



ANALISIS DE PROBLEMAS DE CONSTRUCCION DERIVADOS DE ERRORES DE DISEÑO

POR: JAIME ALEXANDER CAMARGO SANCHEZ

Noviembre de 2015

**ANALISIS DE PROBLEMAS DE CONSTRUCCION DERIVADOS DE ERRORES DE
DISEÑO**

Por
Jaime Alexander Camargo Sánchez

Documento presentado como cumplimiento
parcial de los requisitos para optar al título de
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad de Los Andes

Profesor:
Dr. Ing. José Luis Ponz Tienda

Noviembre de 2015
Bogotá D.C.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su permanente ayuda y apoyo en este estudio académico y en todos los aspectos de mi vida; agradezco a mi madre y a toda mi familia por el respaldo y colaboración que siempre me han brindado.

Agradezco al Dr. Ing. José Luis Ponz por su total apoyo y colaboración en la elaboración y desarrollo del presente estudio; al igual que al Arq. Juan Carlos Rojas Iragorri y al Ing. Pablo Emilio Medina Niño, por sus valiosos aportes y colaboración en el desarrollo del documento.

Por ultimo agradezco a mis amigos, compañeros de trabajo y a la empresa donde laboro por su gran apoyo personal y técnico en el desarrollo del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVO	11
2.	INTRODUCCION	13
3.	ESTADO DEL ARTE - MARCO CONCEPTUAL	15
4.	METODOLOGIA	29
5.	INFORMACION PARA ANALISIS – APORTE A CONOCIMIENTO	31
5.1	SELECCIÓN DE PROYECTOS	31
5.2	ENCUESTA	42
5.2.1	TEMARIO.....	43
6.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	51
6.1	RESULTADOS ANALISIS DE PROYECTOS.....	51
6.1.1	ANALISIS GENERAL	51
6.1.2	RESULTADOS DETALLADOS.....	52
6.1.3	RESULTADOS ESTADISTICOS	53
6.1.4	ANALISIS DE VARIABLES	54
6.1.5	ANALISIS ENTRE VARIABLES	57
6.2	RESULTADOS ENCUESTA	59
6.2.1	DATOS OBTENIDOS.....	59
7.	CONCLUSIONES	81
8.	RECOMENDACIONES	85
9.	FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION.....	87
10.	BIBLIOGRAFIA	89

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA No 1 - VALOR INICIAL Vs VALOR FINAL.....	54
GRAFICA No 2 - VALOR INICIAL Vs DESVIACION.....	54
GRAFICA No 3 - PLAZO INICIAL Vs PLAZO FINAL.....	55
GRAFICA No 4 - PLAZO INICIAL Vs DESVIACION	55
GRAFICA No 5 - AREA INICIAL Vs AREA FINAL	56
GRAFICA No 6 - AREA INICIAL Vs DESVIACION	56
GRAFICA No 7 - VARIACION EN VALOR Vs VARIACION EN PLAZO	57
GRAFICA No 8 - VARIACION EN VALOR Vs VARIACION EN AREA.....	58
GRAFICA No 9 - VARIACION EN PLAZO Vs VARIACION EN AREA	58
GRAFICA No 10 - PROBLEMAS DE DISEÑO DURANTE LA OBRA	60
GRAFICA No 11 - IMPORTANCIA TRANSVERSALIDAD EQUIPO DE DISEÑO	61
GRAFICA No 12 - IMPORTANCIA EXPERIENCIA DE LA ENTIDAD	62
GRAFICA No 13 - IMPORTANCIA CAPACIDAD TECNOLOGICA DISPONIBLE	62
GRAFICA No 14 - IMPORTANCIA METODOLOGIA DE DISEÑO.....	63
GRAFICA No 15 - IMPORTANCIA INTERVENTORIA Y/O SUPERVISION DE DISEÑO	64
GRAFICA No 16 - IMPORTANCIA APLICACIÓN NORMAS TECNICAS EN DISEÑO.....	65
GRAFICA No 17 - ORIGEN DE LOS ERRORES Y FALLAS EN DISEÑO	67
GRAFICA No 18 - INFLUENCIA DE LOS COSTOS DE DISEÑO EN CALIDAD.....	67
GRAFICA No 19 - TIPOS DE CONSULTORES USADOS EN LOS DISEÑOS	68
GRAFICA No 20 - CONTROL TECNICO EN ETAPA DE DISEÑO	69
GRAFICA No 21 - APLICACIÓN DE MODELOS DE GESTION	70
GRAFICA No 22 - PROBLEMAS COMUNES DERIVADOS DEL DISEÑO	70
GRAFICA No 23 - REVISION DE DISEÑOS ANTES DE INICIO DE OBRA	71
GRAFICA No 24 - AREAS CON EL MAYOR NUMERO DE ERRORES DE DISEÑO.....	72
GRAFICA No 25 - FACTORES AFECTADOS POR ERRORES DE DISEÑO	73
GRAFICA No 26 - IMPORTANCIA POR IMPACTO EN TIEMPO DE EJECUCION	74
GRAFICA No 27 - IMPORTANCIA POR IMPACTO EN COSTO FINAL.....	74
GRAFICA No 28 - IMPORTANCIA POR IMPACTO EN LA CALIDAD	75
GRAFICA No 29 - PORCENTAJE DE AFECTACION AL VALOR TOTAL	76
GRAFICA No 30 - PORCENTAJE DE AFECTACION AL PLAZO TOTAL.....	77

GRAFICA No 31 - AFECTACION A LA CALIDAD POR ERRORES DE DISEÑO	78
GRAFICA No 32 - SISTEMAS DE CORRECCION O DISMINUCION DE AFECTACIONES	79

LISTA DE TABLAS

TABLA No 1 - DESCRIPCION GENERAL DE AUTORES Y TEMAS.....	28
TABLA No 2 - DESCRIPCION GENERAL DE PROYECTOS	41
TABLA No 3 - ANALISIS GENERAL DE RESULTADOS	52
TABLA No 4 - ANALISIS DE EFECTOS POR ERRORES DE DISEÑO.....	52
TABLA No 5 - ANALISIS ESTADISTICO DE EFECTOS POR ERRORES DE DISEÑO ..	53

1. OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo general determinar y analizar los principales problemas que afectan la construcción de obras en nuestro país, debido a errores o fallas en los diseños técnicos de los proyectos

De forma específica se busca generar un documento donde se analicen los errores que se presentan en etapa de ejecución evaluando y clasificando la procedencia u origen de los mismos; se realiza la determinación y cuantificación de los tipos de afectaciones a las obras debido a problemas y errores de diseño, con el fin de generar un documento de analisis que mediante conclusiones y recomendaciones apoye el control y seguimiento del diseño con el fin de mejorar y reducir los problemas en la etapa de construcción.

2. INTRODUCCION

La construcción en Colombia durante los últimos años ha presentado un importante crecimiento convirtiéndose en uno de los ejes básicos de soporte a la economía nacional; el histórico positivo de las variables macroeconómicas así como la estabilidad política generan escenarios de favorabilidad que han apoyado dicho crecimiento.

Esto se ha reflejado en importantes inversiones de carácter gubernamental y privado (nacional y extranjero) en varios escenarios de la cadena que conforman el proceso de la construcción; lo que deriva en importantes proyectos de infraestructura y desarrollo de construcciones de diversa índole en todo el territorio nacional; derivado de ello en forma paralela crecen los sistemas económicos que giran en torno a la construcción (empresas, productos, servicios y demás), esto sin contar el crecimiento de los entes académicos y gremiales del sector, así como los niveles de investigación y aplicación de más y mejores tecnologías, procesos y sistemas al desarrollo de los proyectos.

A pesar de este interesante panorama, el sector aún enfrenta grandes inconvenientes que afectan su crecimiento, imagen y el normal desarrollo de los proyectos; uno de los problemas que históricamente afectan el desarrollo de los proyectos son los errores en diseño que afectan la ejecución en obra. El sector enfrenta permanentemente graves inconvenientes que derivan de dicha afectación, incluso con alcances que llegan a implicar que los proyectos no se ejecuten, se abandonen durante la misma ejecución o se ponga en riesgo su equilibrio económico y rentabilidad.

Dicho escenario a nivel nacional es poco estudiado y su análisis se centra generalmente en aspectos jurídicos derivados, que por su objetivo centran la información en el resultado sin considerar en muchos casos el origen o las razones que llevaron a que el proyecto no se realizara o este se ejecutara en las condiciones diferentes de cada caso. De ninguna manera se realiza el presente estudio con el fin de justificar falta de responsabilidad e incluso delitos de algunos actores del sector; lo que busca el presente análisis es conocer de mejor forma el tema de errores y fallas de diseño que en varias ocasiones generan

serias afectaciones a los proyectos, estos errores son poco referenciados académicamente y no se cuenta con la suficiente información, documentación y análisis al respecto.

A partir de lo descrito, lo observado en el entorno diario del sector y con base en experiencias profesionales propias, se planteó la necesidad de analizar dichos errores de diseño en un grupo de proyectos de obra; con el fin de poder evaluar el impacto de errores en el desarrollo de los mismos, las afectaciones que generan y de igual manera determinar aspectos a tener en cuenta que permitan conocer y disipar los elementos negativos, así como recomendaciones para controlar el nivel de daño al normal desarrollo de procesos constructivos futuros. De igual forma se planteó un apoyo analítico al estudio de parte de expertos del sector que brindaran una opinión técnica al respecto soportada en su propio conocimiento y experiencias, lo que a su vez aplicado al estudio apoyara las conclusiones y recomendaciones del mismo.

3. ESTADO DEL ARTE - MARCO CONCEPTUAL

Entre las definiciones de la palabra problema establecidas en el Diccionario de la Lengua Española (2014) se encuentran: “*Cuestión que se trata de aclarar; Conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de un fin; Planteamiento de una situación cuya respuesta desconocida debe obtenerse a través de métodos científicos y Disgusto, preocupación.*” Es interesante como el propio significado de la palabra se ajusta, e indica de varias maneras las implicaciones de los diversos problemas que surgen en una actividad tan compleja como puede ser el desarrollo de un proyecto.

El hecho lógico e innegable de que los proyectos de construcción representen procesos complejos como se indicó, elevadas inversiones, así como su importante alcance e impacto sociopolítico; han llevado a que los mismos se encuentren seriamente vinculados a contratos y sistemas de asegurabilidad que buscan blindarlos de los posibles errores en su ejecución; ello ha llevado al desarrollo de toda una jurisprudencia al respecto en nuestro país como la Ley 80 de 1993 - Estatuto General de la Contratación Pública, el Decreto 1510 de 2013 - Reglamentación del Sistema de Compras y Contratación a nivel público y El Decreto 410 de 1971 - Código del Comercio y sus actualizaciones que aplican para el sector privado. Pero en nuestro país el desarrollo de sistemas de análisis técnicos y documentación de fondo o científica en cuanto a errores por diseño es muy bajo; así mismo los entes gubernamentales del sector, los gremios y la academia no han ahondado de gran forma en los orígenes que generan dicho errores y en cómo se afecta e impacta posteriormente el proyecto en su etapa de obra como tal.

A nivel global se han desarrollado estudios respecto a los errores en etapa de diseño; pero con un enfoque desde el punto de vista de riesgo; considerado el mismo según lo describió Mills (2001) como la posibilidad de que eventos adversos que se presenten dependan de las circunstancias; esto muestra la dificultad de su análisis y deriva en que se maneje de forma puntual asignando en el presupuesto un valor a dicha posibilidad de riesgo de error. Pero este análisis, además de aumentar los costos del proyecto, no muestra en muchos casos un soporte que permita determinar si dichos valores al culminar

la obra se ajusta a lo previamente determinado. Adicionalmente, el margen o valor de riesgo en general, se enfoca y considera un costo financiero alejado de otras variables que se afectan por errores de diseño, como pueden ser el tiempo de ejecución y el alcance representando en la cantidad de obra ejecutada.

El manejo académico de riesgo generalmente lo considera externo al proyecto en aspectos técnicos y lo mantiene vinculado al mismo en temas financieros y jurídicos; algunos estudios como el desarrollado por Akintoye y MacLeod (1996) desarrollan un análisis enfocado en la administración del riesgo en el sector de la construcción con resultados y análisis no solo de costo sino también en tiempo y calidad. En dicho estudio se considera un riesgo al traslape o sobreposición entre una amenaza y la vulnerabilidad a la que se expone la misma; generando afectación residual al cliente y sus objetivos. Se describe como se identificaron las mayores fuentes de riesgo en la construcción donde sobresale el aspecto financiero, medio ambiente, temas legales y se considera como uno de los principales factores el riesgo en diseño; con calificaciones del mismo como un riesgo alto que en varias ocasiones solo se considera contingencia sin determinar su real alcance, el cual en varios casos y por bastante es superior a la partida descrita (solo en lo económico).

La descripción realizada en la aproximación sistemática de la administración del riesgo, desarrollada por Mills, parte del punto según el cual la industria de la construcción es uno de los más dinámicos, riesgosos y cambiantes negocios que existen; ello es coherente con la diversidad de procesos y el gran número de personas y sistemas que intervienen en el desarrollo de un proyecto. En dicho análisis también se describe como el riesgo se maneja simplemente asignando un porcentaje del 10% en contingencias a un proyecto con el fin de solventar este aspecto; lo cual evidentemente es antitécnico y poco soportado. De allí que en dicho estudio se referencia también que el riesgo aunque no se puede eliminar si puede ser minimizado, transferido o anticipado.

Según Mills, las consecuencias derivadas del riesgo o su impacto se describen mediante la siguiente expresión: $RI = L \times C$

Dónde: RI, corresponde al Impacto por riesgo

L, Muestra la probabilidad de ocurrencia y

C, Indica las consecuencias del mismo

Es evidente allí la importancia de considerar el riesgo en el proyecto y como el mismo puede presentar serias afectaciones que van más allá de simples estimaciones como la descrita con anterioridad; de igual forma la expresión muestra como los impactos aumentan en medida de la probabilidad o las consecuencias, lo que duplica su dependencia y respuesta ante dichas variables. Mills, soportado en lo anterior, describe que el costo real del riesgo puede ser mucho más alto de lo que aparenta; es decir que las mediciones de riesgo pueden ser cortas en comparación con lo daños que realmente puede presentar el proyecto. Allí mismo se analiza que el mayor grado de incertidumbre por riesgo se encuentra en las primeras etapas del proyecto y que las decisiones en dicha etapa tienen un alto impacto en el costo y tiempo finales; estas etapas iniciales incluyen el tema del análisis de este documento y es la etapa de diseño y sus consecuencias en el proyecto. Se consideran de igual manera aspectos donde se determinó la posición y el nivel de afectación del riesgo ubicando los defectos en el diseño a un nivel de muy importante y con responsabilidad en el propietario del proyecto; en la práctica, en nuestro medio y muchos casos, los efectos de errores de diseño resultan siendo de responsabilidad compartida por temas jurídicos y contractuales, con las demás partes que intervienen en el desarrollo.

