 10 pies, portón cerca del área del comedor escolar, particiones del área de administración y salón de facultad. Entre las partidas deductivas se mencionan las siguientes: concesión para los equipos del área de juegos, concesión para pórtico de entrada, concesión para equipos salón de comedor, construcción de almacén en el área de administración.

3.4.3.5 EXTENSIÓN DE TIEMPO POR DÍAS DE LLUVIA

La siguiente clasificación se conoce con el nombre de: "extensión de tiempo por días de lluvia" es así que, se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y especifica que el cambio solicitado es por, alguna reclamación por días de lluvia que ha afectado la ruta crítica del proyecto; se procede a realizar esta clasificación con el título, "extensión de tiempo por días de lluvia".

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, "extensión de tiempo por días de lluvia" son las siguientes:

1. Durante el periodo entre febrero 2011 y febrero 2012 el consorcio reclama 60 días calendarios por conceptos de días por lluvia. El análisis de impacto en tiempo fue evaluado por la firma X, basado en el itinerario base y sus actualizaciones, así como los datos de campo suministrada por la gerencia y firma de inspección. En la evaluación se establece que los eventos de lluvia tuvieron un impacto en el desarrollo del proyecto por 48 días calendario.

2. Extensión de tiempo por 5 días calendarios debido al impacto de los eventos de lluvia en las actividades en la ruta crítica.
3. Enmendar el contrato por retrasos causados por problemas con la transportación hacia la isla de Culebra por el paso de la tormenta Isaac.

3.4.3.6 INCLUIR EN EL CONTRATO LA CLÁUSULA DEL PRESUPUESTO

En el renglón descrito a continuación, se le otorga el nombre de: “incluir en el contrato la cláusula del presupuesto” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, la falla de no incluir en el contrato la cláusula del presupuesto; se procede a realizar esta clasificación con el título, “incluir en el contrato la cláusula del presupuesto”.

Una de las descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifica como, “incluir en el contrato la cláusula del presupuesto” es la siguiente: Enmienda: Añadir cuenta presupuestaria. En la parte de términos y condiciones de esta orden de cambio se identifica que el artículo 12.1 "Budget Clause" del contrato leerá de la siguiente manera: “El trabajo realizado bajo este acuerdo será presupuestado y será pagado por Public- Private- Partnerships (PPP)- escuelas del programa del siglo XXI, al siguiente número de cuenta: ###-####-#”.

3.4.3.7 RECLAMACIÓN DE COSTOS INCURRIDOS EN EL PROYECTO

La clasificación que se atiende en la investigación sostiene el nombre de: “reclamación de costos incurridos en el proyecto”. En ella, se evalúa de forma exhaustiva cada razón, esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón, causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI menciona de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, una reclamación de dinero por costos incurridos en el proyecto y reclamación de costos incurridos luego de la terminación sustancial, por conceptos de utilidades, seguridad, agua

potable y entre otros, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “reclamación de costos incurridos en el proyecto”.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “reclamación de costos incurridos en el proyecto” son las siguientes:

1. “Jobsite overhead”: El consorcio reclama una cantidad de dinero por costos incurridos en el proyecto y no absorbidos durante los 129 días en que el contrato fue extendido en las OC A y B.
2. Costos incurridos inmediatamente luego de la otorgación de la aceptación sustancial por 138 días calendarios; por conceptos de utilidades, seguridad, agua potable, energía eléctrica y mantenimiento del proyecto a partir de la fecha de terminación sustancial. Según artículo 13.4.1.5 de las condiciones generales establece la responsabilidad de los costos a partir de la terminación sustancial, la cual corresponde al dueño de la obra.

3.4.3.8 CAMBIOS ESTABLECIDOS POR LAS AGENCIAS REGULADORAS

Una vez identificado la razón o causa o problema se le adjudica el nombre de: “cambios establecidos por las agencias reguladoras”, luego se evalúa de forma exhaustiva cada razón, realizándola de forma individual. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por: costos requeridos por la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) debido nuevas subestaciones eléctricas no energizadas, mejoras solicitadas por la AEE para el sistema existente, reemplazo de los transformadores de la subestación existente, entre otros, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “cambios establecidos por las agencias reguladoras”.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “cambios establecidos por las agencias reguladoras” son las siguientes:

1. Costos requeridos por la AEE para el punto de conexión. Ya que durante el proceso de desarrollo del proyecto, el Consorcio informó que la nueva subestación eléctrica no está energizada.
2. Cambios en aportación a la AEE y mejoras solicitadas al sistema existente.
3. Proveer e instalar infraestructura adicional para llegar al nuevo punto de conexión de la escuela requerido por la AEE.
4. Incorporar al contrato los trabajos relacionados al reemplazo de los transformadores de la subestación existente de la escuela según requerido por la Autoridad de la Energía Eléctrica (AEE) y la AFI.
5. Requerimientos por parte de la AEE. Se requiere la extensión del alimentador aéreo primario por una distancia aproximada de 600 pies.

3.4.3.9 "DIFFERENT SITE CONDITIONS" (CONDICIONES DEL LUGAR DIFERENTE A LO ESTABLECIDO EN LOS DOCUMENTOS DEL CONTRATO)

Para clasificar esta causa bajo el nombre de "different site conditions" se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por: "different site conditions" encontrados en los suelos del proyecto, proveer materiales, mano de obra y equipos para realizar instalación de tuberías sanitarias que estaban deterioradas e impactadas por raíces y proveer materiales, equipo y mano de obra para realizar trabajos de sobre-excavación para remover materiales inestables debajo de edificios existentes, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: "different site conditions".

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, "different site conditions" son las siguientes:

1. "Different site conditions" encontrados en los suelos del proyecto.
2. Proveer materiales, mano de obra y equipos para realizar instalación de tuberías sanitaria (6" diámetro) que estaban deterioradas e impactadas por

raíces. AFI autorizó estos trabajos para evitar impacto ambiental de este sistema ya que tenían cemento con asbesto y esto no formaba parte del ámbito contratado.

3. Proveer materiales, mano de obra y equipos para realizar instalación de tuberías sanitarias (8" diámetro) que estaban deterioradas en el patio del proyecto. AFI autorizó estos trabajos para evitar impacto ambiental de este sistema (con contenido de asbesto).
4. Añadir al ámbito del contrato la mitigación y control de comején.
5. Por incorporar al proyecto mano de obra, equipo y materiales relacionados a los trabajos de sobre- excavación para remover materiales inestables debajo de los edificios existentes.

3.4.3.10 IMPRACTICABILIDAD DE EJECUCIÓN CONTRACTUAL

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “impracticabilidad de ejecución contractual” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, reclamación de pago de utilidades que pago el contratista y el contrato especifica que las mismas les corresponde al dueño pagarlas, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “impracticabilidad de ejecución contractual”.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “impracticabilidad de ejecución contractual” son las siguientes:

1. Reclamación de reembolso de pago de utilidades eléctricas y de agua potable. Esta orden de cambio ocurre como parte de lo que dice el contrato que estas utilidades no les corresponde al contratista pagarlas.
2. Reclamación de reembolso del pago de utilidades eléctricas y de agua potable.
3. Reembolso por requisitos y aportaciones solicitadas por la AEE para la conexión eléctrica del proyecto.

3.4.3.11 ERRORES EN LOS DOCUMENTOS DEL CONTRATO

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “errores en los documentos del contrato” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, un error de invertir el tiempo de ejecución contractual de algunas escuelas, entre otros, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “errores en los documentos del contrato”.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “errores en los documentos del contrato” son las siguientes:

1. Enmienda al contrato por tiempo debido a que AFI preparó tres contratos para las escuelas que componen el RFP 15, e inadvertidamente invirtió el tiempo de ejecución de las Escuela Rafael López Ladrón de 14 meses a 12 meses y las Escuela Josefina Muñoz de Berrnier de 12 meses a 14 meses, es por esto que se recomienda que se enmiende el contrato.
2. Se le exige al contratista la instalación de postes de soportes, tableros, y canastos nuevos en la cancha de baloncesto. Sin embargo el contrato original especifica que es la rehabilitación de la cancha bajo techo existente, entiéndase la rehabilitación de la estructura de acero, techo, gradas y el piso de la cancha.

3.4.3.12 DEFECTOS EN LOS PLANOS Y ESPECIFICACIONES DEL CONTRATO

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “defectos en los planos y especificaciones” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, sustituir material de los cristales instalados en las puertas exteriores de los salones para cumplir con los nuevos requerimientos establecidos, se

procede a realizar la clasificación con el nombre de: “defectos en los planos y especificaciones”.

Una de las descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “defectos en los planos y especificaciones del contrato” es la siguiente: sustituir el material de los cristales instalados en las puertas exteriores de los salones para cumplir con los requerimientos establecidos en la evaluación de la revisión de los cristales y la evaluación de los planos de desarrollo del 90%. Esto ocurre porque se indicó que todo cristal al menos de 7ft de altura y que tuviese acceso tendría que ser resistente a impacto. Según la orden de cambio se indica que en la recomendación de la revisión 1 de la remisión 8900-01 "Aluminum & Glass Windows" se le indicó al consorcio que todo cristal instalado en puertas exteriores o alturas menores de los 7'0 debería ser resistente al impacto. Y de acuerdo al “exhibit A” del contrato del consorcio se establecía que el laminado de los cristales era de 1/4", el cual no es resistente al impacto, y para cumplir con los requerimientos entonces se somete la propuesta que al final es aprobada.

3.4.3.13 ACTOS INESPERADOS

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “actos inesperados” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente.

Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, enmendar el contrato por el cambio de firma de inspección y por vandalismo, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “actos inesperados”.

Algunas descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “actos inesperados” son las siguientes:

1. Costo por enmendar y radicar nuevamente el permiso general consolidado debido al cambio de firma de inspección en el proyecto.

2. Modificar la cuantía del contrato para la reinstalación de los equipos, materiales eléctricos y mecánicos que fueron vandalizados previo a la movilización y entrega oficial de las facilidades al contratista. Los equipos vandalizados y hurtados como puertas y ventanas, se proveerá un crédito por el trabajo de remoción y disposición de dicho material el cual el Contratista tenía que realizar.

3.4.3.14 INTERPRETACIONES CONTRACTUALES DEFICIENTES DEL CONSORCIO

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “interpretaciones contractuales deficientes del consorcio” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por, una reclamación que no presenta los méritos suficientes del por qué no se realizó un trabajo de la forma estipulada en los documentos contractuales y proceder a realizar una instalación sin la debida autorización, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “interpretaciones contractuales deficientes del consorcio”.