Según Oztas y Okmen (2003), el desarrollo y manejo de riesgo ha llevado a que la antigua técnica soportada en la experiencia de los contratistas para estimar dichos valores, fuera cambiada a escenarios como el de generar contratos de diseño y construcción en un solo proveedor con lo que el efecto de riesgo se difiere y se soporta por completo en el contratista evitando que permanezca en el propietario; es un enfoque que podría considerarse aceptable como solución a la transmisión del riesgo pero en ningún caso genera un efecto en que el mismo se minimice o no afecte a la obra. En el estudio de Oztas y Okmen se indicó con base en algunas investigaciones previas que una estimación real del valor final y de la duración del proyecto siempre se requerían antes que cuando es realmente posible obtenerlas; esa es una de las ideas más ligadas a la descripción del riesgo, así como a la dificultad de medir sus impactos cuando estos se producen durante la ejecución de la obra como etapa final.

De esto que se considere importante en el estudio de Adnan et al (2008) que quien asume el riesgo como es el caso del contratista, identifique y analice los riesgos que puedan ocurrir en el diseño y la construcción para asegurar que ello no impedirá el éxito del proyecto en ambas etapas. De igual forma se debe distribuir el manejo del riesgo comenzando por los problemas de mayor probabilidad e impacto negativo y posteriormente los problemas de menor probabilidad e impacto; ello desde el punto de vista de administración del riesgo allí expuesto, considerando siempre la posibilidad de que los eventos futuros pueden causar efectos adversos; allí se consideran los efectos de que los riesgos de diseño se conviertan o deriven en errores al proyecto en obra.

La tipología de contratos que analizan Adnan et al son de precio fijo e incluyen diseño y construcción (DyC); allí los errores de diseño son asumidos en sus resultados como riesgo del propio contratista excepto cuando el mismo propietario modifica diseños (no se considera error) y se afecta el proyecto, en este caso los costos o sobre tiempos serán asumidos por el propietario. De igual forma se describen los riesgos a los que se expone el proyecto por temas de regulación y normativas cuando se presentan cambios en ellas, que pueden afectar tanto el diseño como la construcción; lo que adicionalmente por su naturaleza de normativa puede reflejar retrasos en el cronograma de ejecución. Se genera igualmente un importante análisis del sistema DyC donde se puntualiza en la importancia de la selección del equipo de diseño para garantizar una buena respuesta posterior en la ejecución; ello con el fin de minimizar la probabilidad de error y garantizar labores coordinadas desde etapas iniciales, con la dificultad que en ocasiones implica recibir y generar ordenes entre equipos de diseño y construcción; se analiza para el caso de Malasia; pero es bastante común en nuestro país.

Los riesgos aumentan cuando los diseños se alejan del concepto original; ya sea por errores en los mismos, por decisiones del propietario o por reprocesos en la obra; Adnan et al describen como en los contratos de DyC esta posibilidad de riesgo genera afectaciones al contratista, en la medida de la calidad de información de la etapa previa de diseño y el detalle en especificaciones; al presentarse un soporte técnico de bajo alcance o errores en los mismos, las decisiones del propietario pueden impactar el proyecto y el resultado afectado como receptor del riesgo al contratista por errores de diseño; de allí la importancia en contar con unos estudios técnicos de la mejor calidad. Así

mismo se genera un importante análisis respecto al efecto de que aunque existen riesgos comunes, cada proyecto de forma individual implica una distinta variedad de riesgos al mismo lo que a su vez implica variedad de posibles errores, a mayor investigación y análisis de riesgo mayor es la posibilidad de disminuir los errores; sin embargo en opinión propia ello no se cumple en la práctica, además de que eliminar totalmente los riesgos es imposible, por lo que gran parte de los errores se transmiten del diseño a la obra.

Adnan et al describen la importancia del diseño y los detalles y cómo este aspecto y sus especificaciones no pueden considerarse o delegarse como trabajo posterior o de desarrollo en campo, por los riesgos que ello implica y los posibles errores en obra. Enfatizan la importancia de contar con información de calidad desde la etapa de diseño, tener claridad en los alcances de cada etapa y verificar que los objetivos sean claros para todos los que intervienen en el desarrollo del proyecto, llegando a un punto importante como es la supervisión la cual aumenta en obra debido a errores derivados del diseño.

Se observa que el análisis de errores en la industria de la construcción en sus etapas previas como el diseño, se consideran básicamente márgenes de riesgo; el tratamiento de las posibilidades de que lo previsto en dicha etapa no se ajuste o corresponde a la realidad en la obra ha tenido un manejo mejor estudiado. Los sistemas de gestión, así como las diferentes normativas buscan mitigar o reducir el impacto de los errores de diseño, pero en muchos casos lo único que se logra es trasladar el efecto a la ejecución sin el tratamiento que el mismo merece; derivando su impacto en la ejecución y sin considerar su origen básico en la etapa previa de diseño, tema que se aborda particularmente en el presente estudio.

Así mismo el alcance de estudio del presente documento considera los errores de diseño y sus implicaciones en obra. La clasificación de errores descrita por López, Love, Edwards y Davis (2010) indica que estos pueden ser basados en el rendimiento, errores por reglas o de conocimiento y por incumplimiento de normativas; esta diversidad hace que cualquier proyecto este permanentemente expuesto a estas afectaciones, teniendo en cuenta que gran parte del proceso previo y ejecución son principalmente de carácter humano con apoyo parcial en equipos y tecnología.

Algunos estudios en Latinoamérica, como el desarrollado por Campero (1992), describen una teoría para prevención y manejo de contratos en obras civiles con una descripción de un proceso para el control jurídico del caso. Vallejo (2007), generó un estudio sobre la responsabilidad profesional en la construcción de obras. Como se observa, los enfoques estudiados corresponden a los alcances de los errores, mas no al análisis detallado o al control de disminución de ocurrencias y medición tanto en diseño como en la misma ejecución de obra.

Los estudios de errores en construcción a nivel global son un poco más frecuentes, se desarrollan de forma detallada y centran sus análisis en aspectos puntuales, ya sea de origen o de resultado, respecto al error o problema generado al proyecto; se evidencia un análisis enfocado en los datos y sus conclusiones desde el punto de vista gerencial como el análisis desarrollado por Love, López, T. Kim y J. Kim (2014), quienes determinan alcances negativos cuantitativos de las malas prácticas que implican los errores de diseño.

De parte de Kadir, Lee, Jafar, Sapuan y Ali (2005) se realizó un análisis de factores que afectan los procesos de construcción en Malasia respecto a demoras y nivel de productividad; entre estos surgieron diversos aspectos enfocados en el diseño o alrededor de este que generan dicha respuesta; es de tener en cuenta el fuerte crecimiento que ha tenido dicho país en los últimos años en materia de construcción, con un enfoque de crecimiento de infraestructura urbana de notable alcance y buenos resultados. A pesar de lo anterior los factores que se determinó afectan el proceso fueron extensos y se encontraron gran diversidad de aspectos; entre los que se destacan relacionados con el diseño se encuentran: demoras en la entrega de los diseños o baja calidad de los mismos, cambios en las ordenes o alcances realizados por parte de los propietarios de los proyectos, reprocesos por información no entregada, dificultades de verificación de información con los consultores, inconvenientes con aprobaciones y permisos de parte de la autoridad local, e incluso dificultades constructivas respecto a la información de diseño.

Se realizó para el caso de Malasia, un interesante análisis en aspectos de desarrollo de la obra, por errores debidos a temas como el de deficiencias en los planos, cambios en las especificaciones básicas de diseños considerados reprocesos; así como aspectos desde

el punto de vista constructivo asociados a errores en la selección del personal cuando este es incapaz de interpretar los diseños. Se consideró a su vez el hecho negativo que generan las demoras en los pagos, o los problemas que se pueden presentar cuando no es buena la comunicación entre el personal de consultoría, así como con la obra, o cuando la comunicación no existe.

Ummer, Maheswari, Matsagar y Varghese (2014), determinan y revisan la secuencia de elementos que conforman el proceso de diseño y los que del mismo derivan; en sus análisis determinan los alcances negativos de lo que denominan reproceso, que no es más que la necesidad de corregir, mejorar o rehacer lo ya hecho con su respectivo impacto en el tiempo. Es de anotar la forma como centran parte importante de su análisis en el desarrollo de un modelo hipotético para proyectos que requieren más de 2 actividades, secuenciando y distribuyendo elementos. El diseño no se considera una etapa única en ese caso. Se observan también modelos de gestión a nivel básico para las prácticas profesionales de diseño como el desarrollado por Williams y Jhonson (2013), que hacen un interesante análisis, direccionado a lo que sería un proceso estándar de diseño con un enfoque normativo lo que permitiría mejorar el mismo en sus diferentes etapas e incluso en la misma ejecución posterior de obra.

Palaneeswaran, Love y Kim (2014), analizan el alcance de las auditorías de diseño en Hong Kong, equivalentes a la supervisión o interventoría de diseño en nuestro país, describen el manejo y las características de dicho proceso, así como sus beneficios y alcances. Es importante denotar que se observa un importante interés por el análisis de errores de diseño y mejora de procesos, en los estudios con origen en Asia oriental. Ello podría asociarse en parte a los orígenes culturales de sus habitantes, que siempre han dado especial importancia al diseño y el detalle.

En muchos casos los retrasos en obra, pueden derivar de aspectos de diseño, generan sobrecostos en obra; debido a que al aumentar los periodos de ejecución los costos de los materiales pueden aumentar atados a aspectos como la inflación y al aumento del valor de la mano de obra; según describen Assaf y Hejji (2006); de igual manera consideran que culminar un proyecto en el tiempo establecido es un indicador de eficiencia, pero se aclara que la construcción es un proceso sujeto a muchas variables y

factores impredecibles, además de depender de diversas fuentes como son los recursos disponibles, las condiciones ambientales o las relaciones contractuales; lo que hace que en el alcance allí estudiado de grandes proyectos en Arabia Saudita, no sea raro que un proyecto se culmine fuera del plazo establecido por demoras. Se establece una importante referencia en cuanto a que las demoras ocurren de manera frecuente en proyectos de mediano y largo tamaño y se consideran severas en proyectos pequeños o de menor tamaño, además se consideran aspectos en dicho aspecto de retrasos que se consideran de alcance del propietario, también se incluyen aspectos de calidad de los contratistas, de los diseños y de la planeación previamente realizada.

Se abordan referencias de los que en el alcance indicado se consideran los principales factores de retraso en entrega, se indican aspectos como un pobre sistema de gestión, bajo nivel de supervisión, demoras en la toma de decisiones y variaciones del cliente, reprocesos y desconocimiento de las condiciones reales en sitio, lo que se asocia directamente a deficiencias en los diseños. Se describe como en Malasia son más comunes los sobrecostos en los proyectos que las demoras en plazo de ejecución; asociado ello como se describió a aspectos de inflación lo que afecta directamente los costos de materiales; se debe tener en cuenta para el análisis de dicho aspecto, que el estudio referencia a Indonesia, lo que se asocia a un sistema de variación de precios e inflación distinto al de nuestro medio. Así mismo se describen factores de afectación por errores que conllevan a retardos en la ejecución derivados de cambios del usuario, modificaciones en cantidades con afectación del alcance, aspectos del sitio entre los que considera el clima y una referencia importante a aspectos de diseño, lo que implican errores en dicha etapa que se convierten posteriormente en plazo de ejecución de obra.

El análisis de caso para Vietnam realizado por Ling y Bui (2010), desarrollan aspectos de afectación en la construcción, a partir de procesos derivados de diseño, con comparaciones en aspectos de selección y experiencia de los contratistas; realizan a su vez un análisis entre los alcances del sector gubernamental en los proyectos y afectaciones; así mismo examinan lo respectivo en el sector privado, determinando mejores respuestas con la concepción de supervisor en diseño y construcción.

Para el caso colombiano las investigaciones y estudios que se han realizado respecto a los errores de diseño y sus impactos en la obra son relativamente pocos; no se encontró una base bibliográfica importante que permitiera analizar la posición y resultados de otros autores al respecto. Lo anterior es de tener en cuenta, por cuanto nuestro país históricamente y principalmente los últimos años ha enfrentado serios inconvenientes por resultados negativos en obra derivados de errores en los diseños, con resultados pésimos desde el punto de vista financiero y de plazo; con visibles casos como la infraestructura de uno de los principales túneles viales que forma parte de la nueva generación de vías, hasta el punto de colapsos de edificios con mas que perdidas económicas o en plazo. Se evidencia nuevamente la necesidad de abordar el tema y generar conclusiones que permitan analizar de mejor manera los procesos que actualmente se generan por deficiencias en los estudios técnicos y sus impactos derivados.

Otros estudios abordan políticas básicas de control gerencial de errores desde un punto de vista administrativo o de mejora de personal, incluso de su alcance técnico en temas de corrección y retrabajo en sitio; pero pocos de estos estudios abordan la problemática de determinar patrones de errores transmisibles del diseño a la obra, sus posibles métodos de disipación y control; así como el impacto medible que las malas prácticas de diseño le transmiten y afectan a la obra. Dichos enfoques, desde el punto de vista gerencial, muestran como la puesta en práctica de sistemas de gestión tipo Lean o Six Sigma generan mejores respuestas y sinergias que disminuyen el nivel de error de diseño y su respuesta negativa en obra. Básicamente se apoyan en el concepto de impacto de margen de error en etapa previa a diferencia de las afectaciones de reproceso, ajustes o cambios en etapa de ejecución de obra o posteriores.

Estudios como el realizado por Dzul, Gracia, González, Fernández y Cremades (2009) generan referencias importantes en la calidad a manejar durante los diseños y describe de acuerdo a su investigación previa como la complejidad de los diversos procesos que se desarrollan en la industria de la construcción no permiten que realizar mediciones y seguimiento en temas como el diseño sea una tarea fácil. Se muestra como generalmente no existen un plan definido de aseguramiento de calidad en etapas de diseño y como es común que no exista una selección correcta de consultores de diseño, así como tampoco es común el uso o implantación de una metodología que permita conducir de manera

sistemática la fase de diseño; mostrando ello elementos que deben considerarse para el desarrollo de dicha etapa; describiendo como se indicó con anterioridad que el diseño solo se considera un originador o causa de fallos.