Una de las descripciones identificadas en las órdenes de cambio que se identifican como, “interpretaciones contractuales deficientes del consorcio” es la siguiente: Trampa de grasa: luego de presentarle a un consultor externo las reclamaciones, el consultor observa que, el contrato especifica que la trampa de grasa se debe limpiar y no cambiar: es así que el consorcio al no presentar méritos suficientes del por qué no buscó métodos alternos para limpiarla y procedió a instalarla, sin la debida autorización no se le adjudicará ninguna cantidad de dinero. Es así que, dicha causa no realizó ningún aumento en costo ni tiempo.

3.4.3.15 CAMBIOS EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Para clasificar esta causa bajo el nombre de “cambios al programa de mantenimiento” se evalúa de forma exhaustiva cada razón. Esto se realiza de forma individual hasta identificar que la razón o causa o problema se inicia por esta causa

mencionada anteriormente. Cuando la razón identificada en los documentos contractuales de las escuelas del siglo XXI especifica de forma clara y específica que el cambio solicitado es por asuntos relacionados a: mantenimiento de las escuelas, garantías, periodo de conservación o adelanto de actividades relacionadas al programa de mantenimiento de los proyectos de las escuelas del siglo XXI, se procede a realizar la clasificación con el nombre de: “cambios al programa de mantenimiento”. Además se incluye que esta causa es un cambio directo del dueño (AFI) o del usuario (DE).

La clasificación descrita, se subdivide en las siguientes 4 categorías:

a) Programa de mantenimiento: adición en la duración del contrato

Entre algunos de las descripciones identificadas en los documentos de las órdenes de cambio son las siguientes:

- i. Enmienda A: modifica la duración del contrato por 365 días para incluir el periodo de conservación al contrato.
- ii. Enmienda- extensión de tiempo: de vigencia administrativa y cierre administrativo al periodo de conservación.
- iii. Enmienda: extensión de vigencia administrativa para culminar los trabajos de conservación.
- iv. Extensión de vigencia. La extensión de la vigencia ocurre por los trabajos adicionales que surgieron por los planes de espacio del Departamento de Educación y ocurre el aumento en cuantía para cubrir los trabajos de estos 4 meses adicionales.

b) Programa de mantenimiento: adición en el costo del contrato

Entre algunas de las descripciones identificadas en los documentos de las órdenes de cambio son las siguientes:

- i. Costos de las utilidades y seguridad del proyecto a partir de la fecha de otorgación de la aceptación sustancial y por un término de 140 días calendarios
- ii. Trabajos de conservación, control de plagas y retoque de pintura, antes de la aceptación final del proyecto. Esto ocurre debido a que la escuela

no iba a estar en operación y sus estudiantes serán relocalizados pero el DE nunca pudo realizar la relocalización de los estudiantes es por esto que el contratista necesita comenzar los trabajos de mantenimiento (conservación) desde antes de la fecha estipulada.

c) Programa de mantenimiento: aumento en tiempo y dinero

Entre algunas de las descripciones identificadas en los documentos de las órdenes de cambio son las siguientes:

- i. Reemplazo del "drive exchange" y el suplido e instalación de "line reactor" para elevador de la escuela ya que la garantía del mismo no cubre esto ocurrido. Esto ocurrió porque la tarjeta del elevador fue dañada. Es importante tener el elevador en funcionamiento ya que en el segundo y tercer piso acceden estudiantes con impedimentos.
- ii. Extensión de vigencia y aumento en cuantía del contrato; La extensión de la vigencia ocurre por los trabajos adicionales que surgieron por los planes de espacio del Departamento de Educación y ocurre el aumento en cuantía para cubrir los trabajos de estos 4 meses adicionales.

d) Programa de mantenimiento: adelanto de actividades

Entre algunas de las descripciones identificadas en los documentos de las órdenes de cambio son las siguientes:

- i. Actividades de mantenimientos de áreas verdes previo a la fase de conservación solicitado por AFI.
- ii. Costos de las utilidades, seguridad y mantenimiento del proyecto posterior a la fecha de terminación sustancial. El mantenimiento a cubrir será el previo a que se le otorgue la orden de proceder de la etapa de conservación del proyecto.

3.4.4 IDENTIFICACIÓN DE LAS CUANTÍAS EN COSTO Y TIEMPO DE CADA ORDEN DE CAMBIO

Luego de realizar la identificación de las causas de las órdenes de cambio de las escuelas del siglo XXI, se procede a evaluar cada orden de cambio en términos de costo y tiempo. Este paso es de suma importancia ya que ambas variables independientes (costo y tiempo) serán utilizadas para ambos diagramas de Pareto.

Además con estas 2 variables se identificará eventualmente cuales son las causas más contribuyentes y menos contribuyentes del aumento en costo y extensión en tiempo.

3.4.5 REALIZAR EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO: DIAGRAMA DE PARETO Y CALCULAR EL 80% Y 20% UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE PARETO

Para el desarrollo y proceso investigativo del estudio, este investigador selecciona el diagrama de Pareto por unas significativas consideraciones observables, que ayudan y amarran al momento del análisis en cuestión. Para beneficios del lector, se mencionan, adelante su significativa importancia, a saber: Objetivas, representativas, verosímiles y consistentes (González 2013). Una ventaja de importancia, de los principales usos que tiene el utilizar este diagrama, es establecer un orden de prioridades: por lo tanto, en futuros proyectos, se tomarán en consideración las mismas y así reducir las órdenes de cambio y tomar decisiones de forma más precisa. Por lo antes expuesto el usuario o lector puede identificar a través del diagrama de Pareto de forma rápida y visual las causas u ocurrencias más frecuentes (Montgomery 2009). Como parte del análisis estadístico se incluirá junto a las frecuencias del diagrama de Pareto, los costos de las causas de las órdenes de cambio.

La descripción se presentará en orden descendente; de izquierda a derecha, en relación a los costos y extensiones de tiempo de las causas de las órdenes de cambio. Facilitando el estudio de las causas que originaron estas en las escuelas públicas del siglo XXI. En esencia, se evidenciarán las causas y las fallas principales que ocasionaron los cambios en los contratos tipo diseño-construcción.

El diagrama de Pareto se tomó en consideración ya que los datos a utilizar son:

- *Objetivos:* Son basados en hechos y no en opiniones;
- *Consistentes:* Se utilizó la misma medida para evaluar los documentos de contrato y las causas de las órdenes de cambio son evaluadas bajo el mismo programa de las escuelas del siglo XXI, es decir las causas son del mismo tipo de proyecto (escuelas públicas del Departamento de Educación de Puerto Rico) y el mismo modelo contractual (Diseño-construcción-conservación);

- *Representativos*: Reflejan una muestra representativa de lo que se presenta en la realidad ya que se tomaron en consideración 40 de 101 escuelas del siglo XXI. Esto es una muestra que representa el 39.6% del total de las escuelas participantes del programa.
- *Verosímiles*: Las órdenes de cambios utilizadas son documentos legales y están firmada por las partes.

3.4.6 CALCULAR EL 80% Y 20%: UTILIZANDO EL DIAGRAMA DE PARETO

Tradicionalmente el 80% de los problemas son causados por el 20% de las causas o factores (Montgomery 2009). A continuación se presenta un ejemplo de lo expuesto anteriormente:

Si se encuentran 10 causas, las 2 (el 20% de las causas) causas que más frecuentemente ocurran deben representar el 80% del total de las frecuencias o problemas. Sin embargo, no siempre será el 80% y 20%. Abundando en lo expuesto, se presenta un ejemplo que hace referencia a otro caso que no se obtenga el 80% y 20%. En la gráfica de barras, se obtienen 100 órdenes de cambio, en la primera causa más observada, presenta una frecuencia de 50, en la 2da causa se observó una frecuencia de 25, con un total de 75 (50+25). En resumen, como no ha llegado al 80%, Pareto identifica que se tome la próxima; es decir, que el 70% de los problemas son causados por el 30% de las causas.

3.5 ANALIZAR Y DISCUTIR RESULTADOS

El problema es evidente cuando se observa un elevado número de órdenes de cambio que a su vez se convierte en una economía desbordante y una entrega tardía. En información obtenida, Fisk (2010) trae ante la consideración del lector unos puntos constructivos que sostienen la hecatombe del malestar, a saber: Defectos en los planos y especificaciones, interpretaciones deficientes de los ingenieros, o arquitectos, cambios en los diseños, cambio en el método de ejecución e imposibilidad o impracticabilidad de ejecución. Estas causas son algunas de las que este proyecto de investigación utiliza luego de auscultar 40 escuelas del siglo XXI.

Esencialmente estas causas son algunas de las que se utilizarán para realizar el análisis estadístico y análisis de resultados, para luego someter las recomendaciones, al lector de lo que debe realizar para reducir estas órdenes de cambio que tanto afectan los proyectos de construcción. Sin embargo algunas de las causas de las órdenes de cambio que se presentarán en este estudio de investigación serán propias y únicas del investigador.

3.6 CONCLUSIONES

Las conclusiones nacen de la investigación, basados en las pruebas y hechos logrados. El análisis estadístico y la sugerencia del uso del diagrama de Pareto, ofrecerá forma y direccionalidad a la conclusión. Además se presentarán recomendaciones o temas de investigación que pueden realizarse en el futuro.

4. RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Las órdenes de cambio en su esencia, marcan un quehacer de incomodidad entre el profesional del campo y su haber, con respecto a las compañías y los clientes que este atiende. Siendo esta una situación que es constante en los saberes de los expertos, la investigación enfoca en identificar variables que afecten el sano proceso de los proyectos. Es así que, el proyecto propuesto abona a unas posibles soluciones del tema en cuestión y ausculta las causas más significativas que a bien pueden trastornar los enfoques y líneas de construcción en varios términos: como tiempo y costo. Los resultados expuestos, son todos unos análisis constantes de situaciones que ocurren en los procesos de construcción en las escuelas identificadas.

4.2 DIAGRAMA DE PARETO: AUMENTO EN COSTO VS CAUSAS DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO

Luego de auscultar los documentos originales de las órdenes de cambio, se observan las doce (12) causas de estas, (eje de x). La Figura 4 ilustra lo pertinente, con respecto al tema propuesto. Es evidente que, sólo doce (12) de quince (15) causas identificadas, afectan los contratos, debido al aumento en costo por las órdenes de cambio. Es decir las restantes tres (3) causas no afectan el contrato en términos de aumento en costo. El aumento en costo (eje izquierdo de y) de los contratos, debido a las órdenes de cambio; fluctúan entre \$13,952,666.78 a \$7,716.87. Es propio destacar que, este rango es uno de mucha amplitud, por tal razón hay unas causas que son las que esta investigación recomendará para que disminuyan los aumentos en costos y se atiendan en futuros proyectos.

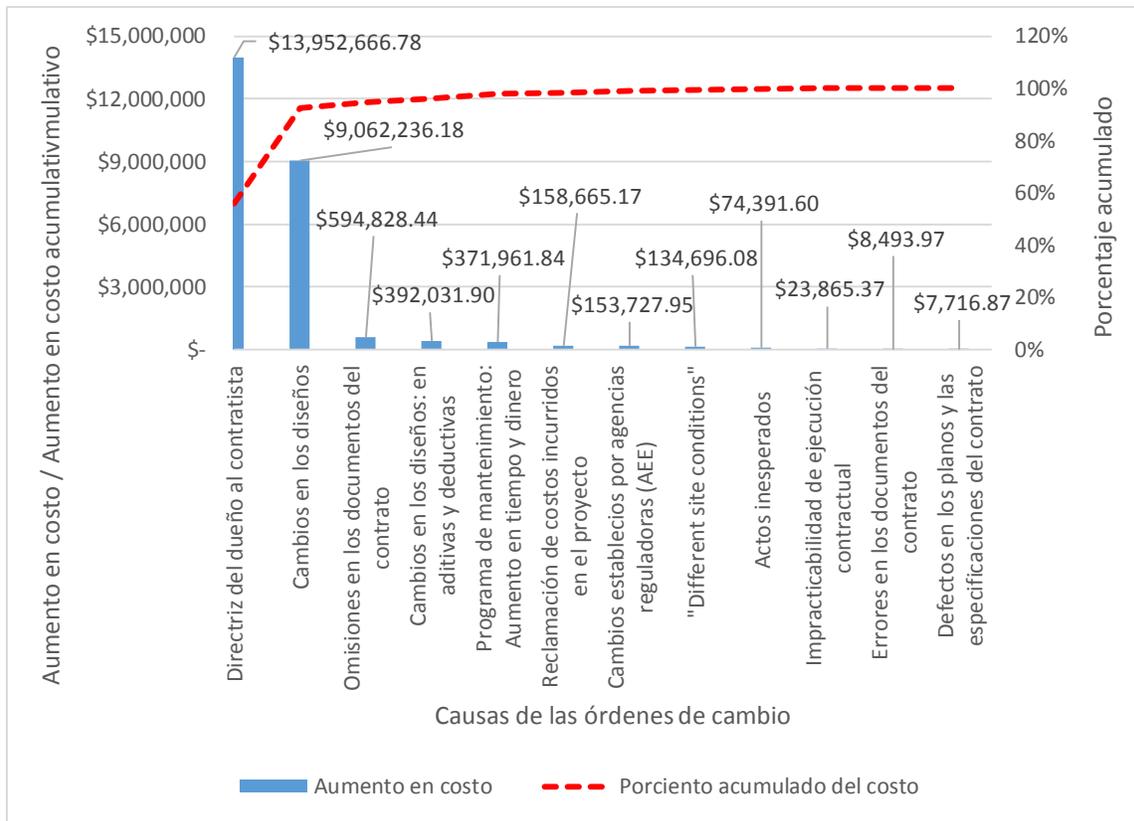


Figura 4. Diagrama de Pareto: Aumento en costo vs causas de las órdenes de cambio

Es por esto, que atender las causas más importantes o que más hayan contribuido al aumento en costo de las escuelas del siglo XXI, es el norte principal de utilizar este análisis estadístico. Es así, que mediante el uso del diagrama de Pareto, se identifican cuáles son los problemas que causan mayor impacto dentro del proyecto de las escuelas auscultadas. Tomando esto en consideración, se identifica que, dos (2) de las doce (12) causas (16.7 %) son las autoras del 92.30% del aumento en costo de las escuelas del siglo XXI, es observable este dato, en la Tabla 4 del documento. Además se presenta el aumento en costo de las órdenes de cambio, el costo acumulativo y el porcentaje acumulado de las causas identificadas en la investigación.

Tabla 4. Resumen de las dos causas que se tomarán en consideración para reducir el aumento en costo de las órdenes de cambio

CANTIDAD	CAUSAS A UTILIZAR EN EL DIAGRAMA DE PARETO	AUMENTO EN COSTO	COSTO ACUMULATIVO	PORCIENTO ACUMULADO DEL COSTO
1	Directriz del dueño al contratista	\$ 13,952,666.78	\$ 13,952,666.78	55.96%
2	Cambios en los diseños	\$ 9,062,236.18	\$ 23,014,902.96	92.30%

Pareto identifica que el 80% de los problemas es causado por el 20% de las causas. En esta investigación el 92% de los problemas (aumento en costo) es causado por el 17% de las causas (causas de las órdenes de cambio). El 17% de 12 causas es 2.04 causas, el cual se redondea a dos causas, ya que es la cantidad identificada como contribuyente y significativa para reducir el aumento en costo de los contratos de las escuelas del siglo XXI. Para tener una óptica general del problema causado, es importante mencionar que el aumento en costo total generado por todas las 12 causas identificadas es de: \$24,935,282.15, y el costo originado por el 17% (2 de 12 causas) de las causas es de: \$23,014,902.96.

La Tabla 5 presenta las causas a utilizar en el diagrama, aumento en costo, costo acumulativo y el porciento acumulado del costo de las 40 escuelas identificadas en este trabajo.

Tabla 5. Causas a utilizar en el diagrama de Pareto de aumento en costo debido a las órdenes de cambio

CANTIDAD	CAUSAS A UTILIZAR EN EL DIAGRAMA DE PARETO	AUMENTO EN COSTO	COSTO ACUMULATIVO	PORCIENTO ACUMULADO DEL COSTO
1	Directriz del dueño al contratista	\$ 13,952,666.78	\$ 13,952,666.78	55.96%
2	Cambios en los diseños	\$ 9,062,236.18	\$ 23,014,902.96	92.30%
3	Omisiones en los documentos del contrato	\$ 594,828.44	\$ 23,609,731.40	94.68%
4	Cambios en los diseños: en aditivas y deductivas	\$ 392,031.90	\$ 24,001,763.30	96.26%
5	Cambios en el programa de mantenimiento	\$ 371,961.84	\$ 24,373,725.14	97.75%
6	Reclamación de costos incurridos en el proyecto	\$ 158,665.17	\$ 24,532,390.31	98.38%
7	Cambios establecidos por agencias reguladoras (AEE)	\$ 153,727.95	\$ 24,686,118.26	99.00%
8	"Different site conditions"	\$ 134,696.08	\$ 24,820,814.34	99.54%
9	Actos inesperados	\$ 74,391.60	\$ 24,895,205.94	99.84%
10	Impracticabilidad de ejecución contractual	\$ 23,865.37	\$ 24,919,071.31	99.93%
11	Errores en los documentos del contrato	\$ 8,493.97	\$ 24,927,565.28	99.97%
12	Defectos en los planos y las especificaciones del contrato	\$ 7,716.87	\$ 24,935,282.15	100.00%
13	Extensión de tiempo por días de lluvia	\$ -	\$ 24,935,282.15	100.00%
14	Interpretaciones contractuales deficientes del consorcio	\$ -	\$ 24,935,282.15	100.00%
15	Incluir en el contrato cláusula del presupuesto	\$ -	\$ 24,935,282.15	100.00%

4.3 AUMENTO EN COSTO Y ESCUELAS

En este proyecto, el 80% de los problemas (aumento en costo) es causado por el 33% de las causas (escuelas) como se presenta en la Tabla 6. El 33% de 40 escuelas es 13 escuelas. Es importante mencionar que el aumento en costo total generado por

todas las 40 escuelas identificadas es de: \$24,935,282.15, y el costo originado por el 33% (13 de 40 escuelas) de las escuelas es de: \$20,072,706.38.

Además, la Tabla 6 presenta una columna titulada “número de contrato”, en la misma se identifica que la mayoría de los contratos del 2011 (los primeros contratos generados y utilizados en las escuelas del siglo XXI) son los que causaron los aumentos en costos. La misma se encuentra en orden descendente (de mayor a menor) en relación al aumento en costo debido a las órdenes de cambio. Tomando esto en consideración se identifica que 18 de 40 escuelas ostentan los primeros 18 lugares, generando un aumento en costo acumulado de: \$ 22,779,639.34, y un porcentaje acumulado del costo de 91.36%.