Se indican elementos a desarrollar y controlar en las fases de diseño según esquemas estructurados que deben ser completados y verificados durante dicha etapa; considerando especial importancia en el análisis previo del problema, para de allí poder desarrollar la respectiva solución al mismo; es importante como dicho enfoque muestra una nueva perspectiva ya que el común denominador del proceso de diseño tipo es desarrollar una solución sin ahondar demasiado en el análisis previo. De aquí se obtiene una variable a verificar derivada del diseño al requerirse la revisión respecto en cuanto a si esta etapa conto con una metodología similar a la descrita.

El modelo costes de calidad por procesos aplicado en diseño según describen Dzul et al es considerado una de las mejores alternativas para el sector de la construcción en dicha etapa; sobresalen aspectos en su desarrollo que incluyen todos o la gran mayoría de participantes así como sus posibles afectaciones o incidencias en el desarrollo; entre estos son de considerable importancia el rol restrictivo del cliente y su entorno al diseño, los lineamientos y procedimientos estandarizados de parte del consultor o de la empresa que realiza el estudio, las consideraciones legales y económicas desde el punto de vista gubernamental, la información y disponibilidad de la misma que se suministre de parte del cliente para el desarrollo, la capacidad tecnológica y disponibilidad de recursos económicos para el estudio, así como la calidad y disponibilidad del personal profesional que desarrolla el proyecto. Esto lleva a analizar como dichos aspectos y otras variables de similar alcance pudieron afectar un diseño y si el mismo se pudo considerar como aprobado antes del inicio de su ejecución; adicionalmente debe considerarse si se generó la respectiva retroalimentación de errores a la fuente de origen con el fin de evitar su recurrencia o transmisión a otros procesos o proyectos.

Se considera el desarrollo de un diseño como una actividad que involucra prueba y error lo que a su vez requiere retroalimentación; aspecto que debe ser tenido en cuenta durante dicha etapa, así como durante el desarrollo de campo y sus posibles implicaciones en la misma dirección; ello indica que el desarrollo requiere volver a etapas previas para

mejorar, corregir o complementar; lo que en ocasiones se ve afectado por variables de producción como son el costo y el plazo de ejecución. Así mismo se describe la importancia de variables en el diseño relacionadas con la experiencia del grupo consultor. La diferencia técnica entre proyectos así como su grado de dificultad y los aspectos de retroalimentación cíclica requerida; que en general puede implicar fallas por falencias en el enfoque de procesos de diseño con alcance de mejora continua y el desconocimiento de las actividades de no conformidad y sus causas; lo que referencia al objetivo principal del presente estudio.

La subjetividad que en varios casos envuelve el alcance de los diseños ha llevado a que se establezcan parámetros de control a dicha labor; como ya se había indicado, Vallejo describe en buena forma, como en la práctica el diseñador no se obligaría a acertar con el diseño sino a realizarlo con el debido cuidado y según los procesos establecidos generalmente para su oficio, allí se consideran los estándares de ejecución y las normas; según esto el alcance esperado por el cliente como variable de control, se puede ver diferenciado con respecto a lo desarrollado por el consultor; en la práctica esta diferencia de alcance generalmente se ve reflejada en detalle durante la ejecución de la obra ya en sitio; dicho aspecto busca ser compensado con mayores desarrollos previos a los alcances establecidos para el diseño a ejecutar, así como con cláusulas de alcance extensivo en los contratos, lo que en varios casos solo genera mayores ambigüedades al proceso por no ser suficientemente claras y específicas. De allí que se considere como una buena práctica de ingeniería y un aspecto favorable que el proyecto presente un profesional externo o entidad que verifique el proceso, desarrollo y los resultados de los diferentes diseños en calidad de supervisor o interventor de diseño.

Se han realizado investigaciones con el fin de determinar los factores que afectan el proyecto en su etapa previa, con incidencia importante en su desarrollo posterior como el realizado por Akinci y Fischer (1998) quienes dividieron dichos factores en dos grupos básicos, uno de factores estimados derivados de la experiencia de los participantes en el proyecto y un segundo grupo de factores específicos al diseño. Su enfoque determinaba que los factores estimados, a pesar de tratarse de una industria con un importante nivel de tecnología y en permanente desarrollo, aun representan un importante aspecto a tener en cuenta y de común soporte en decisiones respecto al proyecto; así mismo se analizan

variables al proceso de diseño que se determinan como influyentes en el desarrollo y proceso de consultoría, con alcances importantes en la definición general del proyecto e impacto durante la obra.

Se consideraron diversas variables como vaguedad o falta de claridad en el alcance, la cual describe la dificultad de conocer el resultado esperado del diseño final, al no tener establecidos los parámetros esperados de forma específica; de igual manera se tienen en cuenta las implicaciones derivadas de la complejidad técnica del proyecto, allí se describen las implicaciones al diseño debidas al tipo de proyecto a diseñar; también se tuvieron en cuenta las dificultades debidas al tamaño de los proyectos y su afectación a procesos de diseño por temas de cantidad de información a analizar, desarrollar y correlacionar entre diferentes especialidades debido a este factor. El estudio de Akinci et al también aborda factores externos al diseño que inciden en el mismo como los riesgos que el cliente está dispuesto a asumir y su nivel de injerencia en el desarrollo del proyecto; analiza la importancia en el proceso de diseño de factores como el aspecto económico, las políticas de riesgo del proyecto en general; se consideró otro aspecto como el factor de riesgo que se pretende trasladar a los contratistas de obra; lo que a criterio propio y en este caso se considera una cesión de responsabilidad de diseño y no un factor de afectación, por lo que no se analizó como variable de afectación a desarrollo de consultoría en el presente estudio.

De lo anterior se analizaron 3 grupos de origen básicos de variables que inciden en el diseño, su desarrollo y resultados, así:

- Variables de la entidad y el personal: En este aspecto se destacan temas como la selección del personal consultor, los estándares de la entidad, la capacidad tecnológica del consultor y la disponibilidad de recursos.
- Variables del proceso: Son de considerar la metodología de diseño utilizada en el proceso, el sistema y procesos de manejo de cambios y modificaciones, el manejo de procesos de retroalimentación de información, la dificultad técnica del proyecto considerados de forma individual y la disponibilidad de interventoría de diseño. También sobresale la aplicación de un sistema de gestión en el proceso.

- Variables externas: Entre estas son de principal importancia las restricciones del cliente y su inferencia en las decisiones de diseño, el manejo de normativas y su obligatoriedad, los aspectos de restricciones legales y el detalle en la descripción del alcance esperado para los diseños.

Los diferentes aspectos tenidos en cuenta para el sector de la construcción, tanto en análisis de riesgo, error y sus variables en etapa de diseño y construcción, por parte de los autores tomados, generan el siguiente cuadro de referencia:

AUTOR (ES) ASPECTOS	Campero (1992)	Akintoye y MacLeod (1996)	Akinci y Fischer (1998)	Mills (2001)	Oztas y Okmen (2003)	Assaf y Hejji (2005)	Kadir, Lee, Jafar, Sapuan y Ali (2005)	Vallejo (2007)	Adnan et al (2008)	Dzul et al (2009)	López et al (2010)	Ling y Bui (2010),	Williams y Jhonson (2013)	Ummer et al (2014)	Love et al (2014)	Palaneeswaran et al (2014)
Estimaciones previas		X	X	X			X	X	X	X						
Consideración de error como riesgo	X			X				X	X							
Definición del alcance			X				X	X	X							
Complejidad del diseño			X						X	X						
Tamaño del proyecto			X			X										
Especificaciones constructivas			X			X			X							
Condiciones del terreno, medio ambiente		X	X			X										
Factores de riesgo y restricciones del cliente	X	X	X	X		X			X	X		X			X	
Factores de riesgo del contratista			X		X			X	X						X	
Factores económicos		X	X	X	X	X		X	X	X					X	X

Factores de afectación en tiempo		X		X	X	X	X	X		X		X				X	X
Factores de afectación en alcance		X					X									X	
Factores de afectación en calidad		X				X										X	
Políticas de riesgo de la entidad	X	X	X									X					
Tipos de contrato y obra	X		X		X			X				X					
Revisión - supervisión de diseños (calidad)						X			X	X		X		X			X
Estándares y normativas							X	X	X	X	X		X	X			X
Proceso de selección de consultores y experiencia						X			X	X		X					
Sistema de gestión				X		X				X			X	X			
Capacidad técnica del consultor y los profesionales										X	X	X					
Reprocesos en diseño - obra						X	X		X			X		X			X
Medición durante y después del proyecto				X	X								X			X	
Análisis de error en alcance gerencial						X							X	X	X		

TABLA No 1 - DESCRIPCION GENERAL DE AUTORES Y TEMAS

4. METODOLOGIA

Para el desarrollo del presente estudio se siguieron los siguientes procesos metodológicos:

- Determinar un grupo general de proyectos y según características que se ajusten al estudio determinar los proyectos a revisar según parámetros a considerar (Ubicación, tipo de proyecto, valor del proyecto, origen de los recursos, alcance de los proyectos, entidades participantes) que se ajusten al objetivo a desarrollar y de los cuales se posea la información respectiva.
- Recopilar la información de proyectos (técnica, administrativa, financiera y de ejecución), organizar la misma de forma lógica técnica y detallada. Verificar de igual manera que la información sea de calidad y que la misma corresponda en su alcance a lo ejecutado en la obra.
- Determinar las variables a analizar en etapa de diseño, como tipos de errores en obra, origen de los mismos, aspectos afectados y derivados. Este aspecto a partir del estado del arte en el tema.
- Analizar cualitativamente los problemas de diseño y sus variables que afectan la obra acordes a la información compilada de proyectos, así como de las encuestas con expertos; también se consideran los aspectos derivados de diseño que afectan la obra. La información a obtener en este aspecto se ajusta a los parámetros que se obtienen de la revisión del estado del arte, así como al criterio y conclusiones que se obtienen de las encuestas a expertos.
- Analizar cuantitativamente la información obtenida (Análisis estadístico de datos); tanto de los proyectos analizados como de la información suministrada por expertos. Se busca generar parámetros de comparación y análisis respecto a los valores

analizados en los diferentes proyectos, así como a los datos en resultado cuantificable obtenidos del proceso de encuestas.

- Determinar técnicamente de la información analizada patrones básicos (errores comunes), tendencias, fallos reiterativos y demás. El análisis de datos y resultados determina los aspectos a nivel de generalidad y detalle específico que deben ser tenidos en cuenta por su permanencia, número de repeticiones, así como a los aspectos que presentan las mayores afectaciones o que no están siendo tenidos en cuenta en los procesos de obra.
- Establecer conclusiones y recomendaciones respecto a los errores en obra y su manejo, debido a factores derivados del diseño. Se deben generar resultados puntuales que determinen el estado real de las variables consideradas; así como las áreas a mejorar y las recomendaciones que se establecen al respecto y hacia el futuro.

5. INFORMACION PARA ANALISIS – APORTE A CONOCIMIENTO

Se realiza recopilación de información para análisis en dos frentes distintos; un primer grupo de información correspondiente a proyectos ejecutados que presenten algún tipo de afectación en cualquier aspecto por temas de diseño; un segundo grupo de información corresponde a la recopilación de información de expertos profesionales del sector por medio de una encuesta donde se desarrollan aspectos de temas de diseño y construcción relacionados con el presente estudio.

5.1 SELECCIÓN DE PROYECTOS

Conforme al alcance determinado para el estudio se buscó una base de referencia de proyectos ejecutados que sirvieran como parámetro de obtención y verificación información; proyectos que permitieran determinar con soporte la procedencia de errores en etapa de diseño, con resultados derivados en la obra y considerar así su impacto en el normal desarrollo y resultado del proyecto.

Por la diversidad de proyectos del sector así como los múltiples alcances de las obras; se consideraron algunos parámetros básicos para delimitar la información a obtener; así como obtener un universo mínimo de proyectos con errores en etapa de diseño, que permitieran su verificación. Estos parámetros se delimitaron inicialmente por el autor y se consideraron los siguientes aspectos para la selección según referencia:

1. Origen de los recursos: Estatal o privado
2. Tipo de proyecto: Obras nuevas de carácter institucional, alojamiento o Comercial
3. Uso: Se consideran como oficina, hospital, vivienda, Educativos y Depósitos
4. Estado del proyecto: Ejecutado
5. Fecha de ejecución: Inicio de obra desde el 2000 hasta el 2015
6. Ubicación: Urbano, municipal o rural (No se limitó ubicación)

7. Area construida: Entre 500m² y 3000m² de área construida (Factor limitante de selección)
8. Valor: Desde 100 smmlv (\$96.652.500) hasta 3000 smmlv (\$1933.050.000)
9. Plazo de ejecución: (No se limitó)
10. Area: Desde 100 hasta 1500m²
11. Tipo de construcción o sistema constructivo: (No se limitó)
12. Altura: sótanos y entre 1 y 5 pisos (Factor limitante de selección)
13. Propietario, gerencia, diseñadores, constructor, supervisor o interventor: No aplica

Se busca obtener dentro del alcance del estudio diversidad de información; pero a su vez el objetivo es lograr parámetros básicos de referencia que permitan el uso de la información con la suficiente lógica que permita su análisis. Se deja claridad en que en la selección no se tuvo en cuenta como factor de selección el propietario, constructor, la gerencia, los diseñadores, el supervisor o el interventor, ya que el objetivo del estudio no es determinar responsabilidades puntuales (en caso de que se presentaran); sino obtener información que sea útil para el alcance del estudio y sus conclusiones; los datos se consideran como soporte de análisis académico únicamente. Los proyectos a los que se realiza la verificación de información son los siguientes:

1. AGENCIA PUBLICA DE EMPLEO

Origen: Estatal

Tipo: Institucional – Oficinas

Estado: Terminado

Fecha de inicio: 19 de enero de 2015

Ubicación: Urbano - Armenia (Quindío)

Area inicial: Pendiente (Información en revisión)

Valor obra inicial: \$ 846 579 623

Plazo de ejecución inicial: 4 meses

Area inicial: 643 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta placa)

Altura: 3 pisos

2. HOSPITAL NUEVO MARMATO (Etapa 1)

Origen: Estatal

Tipo: Institucional - Hospital

Estado: Terminado

Fecha de inicio: 19 de junio de 2011

Ubicación: Municipal – Marmato (Caldas)

Valor obra inicial: Pendiente (Información en revisión)

Plazo de ejecución inicial: Seis meses

Area inicial: 767 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

3. CNR CENTRO NACIONAL DE RECUPERACION DE PERSONAL

Origen: Estatal

Tipo: Institucional – Oficinas, Bodega

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 16 septiembre de 2009

Ubicación: Urbano – Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 1450 345 678