Tabla 6. Resumen de aumento en costo de los proyectos y porcentaje acumulado del aumento en costo

CANTIDAD DE CONTRATOS	NÚMERO DE CONTRATO	AUMENTO EN COSTO DEBIDO A LAS ÓRDENES DE CAMBIO	AUMENTO DE COSTO ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULADO DEL AUMENTO DEL COSTO
1	2011-000624	\$ 2,312,274.48	\$ 2,312,274.48	9.27%
2	2011-000456	\$ 2,246,371.16	\$ 4,558,645.64	18.28%
3	2011-000484	\$ 2,111,394.74	\$ 6,670,040.38	26.75%
4	2011-000572	\$ 1,947,625.58	\$ 8,617,665.96	34.56%
5	2011-000574	\$ 1,884,183.44	\$ 10,501,849.40	42.12%
6	2011-000485	\$ 1,510,088.01	\$ 12,011,937.41	48.17%
7	2011-000573	\$ 1,508,529.39	\$ 13,520,466.80	54.22%
8	2011-000545	\$ 1,445,174.07	\$ 14,965,640.87	60.02%
9	2011-000455	\$ 1,344,500.98	\$ 16,310,141.85	65.41%
10	2011-000726	\$ 1,090,339.08	\$ 17,400,480.93	69.78%
11	2011-000347	\$ 908,624.76	\$ 18,309,105.69	73.43%
12	2011-000566	\$ 883,057.82	\$ 19,192,163.51	76.97%
13	2011-000729	\$ 880,542.87	\$ 20,072,706.38	80.50%
14	2011-000956	\$ 757,780.94	\$ 20,830,487.32	83.54%
15	2011-000709	\$ 617,577.68	\$ 21,448,065.00	86.01%
16	2011-000486	\$ 466,416.09	\$ 21,914,481.09	87.89%
17	2011-000588	\$ 445,330.35	\$ 22,359,811.44	89.67%
18	2011-000955	\$ 419,827.90	\$ 22,779,639.34	91.36%
19	2012-000125	\$ 296,088.63	\$ 23,075,727.97	92.54%
20	2012-000550	\$ 267,553.28	\$ 23,343,281.25	93.62%
21	2011-000567	\$ 214,046.90	\$ 23,557,328.15	94.47%

Tabla 6. Continuación, resumen de aumento en costo de los proyectos y porcentaje acumulado del aumento en costo

CANTIDAD DE CONTRATOS	NÚMERO DE CONTRATO	AUMENTO EN COSTO DEBIDO A LAS ÓRDENES DE CAMBIO	AUMENTO DE COSTO ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULADO DEL AUMENTO DEL COSTO
22	2012-000121	\$ 190,110.12	\$ 23,747,438.27	95.24%
23	2011-000616	\$ 181,105.00	\$ 23,928,543.27	95.96%
24	2012-000409	\$ 144,425.00	\$ 24,072,968.27	96.54%
25	2011-000995	\$ 120,492.84	\$ 24,193,461.11	97.03%
26	2012-000611	\$ 104,016.76	\$ 24,297,477.87	97.44%
27	2011-000996	\$ 101,634.44	\$ 24,399,112.31	97.85%
28	2012-000551	\$ 85,366.87	\$ 24,484,479.18	98.19%
29	2012-000695	\$ 78,027.42	\$ 24,562,506.60	98.51%
30	2012-000589	\$ 75,287.57	\$ 24,637,794.17	98.81%
31	2012-000607	\$ 56,991.00	\$ 24,694,785.17	99.04%
32	2012-000547	\$ 45,102.36	\$ 24,739,887.53	99.22%
33	2013-000112	\$ 42,806.93	\$ 24,782,694.46	99.39%
34	2011-000994	\$ 39,153.11	\$ 24,821,847.57	99.55%
35	2012-000727	\$ 36,960.00	\$ 24,858,807.57	99.69%
36	2012-000606	\$ 34,923.00	\$ 24,893,730.57	99.83%
37	2012-000410	\$ 21,855.06	\$ 24,915,585.63	99.92%
38	2012-000696	\$ 17,285.02	\$ 24,932,870.65	99.99%
39	2012-000605	\$ 2,411.50	\$ 24,935,282.15	100.00%
40	2012-000608	\$ -	\$ 24,935,282.15	100.00%

4.4 AUMENTO EN COSTO Y AÑO DE CONTRATOS DE LAS ESCUELAS

La Tabla 7, presenta como a medida que van aumentando los años de los contratos (columna 2), el aumento porcentual en costo debido a las órdenes de cambio (columna 5) disminuye. Es decir los años de los contratos son inversamente proporcional al aumento porcentual en costo debido a las órdenes de cambio.

Además en esta tabla se ilustra en el último renglón, la sumatoria de todas las columnas; es importante obtener esta perspectiva porque permite una visión englobada del asunto en cuestión. Se resume que, de las 40 escuelas del año 2011 al 2013, el costo original de los contratos fue de \$192,453,210.20 y el aumento en costo debido a las órdenes de cambio fue de \$24,935,282.15 para un total de \$217,388,492.35. Luego de observar y analizar cuanto fue el aumento en costo, se

determina un aumento porcentual, total en costo debido a las órdenes de cambio de 12.96%~13%.

Tabla 7. Resumen del aumento en costo debido a las órdenes de cambio de los proyectos y cantidad de escuelas obtenidas

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5
CANTIDAD DE CONTRATOS	Año de contratos de las escuelas	Costo original del contrato	Aumento en costo debido a las órdenes de cambio	Aumento porcentual en costo debido a las órdenes de cambio
23	2011	\$ 149,481,388.06	\$ 23,436,071.63	15.68%
16	2012	\$ 37,482,475.90	\$ 1,456,403.59	3.89%
1	2013	\$ 5,489,346.24	\$ 42,806.93	0.78%
Σ = 40	2011 a 2013	Σ = \$192,453,210.20	Σ = \$24,935,282.15	12.96%

4.5 AUMENTO EN COSTO Y APARICIÓN DE LAS DOS CAUSAS MÁS IMPORTANTES EN LAS ESCUELAS

En la Tabla 8 se observa que el aumento en costo debido a las órdenes de cambio es inversamente proporcional al porcentaje de aparición de las dos causas más importantes en las 40 escuelas del siglo XXI. Esto ocurre porque existen menos escuelas que se ven afectadas por directrices del dueño al contratista. Pero, aunque sean menos escuelas afectadas por aumento en costos de los contratos, el costo total generado por las directrices del dueño al contratista son mayores. Cabe mencionar que esto ocurre de esta manera porque algunas de las causas más costosas, reflejadas en las órdenes de cambio se deben al “cambio de programa de espacios” y aumento de cantidad de mobiliarios por requerimientos del dueño del proyecto al contratista. Aunque estas dos características que incluyen las directrices del dueño al contratista se ven manifestadas en los cambios de diseños; las directrices del dueño al contratista, las incluye en costos más altos.

Tabla 8. Resumen del porcentaje de aparición de las dos causas más importantes por escuelas y aumento en costo

CANTIDAD	CAUSAS DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO	AUMENTO EN COSTO	FRECUENCIA	COSTO ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULADO DEL AUMENTO EN COSTO	APARICIÓN DE CAUSAS POR ESCUELAS	% DE APARICIÓN DE CAUSAS POR ESCUELAS
1	Directriz del dueño al contratista	\$ 13,952,666.78	47	\$ 13,952,666.78	55.96%	19	48%
2	Cambios en los diseños	\$ 9,062,236.18	150	\$ 23,014,902.96	92.30%	33	83%

Para evidenciar lo antes explicado se presenta la Tabla 9, esta compara algunas escuelas, y los costos que generaron debido a órdenes de cambio causadas por directrices del dueño al contratista y cambios en los diseños. La misma presenta como los aumentos en costos debido a las directrices del dueño al contratista son mayores que los costos causados por los cambios en los diseños.

Tabla 9. Comparación de las dos causas más importantes de aumento en costo vs escuelas

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3
ESCUELAS/ PROYECTOS	Directriz del dueño al contratista	Cambios en los diseños
2011-000456	\$1,748,797.40	\$497,573.76
2011-000572	\$1,822,018.80	\$118,647.10
2011-000574	\$1,737,615.95	\$138,377.91
2011-000484	\$1,806,997.12	\$85,273.52

4.6 DIAGRAMA DE PARETO: EXTENSIÓN EN TIEMPO VS CAUSAS DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO

Luego de auscultar los documentos originales de las órdenes de cambio, se observan las siete causas de estas, (eje de x). La Figura 5 ilustra lo pertinente, con respecto al tema propuesto. Es evidente que, siete (7) de quince (15) causas identificadas, afectan los contratos, debido al aumento en tiempo por las órdenes de cambio. Es decir las restantes 8 causas no afectan el contrato en términos de aumento en tiempo. El aumento en tiempo (eje izquierdo de y) de los contratos, debido a las

órdenes de cambio; fluctúan entre 4230 días calendarios a 47 días calendarios. Es propio destacar que, este rango es uno de mucha amplitud, por tal razón hay unas causas que son las que esta investigación recomendará para que disminuyan los aumentos en tiempo y se atiendan en futuros proyectos.

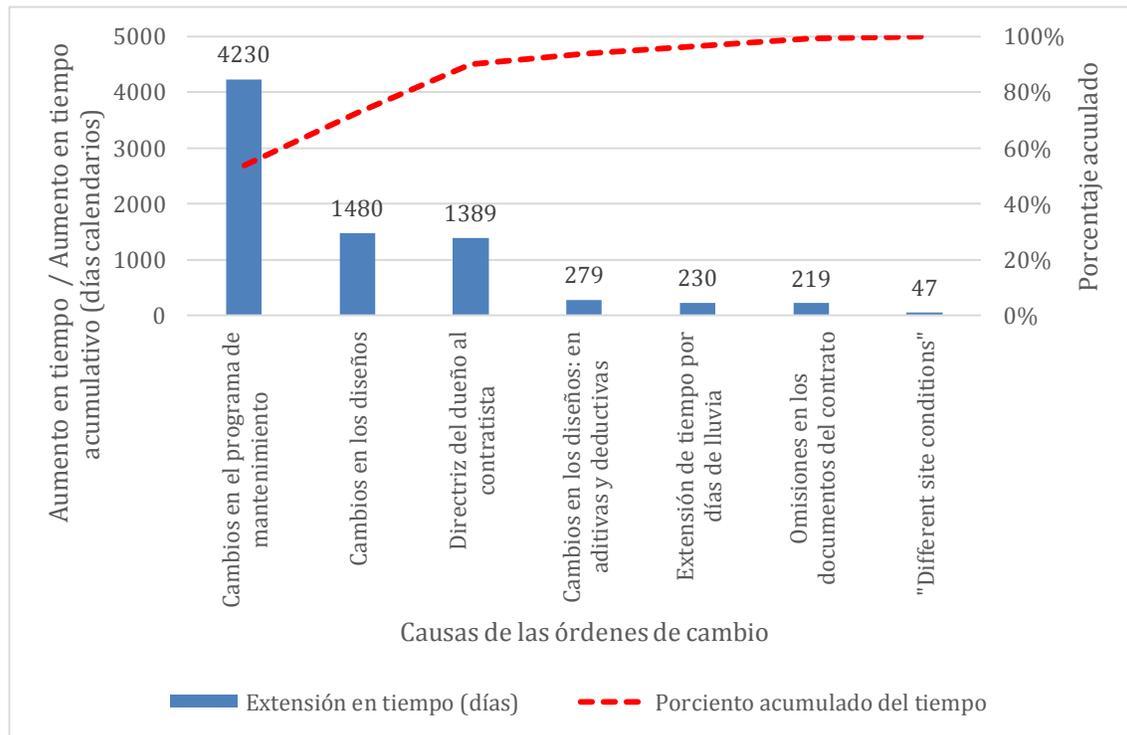


Figura 5. Diagrama de Pareto: Extensión de tiempo vs causas de las órdenes de cambio

Es por esto, que atender las causas más importantes o que más hayan contribuido al aumento en tiempo de las escuelas del siglo XXI, es el norte principal de utilizar este análisis estadístico. Es así, que mediante el uso del diagrama de Pareto, se identifican cuáles son los problemas que causan mayor impacto dentro del proyecto de las escuelas auscultadas. Tomando esto en consideración, se concluye que tres de las siete causas (42.86 %) son las autoras del 90.16% del aumento en tiempo de las escuelas del siglo XXI, es observable este dato, en la Tabla 10 del documento. Además se presenta la extensión en tiempo de las órdenes de cambio, el tiempo acumulativo y el porcentaje acumulado de las causas identificadas en la investigación.

Tabla 10. Resumen de las tres causas que se tomarán en consideración para reducir la extensión en tiempo de los contratos de construcción

CANTIDAD	CAUSAS MÁS IMPORTANTES, EN RELACIÓN A LA EXTENSIÓN DE TIEMPO	EXTENSIÓN EN TIEMPO (DÍAS CALENDARIOS)	TIEMPO ACUMULATIVO (DÍAS CALENDARIOS)	PORCENTAJE ACUMULADO DEL TIEMPO
1	Cambios en el programa de mantenimiento	4230	4230	53.72%
2	Cambios en los diseños	1480	5710	72.52%
3	Directriz del dueño al contratista	1389	7099	90.16%

En esta investigación el 90% de los problemas (aumento en tiempo) es causado por el 43% de las causas (causas de las órdenes de cambio). El 43% de siete causas es tres causas, las cuales son las identificadas como contribuyentes y significativas para reducir los aumentos en tiempo de los contratos de las escuelas del siglo XXI. Para tener una óptica general del problema causado, es importante mencionar que el aumento en tiempo total generado por todas las siete causas identificadas es de: 7,874 días calendarios, y el tiempo originado por el 43% (3 de 7 causas) de las causas es de: 7,099 días calendarios.

La Tabla 11 presenta las causas a utilizar en el diagrama, aumento en tiempo, tiempo acumulativo y el porcentaje acumulado del tiempo de las 40 escuelas identificadas en este trabajo.

Tabla 11. Causas a utilizar en el diagrama de Pareto de extensión en tiempo debido a las órdenes de cambio

CANTIDAD	CAUSAS A UTILIZAR EN EL DIAGRAMA DE PARETO	EXTENSIÓN EN TIEMPO (DÍAS CALENDARIOS)	TIEMPO ACUMULATIVO (DÍAS CALENDARIOS)	PORCENTAJE ACUMULADO DEL TIEMPO
1	Cambios en el programa de mantenimiento	4230	4230	53.72%
2	Cambios en los diseños	1480	5710	72.52%
3	Directriz del dueño al contratista	1389	7099	90.16%
4	Cambios en los diseños: en aditivas y deductivas	279	7378	93.71%
5	Extensión de tiempo por días de lluvia	230	7608	96.63%
6	Omisiones en los documentos del contrato	219	7827	99.40%
7	"Different site conditions"	47	7874	100.00%
8	Cambios establecidos por agencias reguladoras (AEE)	0	7874	100.0%
9	Reclamación de costos incurridos en el proyecto	0	7874	100.0%
10	Actos inesperados	0	7874	100.0%
11	Impracticabilidad de ejecución contractual	0	7874	100.0%
12	Errores en los documentos del contrato	0	7874	100.0%
13	Defectos en los planos y las especificaciones del contrato	0	7874	100.0%
14	Interpretaciones contractuales deficientes del consorcio	0	7874	100.0%
15	Incluir en el contrato cláusula del presupuesto	0	7874	100.0%

4.7 EXTENSIÓN EN TIEMPO Y ESCUELAS

Como se indicó, el diagrama de Pareto identifica que el 80% de los problemas es causado por el 20% de las causas. En esta investigación el 80% de los problemas (aumento en tiempo) es causado por el 45% de las causas (escuelas) como se presenta en la Tabla 12. El 45% de 40 escuelas es 18 escuelas, y esta es la cantidad identificada como contribuyente y significativa para reducir el aumento en tiempo de los contratos de las escuelas del siglo XXI. Es importante mencionar que la extensión en tiempo total generado por todas las 40 escuelas identificadas es de 7874 días

calendarios, y la extensión de tiempo originada por el 45% (18 de 40 escuelas) de las escuelas es de 6260 días calendarios.

Además, la Tabla 12 presenta una columna titulada “número de contrato”, en la misma se identifica que la mayoría de los contratos del 2011 y 2012 son los que causaron la extensión en tiempo, ya que el contrato del 2013 no extendió el tiempo contractual. La Tabla 12, se encuentra en orden descendente (de mayor a menor) en relación al aumento en tiempo debido a las órdenes de cambio. Tomando esto en consideración se identifica que cinco de 40 escuelas ostentan los primeros lugares, generando una extensión de tiempo acumulado de 2872 días calendarios, y un porcentaje acumulado del tiempo de 36.47%.

Tabla 12. Resumen de extensión en tiempo de los proyectos y porcentaje acumulado de la extensión en tiempo

CANTIDAD DE CONTRATOS	NÚMERO DE CONTRATO	EXTENSIÓN EN TIEMPO DEBIDO A LAS ÓRDENES DE CAMBIO (DÍAS CALENDARIOS)	EXTENSIÓN DE TIEMPO ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULADO DE LA EXTENSIÓN DEL TIEMPO
1	2011-000484	756	756	9.60%
2	2011-000485	726	1482	18.82%
3	2011-000486	589	2071	26.30%
4	2011-000347	415	2486	31.57%
5	2011-000624	386	2872	36.47%
6	2012-000409	363	3235	41.08%
7	2011-000588	357	3592	45.62%
8	2012-000410	316	3908	49.63%
9	2011-000545	300	4208	53.44%
10	2012-000605	285	4493	57.06%
11	2012-000607	285	4778	60.68%
12	2012-000606	271	5049	64.12%
13	2011-000455	248	5297	67.27%
14	2011-000616	223	5520	70.10%
15	2012-000696	201	5721	72.66%
16	2011-000573	195	5916	75.13%
17	2012-000727	184	6100	77.47%
18	2011-000456	160	6260	79.50%
19	2012-000608	160	6420	81.53%
20	2011-000956	159	6579	83.55%
21	2011-000726	152	6731	85.48%

Tabla 12. Continuación, resumen de extensión en tiempo de los proyectos y porcentaje acumulado de la extensión en tiempo

CANTIDAD DE CONTRATOS	NÚMERO DE CONTRATO	EXTENSIÓN EN TIEMPO DEBIDO A LAS ÓRDENES DE CAMBIO (DÍAS CALENDARIOS)	EXTENSIÓN DE TIEMPO ACUMULATIVO	PORCENTAJE ACUMULADO DE LA EXTENSIÓN DEL TIEMPO
22	2011-000572	143	6874	87.30%
23	2011-000709	141	7015	89.09%
24	2012-000550	102	7117	90.39%
25	2011-000574	97	7214	91.62%
26	2012-000547	94	7308	92.81%
27	2011-000566	90	7398	93.95%
28	2011-000729	62	7460	94.74%
29	2012-000611	56	7516	95.45%
30	2011-000567	52	7568	96.11%
31	2011-000955	49	7617	96.74%
32	2011-000996	49	7666	97.36%
33	2011-000994	47	7713	97.96%
34	2012-000695	45	7758	98.53%
35	2012-000121	44	7802	99.09%
36	2012-000125	42	7844	99.62%
37	2011-000995	22	7866	99.90%
38	2012-000589	8	7874	100.00%
39	2012-000551	0	7874	100.00%
40	2013-000112	0	7874	100.00%

4.8 EXTENSIÓN EN TIEMPO Y AÑOS DE CONTRATOS DE LAS ESCUELAS

La Tabla 13, presenta como a medida que van aumentando los años de los contratos (columna 2), en relación a los contratos del 2011 y 2012, el aumento porcentual en tiempo debido a las órdenes de cambio (columna 5) aumenta. Es decir los años de los contratos son directamente proporcional al aumento porcentual en tiempo debido a las órdenes de cambio.

En adición esta tabla ilustra en el último renglón, la sumatoria de todas las columnas; es importante obtener esta perspectiva porque permite una visión englobada del asunto en cuestión. Se resume que, de las 40 escuelas del año 2011 al 2013, el tiempo original de los contratos fue de 26,304 días calendarios y la extensión

en tiempo, debido a las órdenes de cambio fue de 7,874 días calendarios; para un total de 34,178 días calendarios. Luego de observar y analizar cuanto fue la extensión en tiempo, se determina un aumento porcentual, total en tiempo debido a las órdenes de cambio de 29.93%~30%.

Tabla 13. Resumen de la extensión del tiempo debido a las órdenes de cambio de los proyectos y cantidad de escuelas obtenidas

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4	COLUMNA 5
CANTIDAD DE CONTRATOS	Año	Tiempo original del contrato (días calendarios)	Extensión en tiempo (días calendarios)	Aumento porcentual en tiempo debido a las órdenes de cambio
23	2011	19474	5418	27.82%
16	2012	5955	2456	41.24%
1	2013	875	0	0.00%
Σ = 40	2011 a 2013	Σ = 26304	Σ = 7874	29.93%

4.9 EXTENSIÓN EN TIEMPO Y APARICIÓN DE LAS TRES CAUSAS MÁS IMPORTANTES EN LAS ESCUELAS

En la Tabla 14 se observa que el aumento en tiempo, debido a las órdenes de cambio es inversamente proporcional al porcentaje de aparición de causas en las 40 escuelas del siglo XXI, para las dos primeras causas identificadas en esta tabla. Esto ocurre porque existen menos escuelas que se ven afectadas por los cambios debido al programa de mantenimiento. No obstante, aunque sean menos escuelas afectadas por extensiones en tiempo de los contratos, el tiempo total generado por el programa de mantenimiento, son mayores. Cabe mencionar que esto ocurre de esta manera porque algunas de las causas más significantes en las órdenes de cambio se deben al “periodo de conservación” y esto es la adición al ámbito contractual de 365 días calendarios por el periodo de mantenimiento de las escuelas.