Plazo de ejecución inicial: 8 meses

Area inicial: 1150 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta mixta)

Altura: 3 pisos

4. EDIFICIO FAC BOGOTA

Origen: Estatal

Tipo: Vivienda

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 11 de febrero de 2005

Ubicación: Urbano – Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 654 890 786

Plazo de ejecución inicial: 6 meses

Area inicial: 450 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 5 pisos

5. OFICINAS AEROLINEA SEP

Origen: Privado

Tipo: Oficinas

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de febrero de 2005

Ubicación: Urbano – Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 167 546 789

Plazo de ejecución inicial: 3 meses

Area inicial: 120 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

6. ESCUELAS QUETAME

Origen: Estatal

Tipo: Vivienda

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 1 de noviembre de 2005

Ubicación: Municipal – Quetame (Cundinamarca)

Valor obra inicial: \$ 135 000 456

Plazo de ejecución inicial: 5 meses

Area inicial: 345 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

7. CENTRO REGIONAL DE ACOPIO

Origen: Estatal

Tipo: Institucional – Oficinas, Bodega

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 28 de marzo de 2013

Ubicación: Municipal – Albán (Nariño)

Valor obra inicial: \$ 234 678 903

Plazo de ejecución inicial: 4 meses

Area inicial: 135 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

8. CENTRO SCHINDLER

Origen: Privado

Tipo: Oficinas

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 15 de mayo de 2014

Ubicación: Urbano – Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 1012 000 000

Plazo de ejecución inicial: 98 días

Area inicial: 456 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 2 pisos

9. INSTITUCION EDUCATIVA AMAGA

Origen: Estatal

Tipo: Centro Educativo

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 6 de abril de 2015

Ubicación: Rural – Amaga Antioquia

Valor obra inicial: \$ 456 908 678

Plazo de ejecución inicial: 5 meses

Area inicial: 254 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

10. INSTITUCION EDUCATIVA PUERTO NARE

Origen: Estatal

Tipo: Centro Educativo

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de febrero de 2015

Ubicación: Municipal – Puerto Nare Antioquia

Valor obra inicial: \$ 345 900 000

Plazo de ejecución inicial: 6 meses

Area inicial: 245 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 2 pisos

11. REFUGIO LA MESA

Origen: Privado

Tipo: Comercial

Estado: En ejecución

Fecha de inicio: 14 de octubre de 2014

Ubicación: Rural – La Mesa Cundinamarca

Valor obra inicial: \$ 434 900 890

Plazo de ejecución inicial: 10 meses

Area inicial: 850 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

12. COLEGIO CIENAGA DE LA VIRGEN

Origen: Estatal

Tipo: Centro Educativo

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 23 de septiembre de 2009

Ubicación: Urbano – Cartagena, Bolívar

Valor obra inicial: \$ 1054 000 368

Plazo de ejecución inicial: 8 meses

Area inicial: 1234 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 2 pisos

13. AUDITORIO AULAS ESCUELA FC

Origen: Estatal

Tipo: Centro Educativo - Auditorio

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de abril de 2008

Ubicación: Municipal, Madrid Cundinamarca

Valor obra inicial: \$ 340 657 890

Plazo de ejecución inicial: 8 meses

Area inicial: 512 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 2 pisos

14. CENTRO DE PROCESAMIENTO DE PALMA

Origen: Privado

Tipo: Deposito

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de mayo de 2012

Ubicación: Municipal, Fundación - Magdalena

Valor obra inicial: \$ 225 000 345

Plazo de ejecución inicial: 5 meses

Area inicial: 478 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 2 pisos

15. CENTRO ALMACENAMIENTO INDUSTRIAL

Origen: Privado

Tipo: Deposito

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de marzo de 2011

Ubicación: Urbano, Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 123 456 500

Plazo de ejecución inicial: 6 meses

Area inicial: 367 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 1 piso

16. SEDE CULTURAL Y DE ENTRENAMIENTO

Origen: Privado

Tipo: Comercial, Educativo

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de julio de 2010

Ubicación: Urbano, Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 235 890 675

Plazo de ejecución inicial: 4 meses

Area inicial: 435 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta placa)

Altura: 3 pisos

17. CENTRO DE INTEGRACION CIUDADANA

Origen: Estatal

Tipo: Institucional - Educativo

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 14 de noviembre de 2014

Ubicación: Municipal, Leticia - Amazonas

Valor obra inicial: \$ 645 900 324

Plazo de ejecución inicial: 5 meses

Area inicial: 389 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 2 niveles

18. SEDE OLA COMUNICACIONES

Origen: Privado

Tipo: Comercial - Oficinas

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de abril de 2003

Ubicación: Urbano – Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 435 000 000

Plazo de ejecución inicial: 4 meses

Area inicial: 180 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de acero, mampostería ladrillo, cubierta placa)

Altura: 2 niveles

19. PROCURADURIA PROVINCIAL MAGANGUE

Origen: Estatal

Tipo: Institucional - Oficinas

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 24 de mayo de 2001

Ubicación: Municipal – Magangue (Bolívar)

Valor obra inicial: \$ 249 549 800

Plazo de ejecución inicial: 2 meses

Area inicial: 112 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de acero, mampostería ladrillo, cubierta placa)

Altura: 1 nivel

20. EDIFICIO PRADO

Origen: Privado

Tipo: vivienda

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 22 de septiembre de 2005

Ubicación: Urbano – Bogotá D.C.

Valor obra inicial: \$ 504 000 000

Plazo de ejecución inicial: 8 meses

Area inicial: 336 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta placa)

Altura: 4 niveles

21. EDIFICIO FAC MALAMBO

Origen: Estatal

Tipo: Vivienda

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 12 de mayo de 2004

Ubicación: Municipal – Malambo (Atlántico)

Valor obra inicial: \$ 548 345 234

Plazo de ejecución inicial: 5 meses

Area inicial: 390 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de concreto, mampostería ladrillo, cubierta liviana)

Altura: 4 niveles

22. SEDE OFICINAS QUALITE

Origen: Privado

Tipo: Oficinas

Estado: Ejecutado

Fecha de inicio: 3 de febrero de 2008

Ubicación: Urbano – Pereira

Valor obra inicial: \$ 736 345 000

Plazo de ejecución inicial: 5 meses

Area inicial: 210 m²

Tipo de construcción: Convencional (Pórticos de acero, mampostería ladrillo, cubierta placa)

Altura: 2 niveles

A continuación se presenta un resumen tabulado de los proyectos que serán objeto de análisis acorde a la información descrita:

No	NOMBRE	ORIGEN	TIPO	USO	UBICACIÓN	ESTADO	AVANCE (%)	ALTURA (Niveles)	VALOR INICIAL (\$)	VALOR FINAL (\$)	PLAZO INICIAL (Días)	PLAZO FINAL (Días)	AREA INICIAL (m ²)	AREA FINAL (m ²)
1	AGENCIA PUBLICA DE EMPLEO	Estatal	Institucional	Oficinas	Urbano	Terminado	100	3	846 579 623	846 012 345	120	240	643	563
2	HOSPITAL NUEVO MARMATO	Estatal	Institucional	Hospital	Municipal	Terminado	100	2	645 908 765	645 908 765	180	270	767	767
3	CNR CENTRO NACIONAL DE RECUPERACION DE PERSONAL	Estatal	Institucional	Oficinas	Urbano	Terminado	100	3	1 450 345 678	1 769 421 727	240	300	1150	1150
4	EDIFICIO FAC BOGOTA	Estatal	Alojamiento	Vivienda	Municipal	Terminado	100	5	654 890 786	654 890 786	180	210	450	450
5	OFICINAS AEROLINEA SEP	Privado	Comercial	Oficinas	Urbano	Terminado	100	2	167 546 789	166 709 055	90	90	120	120
6	ESCUELAS QUETAME	Estatal	Institucional	Educativo	Rural	Terminado	100	2	135 000 456	135 000 456	150	210	345	345
7	CENTRO REGIONAL DE	Estatal	Institucional	Deposito	Municipal	Terminado	100	2	234 678 903	234 678 903	120	120	135	130
8	CENTRO SHINDLER	Privado	Comercial	Educativo	Urbano	Terminado	100	3	1 012 000 000	1 087 000 000	98	140	456	456
9	INSTITUCION EDUCATIVA AMAGA	Estatal	Institucional	Educativo	Rural	Terminado	100	2	456 908 678	452 339 591	150	210	254	180
10	INSTITUCION EDUCATIVA PUERTO NARE	Estatal	Institucional	Educativo	Municipal	Terminado	100	2	345 900 000	345 900 000	180	210	245	245
11	REFUGIO LA MESA	Privado	Alojamiento	Vivienda	Rural	Terminado	100	2	434 900 890	541 886 509	300	330	850	750
12	COLEGIO CIENAGA DE LA VIRGEN	Estatal	Institucional	Educativo	Urbano	Terminado	100	3	1 054 000 368	1 370 200 478	240	270	1234	1234
13	AUDITORIO ESCUELA FC	Estatal	Institucional	Educativo	Municipal	Terminado	100	3	340 657 890	428 206 968	240	210	512	512
14	CENTRO DE PROCESAMIENTO DE PALMA	Privado	Comercial	Deposito	Municipal	Terminado	100	3	225 000 345	225 000 345	150	150	478	478
15	CENTRO DE ALMACENAMIENTO INDUSTRIAL	Privado	Comercial	Deposito	Urbano	Terminado	100	4	123 456 500	123 456 500	180	180	367	367
16	CENTRO CULTURAL Y DE ENTRENAMIENTO	Privado	Comercial	Educativo	Urbano	Terminado	100	4	235 890 675	301 940 064	120	120	435	415
17	CENTRO INTEGRACION CIUDADANA	Estatal	Institucional	Educativo	Municipal	Terminado	100	2	645 900 324	781 539 392	150	180	389	389
18	SEDE OLA COMUNICACIONES	Privado	Comercial	Oficinas	Urbano	Terminado	100	2	435 000 000	435 000 000	120	127	180	180
19	PROCURADURIA PROVINCIAL MAGANGUE	Estatal	Institucional	Oficinas	Municipal	Terminado	100	2	249 549 800	249 549 800	60	75	112	108
20	EDIFICIO PRADO	Privado	Alojamiento	Vivienda	Urbano	Terminado	100	4	504 000 000	652 680 000	240	270	336	336
21	EDIFICIO FAC MALAMBO	Estatal	Alojamiento	Vivienda	Municipal	Terminado	100	4	548 345 234	689 818 304	150	225	390	390
22	SEDE OFICINAS QUALITE	Privado	Comercial	Oficinas	Urbano	Terminado	100	3	736 345 000	887 295 725	150	150	210	210

TABLA No 2 - DESCRIPCION GENERAL DE PROYECTOS

Como se indicó el objetivo de la revisión de proyectos ejecutados es determinar algunos parámetros básicos de errores de diseño y sus consecuencias en la ejecución de las obras; no se trata de un análisis de caso por ello no se verifica a fondo un solo proyecto sino por el contrario se verifican varios conjuntamente. La diversidad de los proyectos permite generar varios puntos de vista respecto a los orígenes de las afectaciones por errores de diseño; así como el proceso de análisis y la respuesta generada durante la ejecución, además de los impactos derivados respecto a afectaciones económicas, de área ejecutada y en el plazo de ejecución.

5.2 ENCUESTA

Se realiza encuesta entre profesionales del sector de la construcción – Ingenieros y Arquitectos; con el fin de verificar varios aspectos relacionados con el objetivo del presente estudio como son la continuidad o lo reiterativos de los errores de diseño, las áreas que presentan errores en mayor cantidad y los aspectos que resultan afectados debido a dichos errores; se proyecta un cuestionario con alcances de resultados para análisis no solo cuantitativo sino también desde el punto de vista cualitativo que permitan realizar un análisis acorde a los objetivos del estudio. Los parámetros generales considerados para la encuesta son los siguientes:

Tema: Análisis de problemas de construcción derivados de errores de diseño

Encuestados: Profesionales relacionados con el sector de la construcción con experiencia en cargos técnicos y/o directivos (Residente de obra y/o interventoría, Director obra y/o interventoría, Coordinador técnico, Gerente de construcción. Gerente general)

Muestra estimada: Entre 30 y 60 encuestados

Método: Variable - Respuesta única, múltiples y/o abiertas según las instrucciones

Alcance: Encuesta de carácter académico

Acorde al tipo de encuesta a realizar se determinó el cálculo de una muestra que determinara valores lógicos y coherentes con el tipo de estudio en ejecución; para tal efecto se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 x p x q x N}{NE^2 + Z^2 x p x q}$$

Dónde: n es el tamaño de la muestra

Z es el nivel de confianza

p es la variabilidad positiva

q es la variabilidad negativa

N es el tamaño de la población

E es la precisión o error

Considerando una población N de 250 profesionales para la realización del muestreo, con un nivel de confianza Z del 95%, una variabilidad positiva p de .5 y una variabilidad negativa q de .5 y un error del 12% se obtiene un $n = 52.65$

5.2.1 TEMARIO

Seleccione una de las siguientes opciones:

1. Tiempo de experiencia en el sector de la construcción
 - A. De 1 a 3 años
 - B. De 3 a 7 años
 - C. 7 a 12 años
 - D. 12 a 20 años
 - E. Más de 20 años
2. En su experiencia laboral en el sector de la construcción en cuantos proyectos estima haber participado
 - A. 1 a 5 proyectos
 - B. 5 a 10 proyectos
 - C. 10 a 25 proyectos
 - D. 25 a 50 proyectos
 - E. Más de 50 proyectos
3. Cuenta con estudios de posgrado (especialización, maestría, doctorado) en el área de la construcción y/o gerencia
 - A. Si
 - B. No
4. En los proyectos que ha participado ha encontrado problemas de diseño durante la etapa de ejecución en obra

A. Si B. No

5. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes factores del proceso de diseño
 - A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna a La Capacidad y calidad del personal y la empresa consultora
 - B. Qué importancia le asigna a El Proceso de diseño y supervisión al mismo (Control de calidad)
 - C. Qué importancia le asigna a Las Variables externas como normativas y restricciones del cliente

6. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes factores del personal y la empresa que realizan los diseños
 - A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna a la Selección y transversalidad (comunicación) del equipo de diseño
 - B. Qué importancia le asigna a la Experiencia de la entidad consultora
 - C. Qué importancia le asigna a la Capacidad tecnológica disponible para los diseñadores
 - D. Qué importancia le asigna a la Capacidad económica de la entidad consultora

7. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes factores del proceso de diseño y la supervisión al mismo
 - A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna a la Metodología de diseño utilizada por el consultor
 - B. Qué importancia le asigna al Sistema de gestión de cambios y modificaciones durante el diseño
 - C. Qué importancia le asigna al Manejo de retroalimentación de la información en el diseño
 - D. Qué importancia le asigna al Nivel de dificultad del proyecto durante el diseño
 - E. Qué importancia le asigna a la Disponibilidad de interventoría y/o supervisión de diseño

8. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes aspectos relacionados con normativas y el cliente durante el diseño
- A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna a las Restricciones y limitantes impuestas por el cliente
 - B. Qué importancia le asigna a la aplicación de normas técnicas durante el diseño
 - C. Qué importancia le asigna al Manejo de restricciones de tipo jurídico en el diseño
 - D. Qué importancia le asigna a la Definición clara y específica del alcance del diseño
 - E. Qué importancia le asigna al Desarrollo de especificaciones a cada diseño
9. ¿Considera usted que existen otros aspectos adicionales que deben ser tenidos en cuenta durante el proceso de diseño para que el mismo se desarrolle correctamente?
-
10. Marque de las siguientes opciones cual(es) considera como principal origen de los errores y fallas en los diseños (Marque hasta 3 opciones)
- A. Falta de gestión y dirección durante el diseño
 - B. Falta de experiencia de los diseñadores
 - C. Utilización de diseños previos (estandarización)
 - D. Falta o inexistencia de control en etapa de diseño
 - E. Plazos establecidos para la elaboración de diseños
11. Considera que los costos de diseño (honorarios) influyen en la calidad de los mismos
- A. Si afecta
 - B. No afecta
12. En su concepto los profesionales de nuestro país se encuentran preparados técnicamente para realizar diseños técnicos con altos estándares de calidad
- A. Si están preparados
 - B. Hace falta mejor preparación
 - C. No están preparados
13. Los proyectos en los que ha participado cuentan generalmente con: (Marque hasta 3 opciones)
- A. Equipo de diseño interno en la empresa (Todas las especialidades)
 - B. Equipo de diseño parcial en la empresa (Algunas especialidades)
 - C. Empresa de diseño externa

- D. Consultores externos para cada especialidad
 - E. Consultores externos solo en algunas áreas
14. Los proyectos en los que ha participado aplican algún tipo de regulación (interna, por norma o estatal) respecto a la experiencia previa de los diseñadores en cada especialidad
- A. Si se aplican
 - B. En ocasiones
 - C. No se aplican
15. Los proyectos en los que ha participado han contado con control técnico de calidad (interventoría o supervisión) en la etapa de diseño
- A. Si
 - B. En ocasiones
 - C. No
16. Los proyectos en los que ha participado cuentan con la aplicación de un modelo de gestión en los procesos (diseño y obra)
- A. Si lo tienen
 - B. En ocasiones
 - C. No lo tienen
17. Cual/es considera problemas o errores comunes en obra derivados de diseño (Marque hasta 3 opciones)
- A. Falta de diseños (No existen)
 - B. Falta de diseño en alguna especialidad
 - C. Errores en todas las especialidades
 - D. Errores en alguna especialidad
 - E. Falta de concordancia entre diseños
18. Cual considera la etapa donde se encuentran generalmente los problemas por errores de diseño
- A. Antes del inicio de la obra
 - B. Durante la ejecución
 - C. Al terminar la ejecución
19. En los proyectos que ha participado se realiza una revisión técnica de diseños antes del inicio de la obra por parte del personal técnico o profesional
- A. Si se realiza
 - B. En ocasiones
 - C. No se realiza
20. Generalmente durante la obra que personal detecta o encuentra los errores de diseño

- A Residente, Inspector o director de obra
 - B. Residente, Inspector o Director de Interventoría
 - C. Contratista / Subcontratista
 - D. Capataz / Maestro de obra
 - E. Obrero
21. En cuál(es) área(s) considera se presentan el mayor número de errores o inconvenientes de diseño (Marque hasta 3 opciones)
- A. Arquitectura
 - B. Geotecnia y suelos
 - C. Estructura
 - D. Hidrosanitaria y redes (Gas)
 - E. Eléctrico y comunicaciones
 - F. Equipos Mecánicos e instalaciones especiales
22. Cuales considera que son los factores que más se afectan en la ejecución de obra debido a problemas de diseño (Marque hasta 3 opciones)
- A. Tiempo de ejecución
 - B. Costo del proyecto
 - C. Alcance y calidad del proyecto
 - D. Calidad del proyecto
 - E. Otros
23. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes aspectos, respecto a la afectación que se presenta por errores en la obra
- A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna al impacto por errores de diseño en el Tiempo final de ejecución del proyecto
 - B. Qué importancia le asigna al impacto por errores de diseño en el Costo final del proyecto
 - C. Qué importancia le asigna a la afectación por errores de diseño en el Alcance final del proyecto

D. Qué importancia le asigna al impacto por errores de diseño en la Calidad general del proyecto

24. En su experiencia las afectaciones por errores de diseño en la obra (respecto al valor total del proyecto) implican

A. Mayores costos siempre B. En ocasiones afecta el costo C. No se afecta el costo

25. De considerar afectación en obra por errores de diseño respecto al costo; cual estima usted que puede ser el valor común de dicha afectación (aumento respecto a valor total de la obra)

A. Entre 1 y 3% B. Entre 3 y 7% C. Entre 7 y 12% D. Entre 12 y 20% E. Más del 20%

26. En su experiencia las afectaciones por errores de diseño en la obra (respecto al plazo total de ejecución del proyecto) implican

A. Mayores tiempos siempre B. En ocasiones afecta el tiempo C. No afecta el tiempo

27. De considerar afectación en obra por errores de diseño respecto al tiempo; cual considera usted que puede ser el valor de dicha afectación (aumento respecto al tiempo total de ejecución de la obra)

A. Entre 1 y 5% B. Entre 5 y 10% C. Entre 10 y 20% D. Entre 20 y 30% E. Más del 30%

28. En su experiencia los errores de diseño implican afectación de alcance en la obra (disminución o afectación de las áreas o especificaciones a construir)

A. Siempre se afecta el alcance B. En ocasiones se afecta el alcance C. No se afecta el alcance

29. En su opinión los errores de diseño implican afectación en la calidad de la obra

B. Siempre se afecta la calidad B. En ocasiones se afecta la calidad C. No se afecta la calidad

30. Cual considera que sería la mejor opción a seguir para corregir o disminuir la afectación de la obra por temas de diseño
- A. Garantizar control durante diseño (interventoría o supervisión)
 - B. Generar un sistema de gestión de construcción interdisciplinario (Lean o similar)
 - C. Crear un sistema de revisión de diseños previo al inicio de obra
 - D. Generar sistemas de contrato de diseño con acompañamiento en obra

6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

El estudio realizado acorde a los objetivos del mismo y según la metodología establecida, muestra dos puntos de análisis; un primer aspecto relacionado con la recopilación y el estudio de información respecto a los proyectos ya ejecutados, la cual se realiza principalmente desde un análisis cuantitativo; el segundo punto de análisis corresponde a los resultados referentes a la encuesta realizada entre profesionales expertos del sector la cual por su composición genera resultados para análisis tanto cuantitativo como cualitativo.

En esta parte del estudio se pretende de parte del autor, mostrar puntualmente los resultados obtenidos; así como realizar tanto un análisis de los mismos con sus respectivas descripciones, así como una serie de paralelos o esquemas de referenciación entre los diferentes estudios y resultados obtenidos, que permitan determinar en adelante puntos de referencia y soporte a futuras conclusiones; respecto a los objetivos establecidos para el presente estudio.

6.1 RESULTADOS ANALISIS DE PROYECTOS

Acorde a los proyectos seleccionados descritos y teniendo en cuenta los aspectos de verificación analizados para cada uno de ellos; así como al establecimiento de concordancias y verificación de variables respecto al objetivo del estudio se realiza el análisis de proyectos.

Se verifican los resultados de valor inicial y final, los costos iniciales y finales obtenidos en cada proyecto y las áreas iniciales contratadas y las realmente ejecutadas en cada uno de ellos: se obtuvieron los siguientes resultados:

6.1.1 ANALISIS GENERAL (para los 22 proyectos)

VARIABLE	VALOR INICIAL (\$)	VALOR FINAL (\$)	PLAZO INICIAL (Días)	PLAZO FINAL (Días)	AREA INICIAL (m ²)	AREA FINAL (m ²)
TOTAL =	11 482 806 704	13 024 435 714	3 608	4 287	10 058	9 775
VARIACION =		1 541 629 010		679		-283
VARIACION % =		13.43%		18.82%		-2.81%

TABLA No 3 - ANALISIS GENERAL DE RESULTADOS

- Se evidencia un aumento en el valor final de la sumatoria de costos en un 13.43%
- Para los proyectos analizados corresponde a un sobrecosto total de \$ 1541.629.010
- Los plazos iniciales respecto a los ejecutados realmente en las diferentes obras muestra un crecimiento del 18.82%
- El plazo total considerado para los 22 proyectos mostro un aumento de 679 días
- Las áreas iniciales previstas de construcción; muestran en resumen de ejecución una disminución del -2.81%
- El área total que no fue ejecutada en los proyectos corresponde a -283m²

6.1.2 RESULTADOS DETALLADOS

ANALISIS DE EFECTOS POR ERRORES DE DISEÑO										
No	VALOR INICIAL (\$)	VALOR FINAL (\$)	VARIACION VALOR (%)	PLAZO INICIAL (Días)	PLAZO FINAL (Días)	VARIACION PLAZO (%)	AREA INICIAL (m ²)	AREA FINAL (m ²)	VARIACION AREA (%)	
1	846 579 623	846 012 345	-0.07%	120	240	100.00%	643	563	-12.44%	
2	645 908 765	645 908 765	0.00%	180	270	50.00%	767	767	0.00%	
3	1 450 345 678	1 769 421 727	22.00%	240	300	25.00%	1 150	1 150	0.00%	
4	654 890 786	654 890 786	0.00%	180	210	16.67%	450	450	0.00%	
5	167 546 789	166 709 055	-0.50%	90	90	0.00%	120	120	0.00%	
6	135 000 456	135 000 456	0.00%	150	210	40.00%	345	345	0.00%	
7	234 678 903	234 678 903	0.00%	120	120	0.00%	135	130	-3.70%	
8	1 012 000 000	1 087 000 000	7.41%	98	140	42.86%	456	456	0.00%	
9	456 908 678	452 339 591	-1.00%	150	210	40.00%	254	180	-29.13%	
10	345 900 000	345 900 000	0.00%	180	210	16.67%	245	245	0.00%	
11	434 900 890	541 886 509	24.60%	300	330	10.00%	850	750	-11.76%	
12	1 054 000 368	1 370 200 478	30.00%	240	270	12.50%	1 234	1 234	0.00%	
13	340 657 890	428 206 968	25.70%	240	210	-12.50%	512	512	0.00%	
14	225 000 345	225 000 345	0.00%	150	150	0.00%	478	478	0.00%	
15	123 456 500	123 456 500	0.00%	180	180	0.00%	367	367	0.00%	
16	235 890 675	301 940 064	28.00%	120	120	0.00%	435	415	-4.60%	
17	645 900 324	781 539 392	21.00%	150	180	20.00%	389	389	0.00%	
18	435 000 000	435 000 000	0.00%	120	127	5.83%	180	180	0.00%	
19	249 549 800	249 549 800	0.00%	60	75	25.00%	112	108	-3.57%	
20	504 000 000	652 680 000	29.50%	240	270	12.50%	336	336	0.00%	
21	548 345 234	689 818 304	25.80%	150	225	50.00%	390	390	0.00%	
22	736 345 000	887 295 725	20.50%	150	150	0.00%	210	210	0.00%	

TABLA No 4 - ANALISIS DE EFECTOS POR ERRORES DE DISEÑO

- Se observan variaciones en valor final del proyecto, con un valor mínimo de solo el 1.00% y un valor máximo que alcanza el 30% de sobrecosto.

- Se observan especiales sobrecostos en los proyectos de mayor valor.
- 10 de los 22 proyectos estudiados equivalentes al 45.45% presentan sobrecostos al final de la ejecución; únicamente 3 proyectos presentan un valor final menor al inicial.
- Las variaciones en plazo muestran un valor mínimo del -12.5% únicamente en un caso y un valor máximo que llega al 100.00% del plazo.
- Las variaciones en plazo afectan a 15 de 22 proyectos analizados, lo que corresponde a un 68.18% del total
- Las áreas finales ejecutadas varían entre un 0.00% manteniendo lo previsto para los proyectos, hasta un valor de -29.13% menos en área ejecutada.
- Solamente se observan 3 proyectos (No 5, 14 y 15) con resultados favorables o según lo previsto habiendo presentado errores de diseño durante su ejecución; esto corresponde solamente a un 13.63% del total estudiado.
- Es de anotar que los 3 casos descritos como favorables, corresponden a proyectos cuyo origen de recursos es privado.