Tabla 14. Resumen del porcentaje de aparición de las 3 causas más importantes por escuelas y extensión del tiempo

CANTIDAD	CAUSAS MÁS IMPORTANTES EN RELACIÓN A LA EXTENSIÓN DE TIEMPO	EXTENSIÓN EN TIEMPO (DÍAS CALENDARIOS)	FRECUENCIA	TIEMPO ACUMULATIVO (DÍAS CALENDARIOS)	PORCENTAJE ACUMULADO DEL TIEMPO	APARICIÓN DE CAUSAS POR ESCUELAS	PORCENTAJE DE APARICIÓN DE CAUSAS POR ESCUELAS
1	Cambios en el programa de mantenimiento	4230	47	4230	53.72%	17	42.50%
2	Cambios en los diseños	1480	150	5710	72.52%	33	82.50%
3	Directriz del dueño al contratista	1389	47	7099	90.16%	19	47.50%

Para evidenciar lo antes explicado se presenta la Tabla 15, esta compara algunas escuelas y las extensiones de tiempo que se generaron debido a órdenes de cambio causadas por: cambios en el programa de mantenimiento, cambios en los diseños y directrices del dueño al contratista. La misma presenta como las extensiones en tiempo debido a los cambios en el programa de mantenimiento son mayores que los causados por cambios en los diseños y directrices del dueño al contratista.

Es importante mencionar que los cambios en los diseños y directrices del dueño al contratista forman parte de las causas más importantes y que más contribuyen al inicio de las órdenes de cambios de las escuelas del siglo XXI. Es por esto que estas características son las que se tomarán en consideración para reducir los costos y extensiones de tiempo en futuros proyectos.

Tabla 15. Comparación de las tres causas más importantes de la extensión del tiempo vs escuelas

COLUMNA 1	COLUMNA 2	COLUMNA 3	COLUMNA 4
ESCUELAS/ PROYECTOS	Cambios en el programa de mantenimiento (días calendarios)	Cambios en los diseños (días calendarios)	Directriz del dueño al contratista (días calendarios)
2011-000484	451	76	154
2011-000485	437	0	259
2011-000486	425	164	0
2011-000347	365	30	20
2011-000545	171	114	15

4.10 CAUSAS A TOMAR EN CONSIDERACIÓN PARA REDUCIR LAS ÓRDENES DE CAMBIO

La Tabla 16 presenta las causas que se deben tomar en consideración para reducir el aumento en costo y extensión en tiempo debido a las órdenes de cambio, en futuros proyectos realizados por el usuario (DE), dueño (AFI), cualquier otra agencia pública y cualquier entidad privada que realice alguna modernización o construcción de infraestructuras.

Tabla 16. Causas a tomar en consideración para reducir el aumento en costo y extensión en tiempo debido a las órdenes de cambio

CANTIDAD	CAUSAS DEBIDO A LAS ÓRDENES DE CAMBIO
1	Directriz del dueño al contratista
2	Cambios en los diseños
3	Omisiones en los documentos del contrato
4	Cambios en los diseños: en aditivas y deductivas
5	Cambios en el programa de mantenimiento
6	Reclamación de costos incurridos en el proyecto
7	Cambios establecidos por agencias reguladoras (AEE)
8	“Different site conditions” (Condiciones del lugar diferente a lo establecido en los documentos del contrato)
9	Actos inesperados
10	Impracticabilidad de ejecución contractual
11	Errores en los documentos del contrato
12	Defectos en los planos y las especificaciones del contrato
13	Extensión de tiempo por días de lluvia
14	Interpretaciones contractuales deficientes del consorcio
15	Incluir en el contrato cláusula del presupuesto

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

Esta investigación tenía como objetivos: identificar y evaluar las causas por las cuales se producen las órdenes de cambios en los proyectos de renovación de las escuelas del siglo XXI, del sistema de educación pública de Puerto Rico y la discusión de métodos para reducir dichas órdenes de cambio. El análisis estadístico y la sugerencia del uso del diagrama de Pareto, ofrece forma y direccionalidad a la conclusión. El diagrama de Pareto es útil, para identificar y analizar las causas más importantes y menos importantes de las órdenes de cambio. Del mismo modo se utilizará para analizar las extensiones en tiempo y costos. Además se presentarán recomendaciones o temas de investigación que pueden realizarse en el futuro.

5.2 RESUMEN DE CONCLUSIONES

Dentro del espacio investigativo nacen unas conclusiones que este proyecto pretende exponerlas en el escrito y así permitir una óptica más exacta de lo encontrado a lo largo del trabajo. Estas se han identificado con respecto a la naturaleza de diversos proyectos realizados con el modelo contractual llamado: diseño-construcción. Estas inducen distintas causas u orígenes de las órdenes de cambio, es entonces que, el uso del diagrama de Pareto es útil para la obtención de las causas más significativas o importantes en relación al costo y tiempo en las escuelas del siglo XXI. Es así que en las conclusiones discutidas a continuación presentarán las causas más importantes. En ese sentido, el diagrama de Pareto de aumento en costo y extensión en tiempo, separa las siguientes causas: directriz del dueño al contratista, cambios en los diseños, cambios al programa de mantenimiento y cambios al diseño en aditivas y deductivas; no obstante estas causas se refieren a cambios directos del dueño al diseñador-constructor. Este evento ocurre porque luego de analizar y estudiar este problema, este investigador se percata que, las cuatro causas mencionadas anteriormente se refieren a lo mismo. Concluyendo que es una arbitrariedad del dueño, ya que el mismo no estaba propiamente organizado con el usuario (DE) y por consiguiente con el diseñador-constructor.

En el modelo contractual diseño-construcción cuando ocurren errores en los diseños o defectos en los planos y especificaciones del contrato (como se identifica en este proyecto) la responsabilidad incide sobre la entidad, diseñador-constructor. Sin embargo para efectos de este proyecto se identifica defectos en los planos y especificaciones del contrato, no obstante la responsabilidad recae sobre el dueño, ya que fue un defecto en las especificaciones del contrato y no un error o defecto de diseño. Por otro lado, a diferencia del modelo contractual llamado diseño-subasta-construcción, cuando acontecen errores en los diseños la responsabilidad incide sobre el dueño, ya que en este caso el diseñador es contratado de forma directa por el mismo.

El objetivo principal del modelo contractual diseño-construcción es reducir las órdenes de cambio, sin embargo en este proyecto de investigación no se logró cumplir con este objetivo a causa de la gran cantidad de cambios directos del dueño. No obstante, el aumento en costo y extensión de tiempo causado por las órdenes de cambio en los proyectos de las escuelas del siglo XXI se atribuye a requisitos en aditivas por parte del usuario (DE) y el dueño (AFI).

A continuación se presentan las siguientes conclusiones, los títulos de las conclusiones no son las conclusiones del estudio sin embargo se utilizan para brindar mayor claridad al lector:

5.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS MAYORES DE CAMBIO

Se concluye que las tres causas que más contribuyen al aumento en costo y a la extensión en tiempo de las escuelas del siglo XXI son las siguientes: directriz del dueño al contratista (afecta el contrato en costo y tiempo), cambios en los diseños (afecta el contrato en costo y tiempo) y cambios en el programa de mantenimiento (afecta el contrato en tiempo). Además se concluye que, estas causas evaluadas por este investigador son consistentes con los hallazgos de Gunhan et al. (2007) y Perkins (2009), ya que las causas que guardan relación con este proyecto de investigación son: cambios directos del dueño y requisitos del dueño en aditivas o deductivas en el trabajo, respectivamente; es decir, estas causas son equivalentes a directriz del dueño

al contratista, cambios en los diseños y cambios al programa de mantenimiento. Sin embargo, como se había discutido anteriormente las órdenes de cambio son únicamente realizadas por el dueño. No obstante, Gunhan *et al.* (2007), Perkins (2009) y este investigador identifican y evalúan las causas de esta manera porque mientras el proyecto avanzaba, el dueño optaba por requerimientos adicionales de espacios.

Se concluye que luego de evaluar las órdenes de cambio, se identifica que las tres causas más importantes que afectan los contratos en costo y tiempo, se refieren a cambios directos por parte del usuario (DE) y el dueño del proyecto (AFI). A saber: directriz del dueño al contratista, cambios en los diseños y cambios al programa de mantenimiento.

5.2.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS EN LOS DIAGRAMAS DE PARETO

Mediante el uso del diagrama de Pareto, se concluye que, dos (2) causas de un total de doce (12) son las más importantes y más contribuyentes al aumento en costo debido a las órdenes de cambio; es por esto que estas son las que se utilizarán para reducir los aumentos en costos de futuros proyectos realizados por la AFI u otras agencias. Por consiguiente las diez (10) de 12 restantes son las menos importantes y menos contribuyentes al aumento en costo. Además, se concluye que las dos causas que generaron el 92% (\$23 millones de \$24.9 millones) del aumento en costo de las órdenes de cambio son las siguientes: directriz del dueño al contratista y cambios en los diseños. Además se concluye que las doce (12) relacionados al aumento de costo, en órdenes formalizadas en las escuelas del siglo XXI, a continuación se detallan las siguiente: Directriz del dueño al contratista, cambios en los diseños, omisiones en los documentos del contrato, cambios en los diseños: en aditivas y deductivas, cambios en el programa de mantenimiento, reclamación de costos incurridos en el proyecto, cambios establecidos por agencias reguladoras, “different site conditions”, actos inesperados, impracticabilidad de ejecución contractual, errores en los documentos del contrato y defectos en los planos y las especificaciones del contrato.

Mediante el uso del otro diagrama de Pareto, se concluye que, tres (3) causas de un total de siete (7) son las más importantes y más contribuyentes a la extensión en tiempo debido a los órdenes de cambio; es por esto que estas son las que se utilizarán para reducir la extensión en tiempo de futuros proyectos realizados por la AFI u otras agencias. Por consiguiente las cuatro (4) de siete (7) restantes son las menos importantes y menos contribuyentes a la extensión en tiempo. Además, se concluye que las tres (3) causas que generaron el 90% (7099 días calendarios de 7874) de la extensión de tiempo de los órdenes de cambio son las siguientes: cambios en el programa de mantenimiento, cambios en los diseños y directriz del dueño al contratista. Además se concluye que las 7 de 15 causas identificadas en el diagrama de Pareto de extensión en tiempo debido a los órdenes de cambio formalizadas en las escuelas del siglo XXI son las siguientes: cambios en el programa de mantenimiento, cambios en los diseños, directriz del dueño al contratista, cambios en los diseños: en aditivas y deductivas, extensión de tiempo por días de lluvia, omisiones en los documentos del contrato y “different site conditions”.

5.2.3 CANTIDAD DE ESCUELAS RESPONSABLES DE AUMENTAR LOS COSTOS Y LA EXTENSIÓN DE TIEMPO DEL CONTRATO

Al identificar la cantidad total generada con respecto al aumento en costo de los órdenes de cambio por escuelas, se concluye que: once (11) de cuarenta (40) escuelas son las recipientes y responsables de generar un aumento en costo de \$18.3 millones, que a su vez es el 73% del total del aumento en costo generado en las cuarenta (40) escuelas identificadas por este investigador. Del mismo modo, dieciocho (18) de cuarenta (40) escuelas generan un aumento en costo acumulado de: \$22.8 millones, y un porcentaje acumulado del costo de 91%.

Además, luego de identificar la extensión en tiempo total generada por escuelas, se concluye que: 18 de 40 escuelas son las responsables de generar una extensión de tiempo de 6420 días calendarios; que a su vez es el 82% del total de la extensión de tiempo generada en las 40 escuelas identificadas por este investigador. También se concluye que 5 de 40 escuelas ostentan los primeros 5 lugares, generando una

extensión de tiempo acumulado de 2872 días calendarios, y un porcentaje acumulado del tiempo de 36%.

5.2.4 AUMENTO EN COSTO Y EXTENSIÓN DE TIEMPO POR AÑOS DE CONTRATOS DE LAS ESCUELAS

A medida que iban aumentando los años de los contratos (del 2011 al 2013), se concluye que los años de los contratos son inversamente proporcional al aumento porcentual en costo debido a las órdenes de cambio. Además, se concluye que, de las 40 escuelas del año 2011 al 2013, el costo original de los contratos fue de \$192.4 millones y el aumento en costo debido a las órdenes de cambio fue de \$24.9 millones para un total de \$217.4 millones. Luego de observar y analizar cuanto fue el aumento en costo, se concluye en un aumento porcentual total en costo debido a las órdenes de cambio de 13%.

Siguiendo en la misma línea de pensamiento, en relación a los contratos del 2011 y 2012, el aumento porcentual en tiempo debido a las órdenes de cambio aumenta. Es decir los años de los contratos son directamente proporcional al aumento porcentual en tiempo debido a las órdenes de cambio. Además se concluye que, de las 40 escuelas del año 2011 al 2013, el tiempo original de los contratos fue de 26,304 días calendarios y la extensión en tiempo, debido a las órdenes de cambio fue de 7,874 días calendarios; para un total de 34,178 días calendarios. Luego de observar y analizar cuanto fue la extensión en tiempo, se concluye en un aumento porcentual total en tiempo debido a las órdenes de cambio de 30%.

5.2.5 AUMENTO EN COSTO Y EXTENSIÓN DE TIEMPO POR APARICIÓN DE CAUSAS MÁS IMPORTANTES EN LAS 40 ESCUELAS DEL SIGLO XXI

Se concluye que el aumento en costo debido a las órdenes de cambio es inversamente proporcional al porcentaje de aparición de las 2 causas más importantes en las 40 escuelas del siglo XXI. Esto ocurre debido a que se concluyó que existen menos escuelas que se ven afectadas por directrices del dueño al contratista, sin embargo, aunque sean menos escuelas afectadas por aumento en costos de los contratos, el costo total generado por las directrices del dueño al contratista son mayores. Además se concluye que esto ocurre de esta manera porque algunas de las

causas más costosas reflejadas en las órdenes de cambio se deben al “cambio de programa de espacios” y aumento de cantidad de mobiliarios por requerimientos del dueño del proyecto al contratista. Aunque estas dos características las incluye las directrices del dueño al contratista se concluye que; las directrices del dueño al contratista, las incluye en costos más altos que los cambios en diseños

Por otro lado, se concluye que el aumento en tiempo, debido a las órdenes de cambio, es inversamente proporcional al porcentaje de aparición de las tres causas más importantes en las 40 escuelas del siglo XXI. Además se concluye que esto ocurre de esta manera porque existen menos escuelas que se ven afectadas por los cambios debido al programa de mantenimiento. No obstante, aunque sean menos escuelas afectadas por extensiones en tiempo de los contratos, se concluye que el tiempo total generado por el programa de mantenimiento, son mayores. Cabe mencionar que esto ocurre de esta manera porque se concluye que algunas de las causas más significantes en las órdenes de cambio se deben al “periodo de conservación” y esto es la adición al ámbito contractual de 365 días calendarios por el periodo de mantenimiento de las escuelas.

Como se indicó anteriormente, se concluye que los cambios en los diseños y directrices del dueño al contratista forman parte de las causas más importantes y que más contribuyen al aumento en costo y extensión de tiempo de las órdenes de cambios de las escuelas del siglo XXI. En adición la causa titulada cambios en el programa de mantenimiento es una de las causas que más contribuyen a la extensión de tiempo de las órdenes de cambio. Es por esto que se concluye que estas 3 características son las que se tomarán en consideración para reducir los costos y extensiones de tiempo en futuros proyectos.

5.2.6 EVALUACIÓN DE LAS ÓRDENES DE CAMBIO Y SUS FORMAS DE IMPLANTACIÓN

Por opiniones de expertos y experiencias previas de este investigador, en los proyectos de construcción de las escuelas del siglo XXI, la forma que se concibe las situaciones descritas en Puerto Rico, con respecto a las órdenes de cambios y sus formas de implantación, se concluye que AFI entiende que el mejor mecanismo para

añadir tareas adicionales no previstas en las subastas originales, las órdenes de cambio son la forma más ágil, rápida, segura y económica de aumentar los espacios en las escuelas que estaban en el proceso de modernización, ya que no existe otra manera de enmendar el contrato si no es mediante la ejecución de las órdenes de cambios.

5.3 RECOMENDACIONES

En este estudio se identifica que cuatro causas presentadas en los diagramas de Pareto realmente se refieren a cambios directos del dueño al diseñador-constructor. Con esto en mente y conociendo la causa principal que afectó los costos y tiempo de las escuelas del siglo XXI se recomiendan los siguientes métodos y recomendaciones para reducir las órdenes de cambio en proyectos futuros:

5.3.1 MÉTODOS PARA REDUCIR ÓRDENES DE CAMBIO

1. Se recomienda que como agencia que representa al dueño se deben revisar los contratos y asegurarse que los arquitectos/diseñadores dialoguen y ausculten más a fondo con el dueño lo que conversaron para conocer cuál es el alcance del proyecto, y cuando los planos emerjan incluyan todas las necesidades del dueño.
2. Se recomienda que el diseñador-constructor realice un cotejo para identificar las necesidades del dueño, y de esta manera limitar que ocurran órdenes de cambio.
3. Por consiguiente, con las causas identificadas y analizadas presentadas en la Tabla 16, se recomienda desarrollar una plantilla estándar de órdenes de cambio, para que sea utilizada en la etapa de diseño y planificación. Para implantarlas desde la etapa de diseño y que en todo momento el diseñador identifique que ha cotejado toda la plantilla, previniendo errores en los planos que puedan ser los causantes que produzcan órdenes de cambio. Por tanto, utilizando esta plantilla desde la etapa de diseño se logrará reducir las órdenes de cambio en otros proyectos similares.
4. Como agencia que representa al dueño se recomienda que AFI se asegure; como el dueño desea los proyectos y especificar que de ocurrir un error en los

diseños, el responsable será el diseñador-constructor. Luego realizarlo de una manera sistemática para confirmar que todo lo que el dueño desee o ha expresado se contemple en un documento claro y específico a todas las partes incluidas en el proyecto de construcción, a saber: dueño, usuario del proyecto, diseñador o arquitecto, constructor, inspector, gerente del proyecto y cualquier otra parte envuelta en el proceso de construcción. De esta manera se reducirán las órdenes de cambio en futuros proyectos.

5. Se recomienda que AFI revise y realice recomendaciones al dueño de todo lo necesario que necesite el proyecto para su funcionamiento óptimo. No obstante, como dueño, el mismo debe ser capaz de identificar y analizar todas las posibles necesidades del dueño desde un principio, y no esperar que luego que comience el proyecto se identifique que se requiere cambiar el alcance del mismo. Además el dueño debe ser capaz de velar por los intereses del usuario y evitar futuros cambios que pudieron ser identificados al principio del proyecto.

5.3.2 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

1. Con las causas identificadas y analizadas presentadas en la Tabla 16, se recomienda desarrollar una plantilla estándar de órdenes de cambio, de forma tal que, sea utilizada en la etapa de construcción con el propósito de clasificar las órdenes de cambio y mantener un registro disponible para utilizarlas en futuras evaluaciones por la misma compañía u otra compañía interesada en realizar un proyecto similar. De esta manera, no repetir los mismos errores que se ven reflejados en la plantilla estándar y reducir las órdenes de cambios en futuros proyectos.
2. Los planificadores y los integrantes de su equipo de trabajo del proyecto de construcción deben tener la lista de las causas más importantes y menos importantes para cerciorarse que no se produzcan órdenes de cambio similares a las ocurridas en los proyectos evaluados de esta investigación.
3. Establecer un tope de gastos, con respecto a las órdenes de cambio para frenar el elevado costo y extensión en tiempo de directrices del dueño al contratista,

cambios en diseños y los cambios generados debido al programa de mantenimiento.

4. Algunos de los contratos evaluados presentan que se otorgará a los proyectos un programa de mantenimiento de 365 días calendarios, sin embargo por recomendación de expertos es mejor extender el programa de mantenimiento de las escuelas ya que, obliga al diseñador-constructor a realizar un trabajo de mayor calidad, porque esta misma entidad debe mantener el proyecto.
5. Utilizar el mismo formato de órdenes de cambio para todos los proyectos; ya que en algunas órdenes de cambio evaluadas de las escuelas del siglo XXI, faltaron detalles básicos como: duración original del contrato o duración final del contrato o costo original del contrato o costo final del contrato. Esto se pudo haber evitado si se realiza una plantilla estándar que guíe al contratista, gerente de proyecto y dueño del proyecto a cumplir con cada detalle especificado en el documento.