6.1.3 RESULTADOS ESTADISTICOS

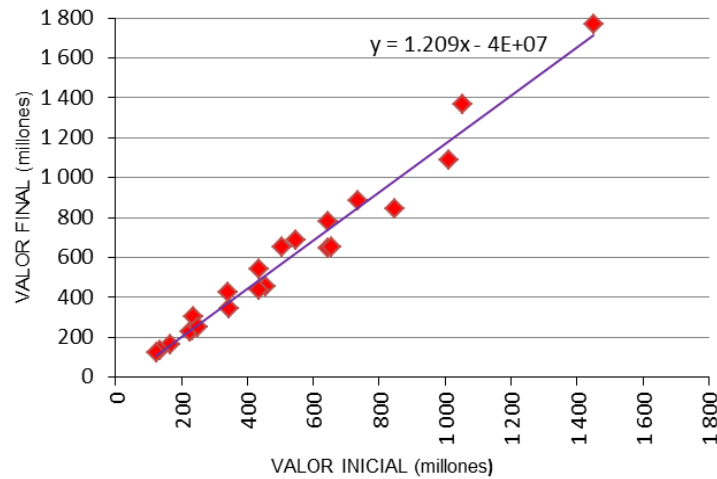
VARIABLE	VARIACION VALOR (%)	PLAZO INICIAL (Días)	PLAZO FINAL (Días)	VARIACION PLAZO (%)	AREA INICIAL (m ²)	AREA FINAL (m ²)	VARIACION AREA (%)
PROMEDIO (P) =	9.24%			21.25%			-3.63%
DESVIACION (σ) =	12.76%			25.31%			6.89%

TABLA No 5 - **ANALISIS ESTADISTICO DE EFECTOS POR ERRORES DE DISEÑO**

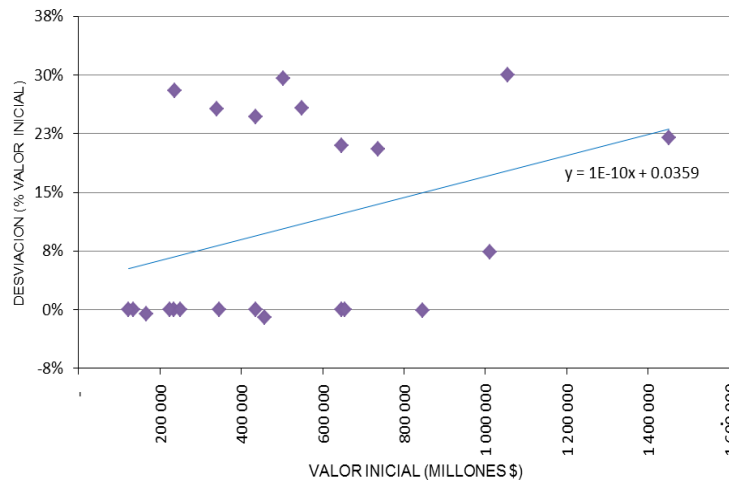
- Los resultados estadísticos de variaciones muestran un promedio de 9.24% de sobrecosto en los proyectos estudiados con una desviación estándar del 12.76%
- La variación de plazo promedio en los proyectos muestra un valor superior equivalente a un aumento en plazo del 21.25% con una desviación estándar del 25.31%.
- El área ejecutada promedio en los proyectos muestra una disminución del -3.63% respecto al área inicial con una desviación estándar del 6.89%.
- Las variaciones más representativas corresponden a los plazos los cuales se afectan en promedio en un 21.25% respecto a los plazos iniciales planteados.
- Las desviaciones de plazo muestran valores superiores respecto a las variaciones de valor y área; el valor obtenido según los datos analizados es del 25.31%

- Las menores desviaciones se observan en las áreas finales ejecutadas con un valor del 6.89%

6.1.4 ANALISIS DE VARIABLES



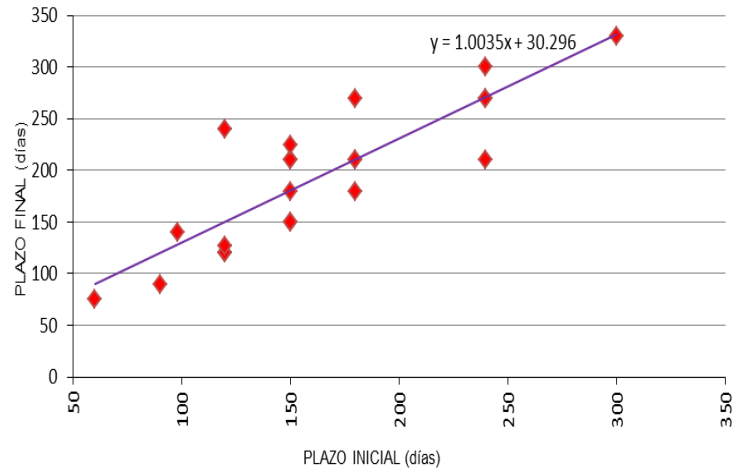
GRAFICA No 1 - VALOR INICIAL Vs VALOR FINAL



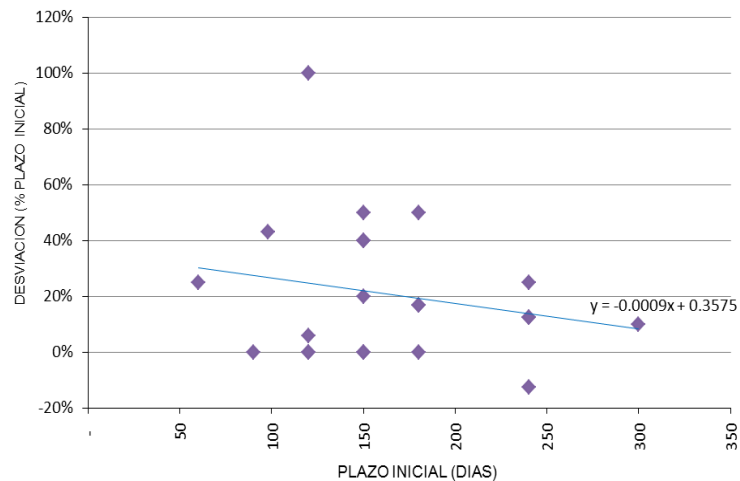
GRAFICA No 2 - VALOR INICIAL Vs DESVIACION

- La línea de tendencia, así como los valores de la ecuación que la definen muestran el aumento de costos que se refleja en la mayoría de proyectos analizados.
- Los valores iniciales contratados en los proyectos analizados muestran una tendencia a la culminación de ejecución con sobrecostos.

- La terminación de valores con sobrecostos se evidencia en la gráfica, así como en los resultados estadísticos descritos para los proyectos



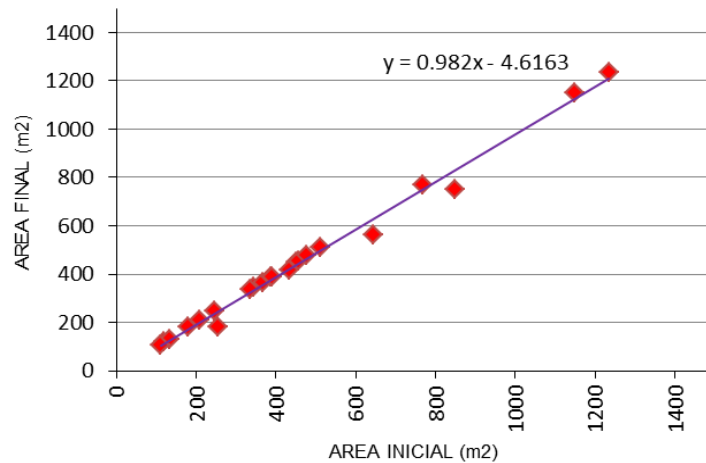
GRAFICA No 3 - PLAZO INICIAL Vs PLAZO FINAL



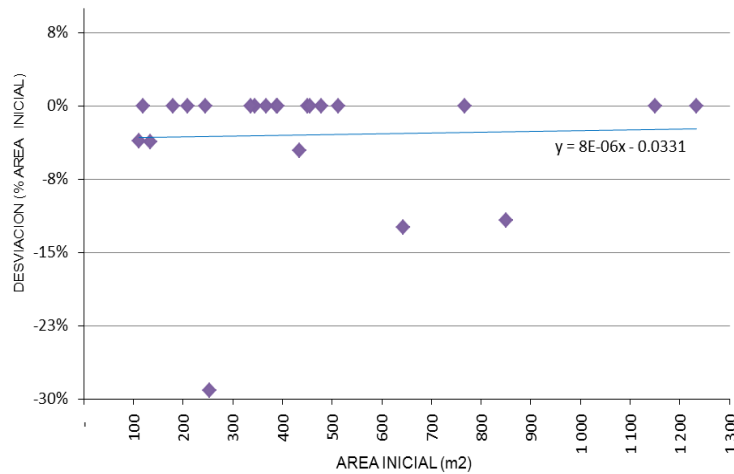
GRAFICA No 4 - PLAZO INICIAL Vs DESVIACION

- En los datos se observa el aumento de plazos en la mayoría de los proyectos que fueron analizados, incluso con valores que llegan al 100% del valor inicial.
- Se evidencia en la línea de tendencia mayores valores de aumento de plazos para los casos de obras de menor duración inicial prevista

- Los datos presentan valores límite superior e inferior de mayor incidencia; esto puede observarse en el aumento de la desviación estándar para esta variable.



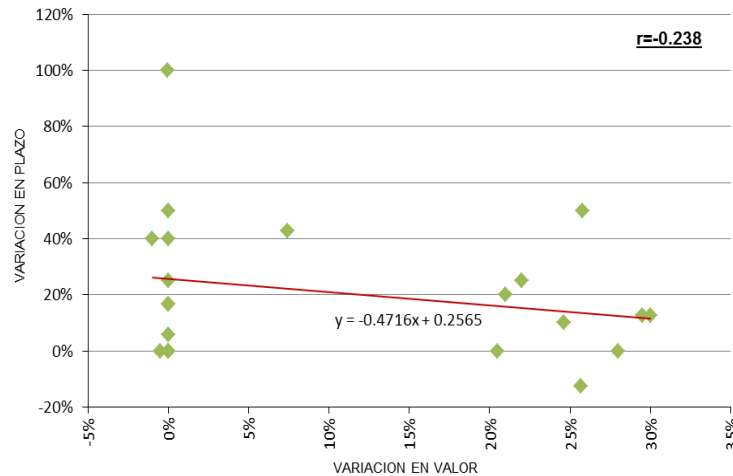
GRAFICA No 5 - AREA INICIAL Vs AREA FINAL



GRAFICA No 6 - AREA INICIAL Vs DESVIACION

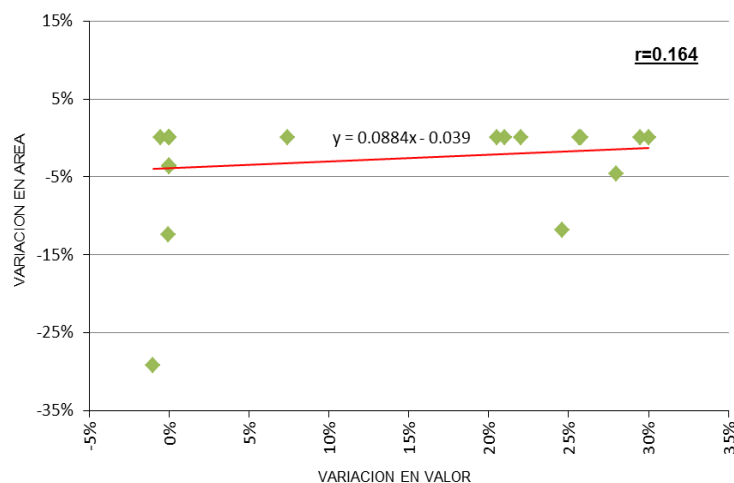
- Los valores de área muestran una tendencia decreciente en la ecuación que la define, acorde a los valores observados en el análisis.
- Se evidencia que los proyectos analizados se ven afectados por errores de diseño en su área final ejecutada.
- Aunque dicha tendencia no es muy marcada en la ecuación, se debe destacar el hecho representativo de menor ejecución promedio.

6.1.5 ANALISIS ENTRE VARIABLES



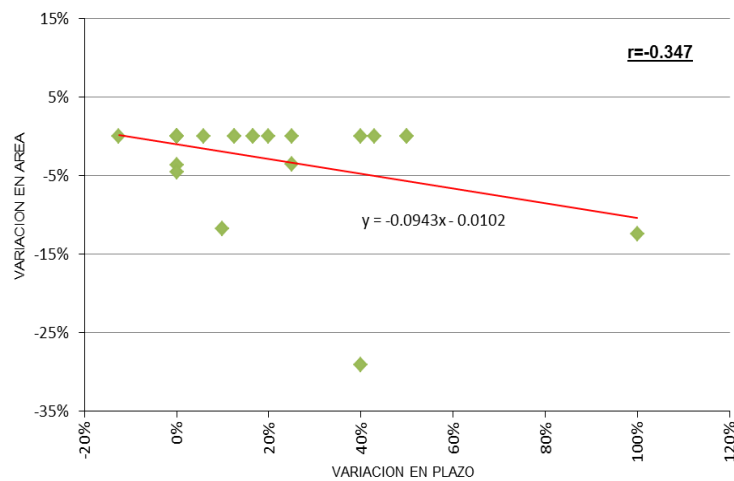
GRAFICA No 7 - **VARIACION EN VALOR Vs VARIACION EN PLAZO**

- No se observa una correlación fuerte entre la variación de valor en los proyectos y la variación de plazos de ejecución; coeficiente de correlación $r=0.238$.
- En la gráfica se observan valores extremos en las variaciones, que inciden de forma importante en el dato descrito.
- Se destacan valores límites de proyectos con altos retrasos en plazo de ejecución y cumplimiento del presupuesto inicial contratado.
- En otros casos se encuentran algunos datos que muestran sobrecostos importantes en ejecución dentro del plazo inicial considerado para el proyecto.



GRAFICA No 8 - VARIACION EN VALOR Vs VARIACION EN AREA

- El coeficiente de correlación entre la variación en valor y la variación en área ejecutada es de $r=0.164$.
- No se observa una relación importante entre las modificaciones en valor de los proyectos, respecto a las variaciones en área que se presentan.



GRAFICA No 9 - VARIACION EN PLAZO Vs VARIACION EN AREA

- A pesar de tratarse de un valor bajo de correlación entre variables $r=0.347$, se observa la mayor incidencia al proyecto entre los valores en estudio.

- Es de tener en cuenta la afectación que se presenta en la disminución de áreas ejecutadas en los proyectos respecto al aumento en plazos de ejecución.

6.2 RESULTADOS ENCUESTA

La encuesta aplicada verifico varios aspectos de concepto y experiencia de los profesionales que participaron; de igual forma se revisaron niveles de importancia en aspectos de desarrollo y seguimiento a proyectos, así como se tuvieron en cuenta las opiniones y posiciones de los encuestados respecto a tendencias de mejora y control. Los resultados de acuerdo a lo anterior reflejan un análisis no solo cualitativo sino cuantitativo; los datos obtenidos y el análisis de los mismos acorde a los objetivos del estudio son:

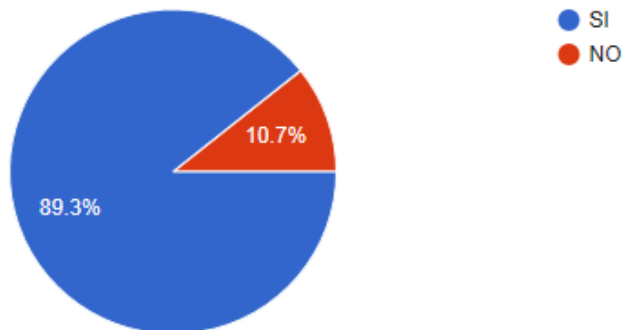
6.2.1 DATOS OBTENIDOS

Se obtuvieron 58 respuestas de la población encuestada; lo cual se considera favorable para el estudio, ya que supera el n calculado para la muestra el cual fue de 52.65

Se realiza una descripción y análisis de resultados; acorde a los datos obtenidos para el cuestionario aplicado en la encuesta.