5.3.3 PROYECTOS FUTUROS

1. Identificar y evaluar las otras 61 de 101 escuelas del siglo XXI no evaluadas. De esta manera obtener otros datos que brinden mayor profundidad al estudio realizado.
2. Comparar hallazgos encontrados de causas de órdenes de cambios realizadas entre las agencias del gobierno.
3. Comparar hallazgos encontrados de causas de órdenes de cambio realizadas entre agencias privadas vs agencias del gobierno.
4. Sabiendo que no se cuentan con escritos relacionados a las órdenes de cambio en Puerto Rico; se recomienda ampliar el proyecto de investigación en otras agencias gubernamentales como: la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT), Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) y no sólo agencias del gobierno, si no realizarlas en agencias privadas, de tal manera que en proyectos futuros exista una gran variedad de causas prácticas de órdenes de cambio y de esta manera utilizarlas para proyectos futuros y minimizarlas.

5. Desarrollar y evidenciar, una mejor planificación por parte del dueño del proyecto, de manera tal que, se evite el cambio de alcance del proyecto. Con esto se reducirán las órdenes de cambios.
6. Además, se recomienda a los expertos concernientes del campo y a la agencia reguladora AFI a utilizar las causas más importantes y más contribuyentes obtenidas e identificadas en este proyecto de investigación para, reducir los costos y extensiones de tiempo en los futuros contratos de proyectos de construcción.

6. REFERENCIAS

Alnuaimi, A., Taha, R., Al Mohsin, M., and Al-Harthi, A. (2010). "Causes, Effects, Benefits, and Remedies of Change Orders on Public Construction Projects in Oman." *J. Constr. Eng. Manage.*, 136(5), 615–622.

American Institute of Architects. (2008). General Conditions of the Contract for Integrated Project Delivery. *AIA Document A295*. American Institute of Architects.

Barrie, D. S., and Paulson, B. C. (1992). 3rd ed. *Professional construction management*. McGraw-Hill, New York.

Beard, J., Loulakis, M., and Wundram, E. (2001). *Design build: Planning through development*, McGraw-Hill, New York.

DBIA. (2010). Standard Form of General Conditions of Contract between Owner and Design-Builder. *Document No. 535*. Washington D.C.: Design-Build Institute of America.

Diccionario de la Lengua Española. (2014). 23ª ed. *Real Academia Española*. Espasa Libros, S. L. U. Madrid, España.

Contrato 2011-000456-G. (2012) Autoridad para el Financiamiento de la Infraestructura de Puerto Rico (AFI). Oficina del Contralor. San Juan, PR, 1-51.

Federal Acquisition Regulation (FAR). (1996). *Federal acquisition regulation contracting by negotiation*, Part 15, Sec. 15.605, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Fisk, E. R. (2010). *Construction project administration*. 9th ed. Prentice Hall, One Lake Steet, Upper Saddle River, NJ.

Gibson, G. E., O'Connor, J. T., Migiaccio, G., and Walewski, J. (2007). "Alternative project delivery, procurement, and contracting methods for highways." *Key implementation issues and lessons learned with design-build projects*, J. Construction Institute, 1(1).

González, A. (2013). "diagrama de Pareto."

<http://www.suagm.edu/umet/biblioteca/Reserva_Profesores/alicia_gonzalez_edu_c_525/diagrama_de_pareto.pdf> (Sept. 15, 2014).

Gould, F. E., and Joyce, N. E. (2003). *Construction Project Management*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Gransberg, D. D., and López del Puerto, C. (2004). *Proposing for design-build success: A primer to marketing design-build professional services*, Society for Marketing Professional Services, Alexandria, Va.

Günhan, S., Arditi, D., and Doyle, J. (2007). "Avoiding Change Orders in Public School Construction." *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 133(1), 67–73.

Hanna, A., Camlic, R., Peterson, P., and Lee, M. (2004). "Cumulative Effect of Project Changes for Electrical and Mechanical Construction." *J. Constr. Eng. Manage.*, 130(6), 762–771.

López del Puerto, C., Gransberg, D. D., and Shane, S. J. (2008). "Comparative Analysis of Owner Goals for Design/Build Projects." *J. Eng. Manage.*, 24(1), 32-39.

Lluch, J. F. (2007). *Gerencia e Ingeniería de Construcción*. 3ra ed. La Editorial. Universidad de Puerto Rico, San Juan, PR, 29, 53, 67-86, 160-162, 180-187, 245.

Miller M., López del Puerto C., Valdés- Vázquez R. and Strong K. (2014). "Comparative Analysis between AIA and DBIA Contract Documents: AIA Document A295 and DBIA Document No. 535".

Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality*. 6th ed. John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ, 39, 51, 179-180, 199, 200-202, 205-209, 732.

Perkins, R. (2009). "Sources of Changes in Design–Build Contracts for a Governmental Owner." *J. Constr. Eng. Manage.*, 135(7), 588–593.

Pickvance. (2001). "Four varieties of comparative analysis." *J. Hous. Built Environ.*, 16(1), 7–28.

Songer, A. D., and Molenaar, K. R. (1996). "Selecting design–build: Private and public sector owner attitudes." *J. Manage. Eng.*, 12(6), 47–53.

APÉNDICE A- RESUMEN DE ESCUELAS AFECTADAS DEBIDO A LAS ÓRDENES DE CAMBIO

CANTIDAD	NÚMERO DE CONTRATO	MUNICIPIO	COSTO ORIGINAL DEL CONTRATO	CANTIDAD DE ÓRDENES DE	COSTO FINAL DEL CONTRATO	TIEMPO ORIGINAL DEL CONTRATO (DÍAS CALENDARIOS)	TIEMPO FINAL DEL CONTRATO (DÍAS CALENDARIOS)
1	2011-000347	Cataño	\$ 4,790,094.00	4	\$ 5,698,718.76	545	960
2	2011-000455	Fajardo	\$ 4,846,256.00	8	\$ 6,190,756.98	892	1140
3	2011-000456	Ceiba	\$ 3,590,362.00	7	\$ 5,836,733.16	892	1052
4	2011-000484	Moca	\$ 4,946,657.19	9	\$ 7,058,051.93	450	1206
5	2011-000485	Aguada	\$ 6,356,225.93	9	\$ 7,866,313.94	480	1206
6	2011-000486	Aguadilla	\$ 6,990,116.90	9	\$ 7,456,532.99	492	1081
7	2011-000545	Naranjito	\$ 4,786,610.00	6	\$ 6,231,784.07	983	1283
8	2011-000566	Luquillo	\$ 7,751,246.00	5	\$ 8,634,303.82	995	1085
9	2011-000567	Rio Grande	\$ 7,931,064.00	5	\$ 8,145,110.90	995	1047
10	2011-000572	Arroyo	\$ 4,085,620.00	4	\$ 6,033,245.58	910	1053
11	2011-000573	Guayama	\$ 6,069,620.00	5	\$ 7,578,149.39	910	1105
12	2011-000574	Patillas	\$ 5,305,620.00	6	\$ 7,189,803.44	965	1062
13	2011-000588	Sabana Grande	\$ 5,149,350.00	7	\$ 5,594,680.35	910	1267
14	2011-000616	Guayanilla	\$ 210,873.00	5	\$ 391,978.00	390	613
15	2011-000624	Ciales	\$ 17,720,663.04	8	\$ 20,032,937.52	910	1296
16	2011-000709	Arecibo	\$ 15,158,677.00	4	\$ 15,776,254.68	1085	1226
17	2011-000726	Guayanilla	\$ 6,360,209.00	6	\$ 7,450,548.08	940	1092
18	2011-000729	Bayamon	\$ 11,841,059.00	6	\$ 12,721,601.87	1085	1147
19	2011-000955	Naguabo	\$ 4,598,405.00	4	\$ 5,018,232.90	965	1014
20	2011-000956	Bayamón	\$ 4,858,420.00	7	\$ 5,616,200.94	965	1124

Apéndice A- Continuación, resumen de escuelas afectadas debido a las órdenes de cambio

CANTIDAD	NÚMERO DE CONTRATO	MUNICIPIO	COSTO ORIGINAL DEL CONTRATO	CANTIDAD DE ÓRDENES DE	COSTO FINAL DEL CONTRATO	TIEMPO ORIGINAL DEL CONTRATO (DÍAS CALENDARIOS)	TIEMPO FINAL DEL CONTRATO (DÍAS CALENDARIOS)
21	2011-000994	Juncos	\$ 5,677,000.00	3	\$ 5,716,153.11	905	952
22	2011-000995	Maunabo	\$ 4,780,240.00	2	\$ 4,900,732.84	905	927
23	2011-000996	San Lorenzo	\$ 5,677,000.00	3	\$ 5,778,634.44	905	954
24	2012-000121	Carolina	\$ 6,802,321.00	6	\$ 6,992,431.12	950	994
25	2012-000125	Loiza	\$ 6,469,870.00	5	\$ 6,765,958.63	995	1037
26	2012-000409	Orocovis	\$ 1,200,000.00	6	\$ 1,344,425.00	195	558
27	2012-000410	Aibonito	\$ 1,200,000.00	5	\$ 1,221,855.06	150	466
28	2012-000547	Luquillo	\$ 949,245.00	3	\$ 994,347.36	209	303
29	2012-000550	Culebra	\$ 6,469,870.00	5	\$ 6,737,423.28	875	977
30	2012-000551	Vieques	\$ 5,261,946.00	3	\$ 5,347,312.87	875	875
31	2012-000589	Arecibo	\$ 1,200,000.00	1	\$ 1,275,287.57	180	188
32	2012-000605	Fajardo	\$ 1,199,377.00	5	\$ 1,201,788.50	217	502
33	2012-000606	Loiza	\$ 1,193,415.00	4	\$ 1,228,338.00	212	483
34	2012-000607	Yabucoa	\$ 1,009,995.00	5	\$ 1,066,986.00	217	502
35	2012-000608	Las Piedras	\$ 1,198,485.50	2	\$ 1,198,485.50	150	310
36	2012-000611	Cabo Rojo	\$ 1,200,000.00	2	\$ 1,304,016.76	214	270
37	2012-000695	Moca	\$ 1,253,841.70	3	\$ 1,331,869.12	180	225
38	2012-000696	Aguada	\$ 855,629.70	4	\$ 872,914.72	244	445
39	2012-000727	Juana Díaz	\$ 18,480.00	2	\$ 55,440.00	92	276
40	2013-000112	Cayey	\$ 5,489,346.24	4	\$ 5,532,153.17	875	875