1. Tiempo de experiencia en el sector de la construcción
 - El 32.8% de los encuestados cuenta con experiencia entre 7 y 12 años
 - El 29.3% cuenta con experiencia de más de 20 años.
2. En su experiencia laboral en el sector de la construcción en cuantos proyectos estima haber participado
 - Los encuestados cuentan en un 24.1% con entre 25 a 50 proyectos de experiencia
 - En un 37.9% los encuestados cuentan con más de 50 proyectos.
3. Cuenta con estudios de posgrado (especialización, maestría, doctorado) en el área de la construcción y/o gerencia
 - El 48.3% de los encuestados cuenta con algún estudio de posgrado en el área

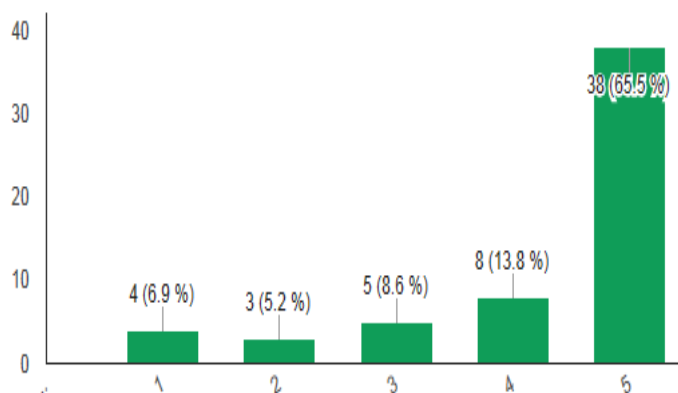
- Los anteriores valores dan una visión general sobre el tipo de profesional encuestado, su formación académica y experiencia en el sector, tanto en proyectos ejecutados como en años de experiencia.
4. En los proyectos que ha participado ha encontrado problemas de diseño durante la etapa de ejecución en obra



GRAFICA No 10 - **PROBLEMAS DE DISEÑO DURANTE LA OBRA**

- El 89.3% de los encuestados, considero que si ha tenido problemas relacionados con el diseño durante la etapa de obra.
 - Se denota especial importancia en este valor; soporta y reitera el origen técnico del presente estudio acorde a sus objetivos.
 - Se observa que los problemas inherentes al diseño con incidencia o afectación en etapa de obra, pasan a ser muy reiterativos y de común existencia en los proyectos.
5. Considera importante cada uno de los siguientes factores durante el proceso de diseño
- A. Capacidad y calidad del personal y la empresa consultora
- El 79.3% de las respuestas si consideraron importante dicho aspecto
 - El 13.8% de los encuestados lo considero de forma indiferente
 - Solo el 6.9% de los encuestados no lo considera importante
- B. El Proceso de diseño y supervisión al mismo (Control de calidad)
- El 77.2% de los encuestados considera importante el proceso y la supervisión en el diseño

- Para el 15.8% de los encuestados le es indiferente dicho aspecto
- C. La ubicación geográfica de la empresa o consultores que realizan el diseño
- Para el 49.1% de los encuestados es importante la ubicación de la empresa que realiza el diseño
 - El 21.1% de las respuestas indican que no es importante dicho aspecto.
 - Le es indiferente dicho aspecto al 29.8% de los encuestados
 - Se observa un marcado interés de parte de los profesionales encuestados respecto a la capacidad y calidad de la empresa consultora, así como en la supervisión y control del mismo.
 - La ubicación de la empresa consultora por el contrario presenta cierto equilibrio en las respuestas, entre quienes lo consideran importante y entre quienes les es indiferente o no lo consideran importante.
6. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes factores del personal y la empresa que realizan los diseños
- A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna a la selección y transversalidad (comunicación) del equipo de diseño

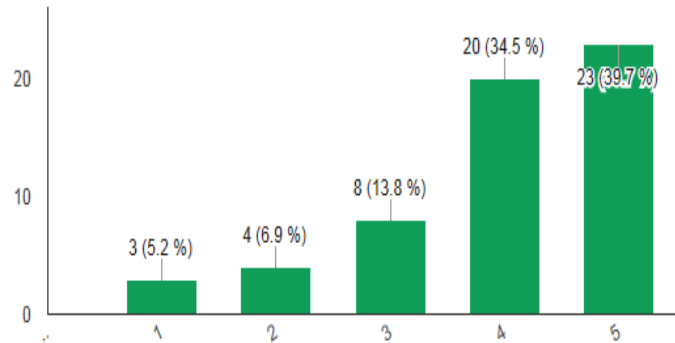


GRAFICA No 11 - **IMPORTANCIA TRANSVERSALIDAD EQUIPO DE DISEÑO**

- Se evidencia un especial interés en los encuestados por el tema de la transversalidad del equipo de diseño, el 65.5% lo considera extremadamente importante; entendido

ello como la capacidad de comunicación y aplicación interdisciplinaria entre los diferentes profesionales que participan en el proceso

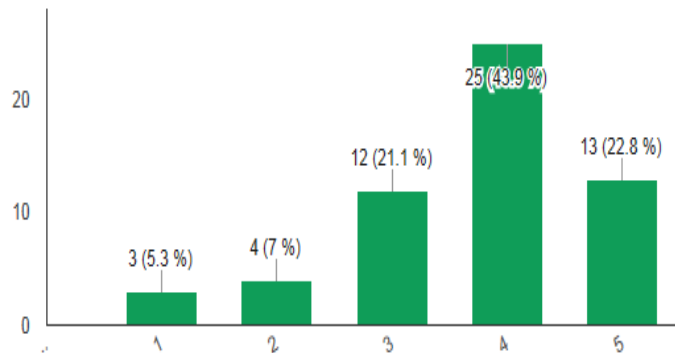
B. Qué importancia le asigna a la Experiencia de la entidad consultora



GRAFICA No 12 - **IMPORTANCIA EXPERIENCIA DE LA ENTIDAD**

- El 74.2% de los encuestados le asigna un nivel de muy importante a extremadamente importante al aspecto de experiencia de la entidad consultora.

C. Qué importancia le asigna a la Capacidad tecnológica disponible para los diseñadores



GRAFICA No 13 - **IMPORTANCIA CAPACIDAD TECNOLÓGICA DISPONIBLE**

- La capacidad tecnológica disponible para los diseñadores muestra respuestas hacia valores de media importancia con el 21.1% hacia valores de mayor importancia que muestran un 66.7% de respuestas.

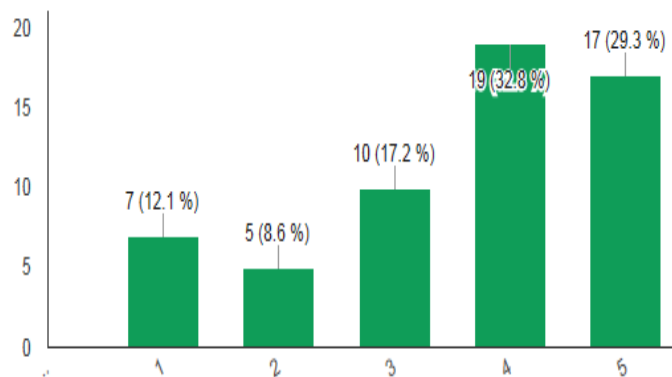
- Es de tener en cuenta que a pesar de las múltiples ayudas tecnológicas que existen en los diferentes tipos de diseño; se considera aun un mayor nivel de importancia en la experiencia de los profesionales que participan en el diseño.

D. Qué importancia le asigna a la Capacidad económica de la entidad consultora

- Este aspecto no presenta en las respuestas una asignación de importancia relevante; básicamente el 32.8% de los encuestados lo ubica en un nivel medio y solo el 8.6% de los encuestados lo considera extremadamente importante.

7. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes factores del proceso de diseño y la supervisión al mismo

A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante. Qué importancia le asigna a la Metodología de diseño utilizada por el consultor



GRAFICA No 14 - **IMPORTANCIA METODOLOGIA DE DISEÑO**

- El 79.3% de los encuestados ubica la metodología de diseño en un rango de media importancia a extremadamente importante.

B. Qué importancia le asigna al Sistema de gestión de cambios y modificaciones durante el diseño

- El 65.4% de los encuestados considera un rango de importante a extremadamente importante el sistema de gestión de cambios durante el diseño

- Lo anterior en concordancia con el nivel de importancia que se le asigna a la metodología de diseño la cual se asocia directamente con el manejo de cambios.

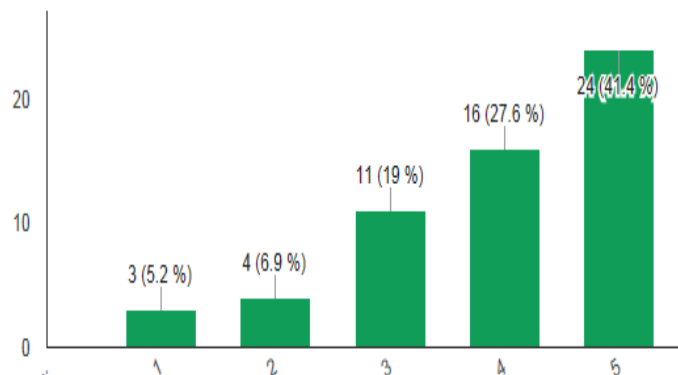
C. Qué importancia le asigna al Manejo de retroalimentación de la información en el diseño

- El 74.1% de los encuestados ubica este aspecto a un nivel de muy importante a extremadamente importante
- Solo el 5.2% de las respuestas consideran dicho aspecto como nada importante.

D. Qué importancia le asigna al Nivel de dificultad del proyecto durante el diseño

- Entre un nivel de media importancia a extrema importancia se ubicaron el 87.6% de las respuestas.
- Lo anterior indica que el nivel de dificultad o tipo de proyecto debe ser tenidos en cuenta como un aspecto de importancia durante el proceso de diseño.

E. Qué importancia le asigna a la Disponibilidad de interventoría y/o supervisión de diseño



GRAFICA No 15 - **IMPORTANCIA INTERVENTORIA Y/O SUPERVISION DE DISEÑO**

- La importancia que se asigna a la interventoría y/o supervisión durante el diseño oscila entre un 19.0% en un nivel de media importancia, hasta un 41.4% de extrema importancia.
- Debe considerarse que los valores entre nivel de media importancia hasta extrema importancia representan un 88.0% del total de resultados.

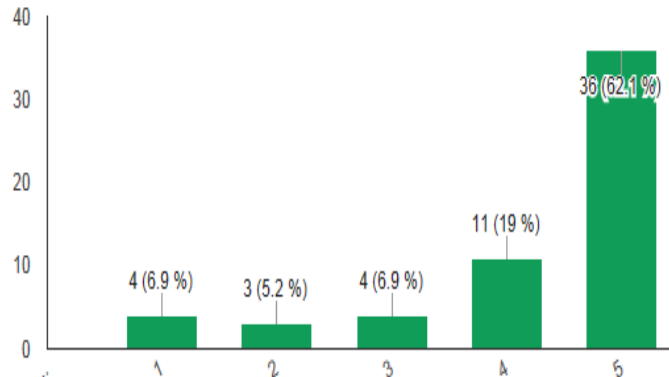
8. Qué importancia le asigna a cada uno de los siguientes aspectos relacionados con normativas y el cliente durante el diseño

A. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante.

Qué importancia le asigna a las Restricciones y limitantes impuestas por el cliente

- El 29.3% de los encuestados considera dicho aspecto como extremadamente importante; junto a un 43.1% que lo considera a un nivel de muy importante.

B. Qué importancia le asigna a la aplicación de normas técnicas durante el diseño



GRAFICA No 16 - **IMPORTANCIA APLICACIÓN NORMAS TECNICAS EN DISEÑO**

- El 62.1% de los encuestados considera la aplicación de normas técnicas en el diseño como extremadamente importante; un 19% considera este aspecto como muy importante.
- Solamente el 6.9% de las respuestas considero este aspecto como nada importante

C. Qué importancia le asigna al Manejo de restricciones de tipo jurídico en el diseño

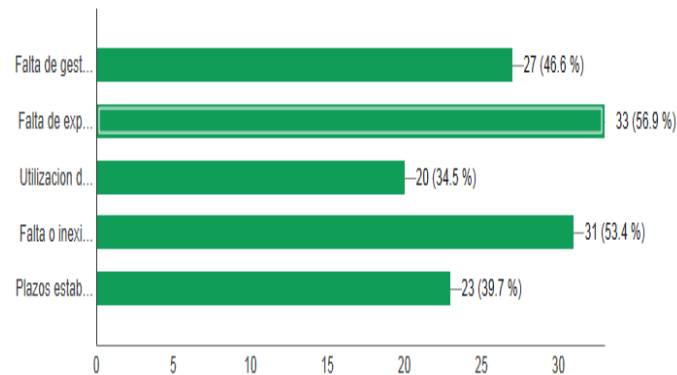
- Para el 41.4% de los encuestados las restricciones de tipo jurídico durante el diseño representan un concepto de extrema importancia

D. Qué importancia le asigna a la Definición clara y específica del alcance del diseño

- 79.3% de las respuestas consideran la definición de alcance como un aspecto muy importante a extremadamente importante durante el diseño.
- Solo el 5.2% de los encuestados considero a dicho aspecto como nada importante

E. Qué importancia le asigna al Desarrollo de especificaciones a cada diseño

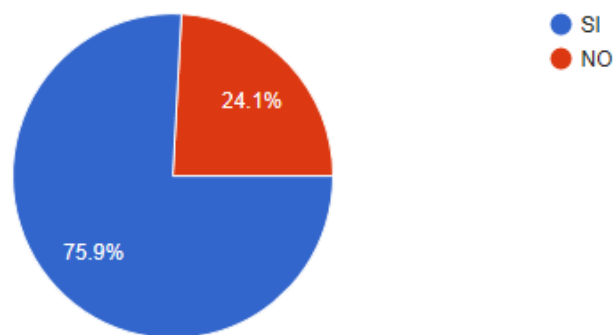
- Para el 41.4% de los encuestados el desarrollo de especificaciones se considera a un nivel alto de importancia; así mismo el 37.9% considero relevancia de extrema importancia en dicho aspecto.
9. ¿Considera usted que existen otros aspectos adicionales que deben ser tenidos en cuenta durante el proceso de diseño para que el mismo se desarrolle correctamente?
- Se obtuvieron respuestas en el 39.7% de los encuestados; entre quienes respondieron solo el 1.72% considero que no existían aspectos adicionales a considerar
 - Se obtuvieron diversas consideraciones sobresaliendo el aspecto de mejorar los plazos de desarrollo para los diseños.
 - También se obtuvieron respuestas enfocadas a mejorar la funcionalidad de los grupos de diseño, el control, supervisión y la coordinación permanente de quienes participan en las labores.
 - Se consideró de parte de los participantes relevancia en los aspectos de valor de los honorarios y formas de pago de los mismos.
 - Las respuestas obtenidas consideraban un margen de importancia a conocer el alcance final de ejecución esperado para los diseños; con el fin de que lo contratado en dicho proceso sea claro y corresponda al producto final entregado.
 - Se consideró como aspecto a tener en cuenta el incluir entre los estudios y diseños a realizar la elaboración de especificaciones técnicas constructivas.
 - Otros aspectos que fueron considerados incluyen la visita de los diseñadores al sitio del proyecto, la mejora en aspectos de posible corrupción en la asignación de contratos de consultoría en detrimento de la calidad, así como mejorar la preparación académica de los diseñadores que participan del proyecto.
10. De las siguientes opciones cual(es) considera como principal origen de los errores y fallas en los diseños
- A. Falta de gestión y dirección durante el diseño
 - B. Falta de experiencia de los diseñadores
 - C. Utilización de diseños previos (estandarización)
 - D. Falta o inexistencia de control en etapa de diseño
 - E. Plazos establecidos para la elaboración de diseños



GRAFICA No 17 - **ORIGEN DE LOS ERRORES Y FALLAS EN DISEÑO**

- El 56.9% de los encuestados considera que la falta de experiencia de los diseñadores constituye el principal factor de origen de errores en diseño
- En los encuestados el 53.4% considero el origen de errores en la falta o inexistencia de control durante la etapa de diseño
- Se consideró como aspecto relevante en un 46.6% de los encuestados los errores debidos a la falta de gestión y dirección durante el proyecto

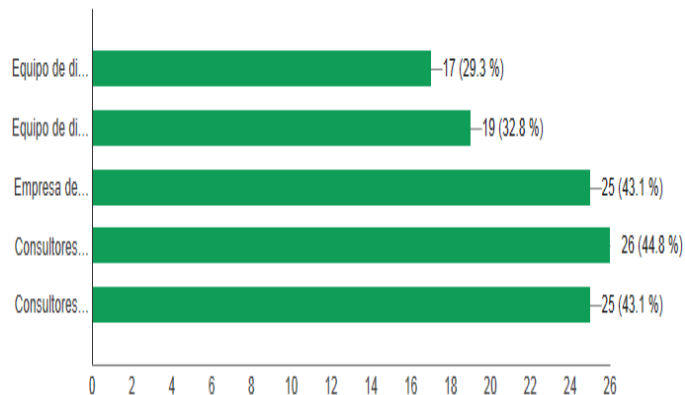
11. Considera que los costos de diseño (honorarios) influyen en la calidad de los mismos



GRAFICA No 18 - **INFLUENCIA DE LOS COSTOS DE DISEÑO EN CALIDAD**

- La mayoría de encuestados representados por un 75.9%, indico que si consideran influencia en el costo de los honorarios de diseño, respecto a la calidad final de los mismos.

12. En su concepto los profesionales de nuestro país se encuentran preparados técnicamente para realizar diseños técnicos con altos estándares de calidad
- El 10.3% de los encuestados considera que los profesionales no están preparados para el desarrollo de este tipo de diseños
 - El 44.8% de los encuestados considera que hace falta una mejor preparación de parte de los profesionales que desarrollan los diseños.
 - Se consideró que los profesionales si están preparados para el desarrollo de diseños con altos estándares de calidad de parte del 44.8% de las respuestas.
13. Los proyectos en los que ha participado cuentan generalmente con:
- F. Equipo de diseño interno en la empresa (Todas las especialidades)
 - G. Equipo de diseño parcial en la empresa (Algunas especialidades)
 - H. Empresa de diseño externa
 - I. Consultores externos para cada especialidad
 - J. Consultores externos solo en algunas áreas



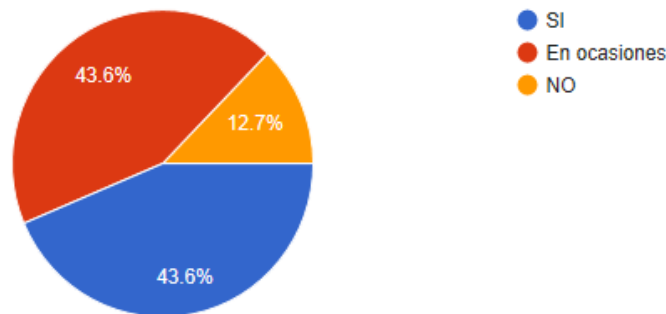
GRAFICA No 19 - TIPOS DE CONSULTORES USADOS EN LOS DISEÑOS

- El 44.8% de los encuestados describe la utilización de consultores externos para cada especialidad en la realización de los diseños
- La selección de una empresa externa para el diseño genera respuestas que alcanzan el 43.1% de los encuestados.
- De igual manera el 43.1% de las respuestas indico el uso de consultores externos solo en algunas áreas como método usado para elaboración de diseños de proyectos

14. Los proyectos en los que ha participado aplican algún tipo de regulación (interna, por norma o estatal) respecto a la experiencia previa de los diseñadores en cada especialidad

- El 48.3% de las respuestas indican que si se utilizan regulaciones respecto a la experiencia de los diseñadores.
- Se encontró que el 36.2% de los encuestados indico que solo se utilizan regulaciones en algunas ocasiones y el 15.5% indico que no se utiliza ningún tipo de regulación respecto a la experiencia.

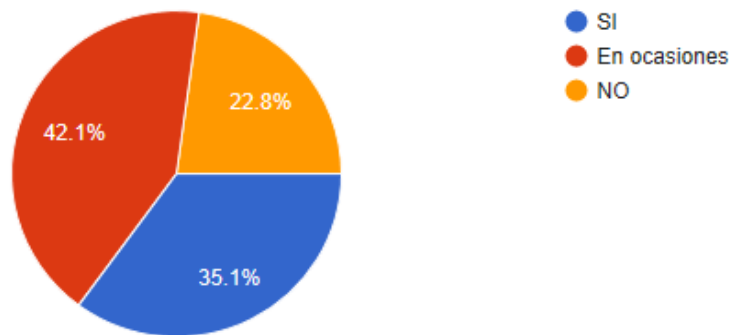
15. Los proyectos en los que ha participado han contado con control técnico de calidad (interventoría o supervisión) en la etapa de diseño



GRAFICA No 20 - **CONTROL TECNICO EN ETAPA DE DISEÑO**

- El 43.6% de los encuestados indica que los proyectos en los que ha participado no cuentan con un control técnico durante la etapa de diseño
- El control técnico durante diseño solo se realiza en ocasiones para el 12.7% de los encuestados.
- El control mediante interventoría o supervisión de diseño, se indica que si se realiza en un 43.6% de las respuestas.

16. Los proyectos en los que ha participado cuentan con la aplicación de un modelo de gestión en los procesos (diseño y obra)

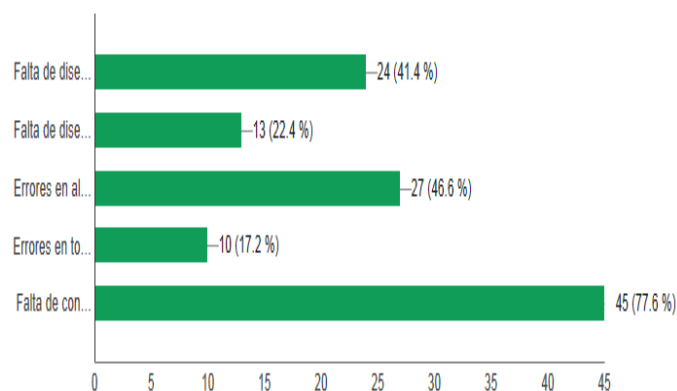


GRAFICA No 21 - **APLICACIÓN DE MODELOS DE GESTION**

- Solo en ocasiones el 42.1% de los encuestados aplica un modelo de gestión a los procesos de diseño y obra.
- El 22.8% de las respuestas muestran que no se aplican modelos de gestión en ninguna de las etapas del proyecto.

17. Cual(es) considera problemas o errores comunes en obra derivados de diseño

- F. Falta de diseños (No existen)
- G. Falta de diseño en alguna especialidad
- H. Errores en todas las especialidades
- I. Errores en alguna especialidad
- J. Falta de concordancia entre diseños



GRAFICA No 22 - **PROBLEMAS COMUNES DERIVADOS DEL DISEÑO**

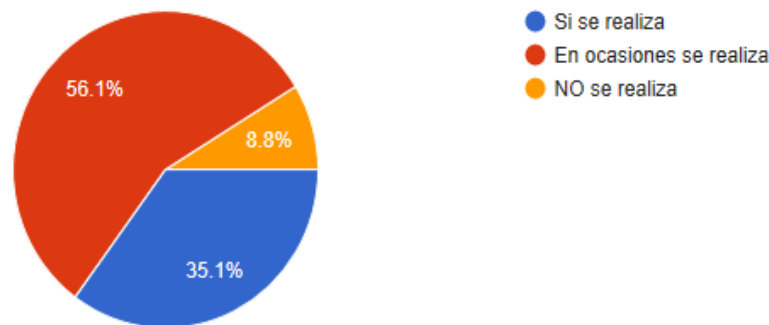
- El 77.6% de los encuestados describe como un error común en los diseños la falta de concordancia entre los mismos.

- Se describen errores de diseño en todas las especialidades por parte del 46.6% de los profesionales encuestados
- Un 41.4% de las respuestas indican errores en el hecho de no contar con los diseños de los proyectos.

18. Cual considera la etapa donde se encuentran generalmente los problemas por errores de diseño

- En un 67.2% de las respuestas se consideró que los errores de diseño son encontrados durante la ejecución de la obra.
- Antes de iniciar el proyecto se consideran por parte del 25.9% de los encuestados los hallazgos de errores en diseños

19. En los proyectos que ha participado se realiza una revisión técnica de diseños antes del inicio de la obra por parte del personal técnico o profesional



GRAFICA No 23 - **REVISION DE DISEÑOS ANTES DE INICIO DE OBRA**

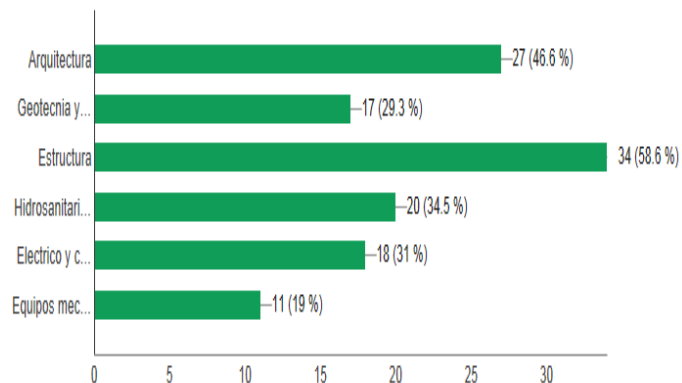
- En un 56.1% de los encuestados se describe la realización de revisión técnica de diseños antes del inicio de la obra
- Dicha revisión es realizada en ocasiones según respuesta del 35.1% de los encuestados
- No se realiza ninguna clase de revisión en el 8.8% de las respuestas obtenidas de los encuestados.

20. Generalmente durante la obra que personal detecta o encuentra los errores de diseño

- El personal profesional del contratista de obra encuentra los errores de diseño en un 36.1% de las respuestas de los encuestados
- El 32.1% de los encuestados respondieron que los errores de diseño son detectados por el personal de interventoría en obra
- Los subcontratistas de obra encuentran los errores de diseño en un 21,4% de los casos según respuestas de los encuestados

21. En cuál(es) área(s) considera se presentan el mayor número de errores o inconvenientes de diseño

- A. Arquitectura
- B. Geotecnia y suelos
- C. Estructura
- D. Hidrosanitaria y redes (Gas)
- E. Eléctrico y comunicaciones
- F. Equipos Mecánicos e instalaciones especiales

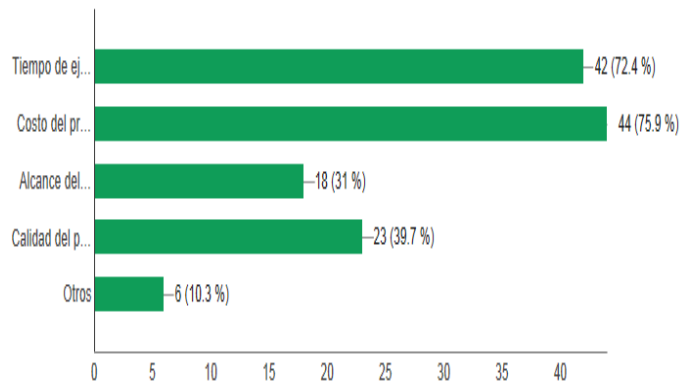


GRAFICA No 24 - AREAS CON EL MAYOR NUMERO DE ERRORES DE DISEÑO

- En el 58.6% de las respuestas obtenidas se indicó que el área técnica que presenta mayores inconvenientes de diseño es la Estructura.
- La Arquitectura representa en un 46.6% de los encuestados una de las áreas con mayores inconvenientes de diseño.
- Para el 34.5% de los encuestados los diseños Hidrosanitarios representan inconvenientes de diseño
- Se encontró que los diseños Eléctricos representan para el 31% de los encuestados una de las áreas con problemas de diseño en la obra.

22. Cuales considera que son los factores que más se afectan en la ejecución de obra debido a problemas de diseño

- F. Tiempo de ejecución
- G. Costo del proyecto
- H. Alcance y calidad del proyecto
- I. Calidad del proyecto
- J. Otros

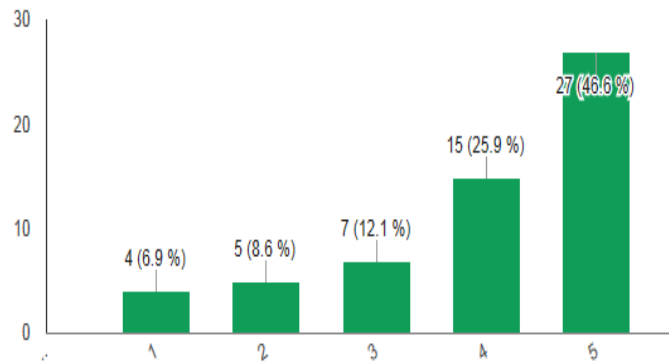


GRAFICA No 25 - **FACTORES AFECTADOS POR ERRORES DE DISEÑO**

- El 75.9% de los encuestados describió que las afectaciones en el costo del proyecto son el principal problema en obra derivado de errores de diseño
- El tiempo de ejecución de la obra se considera afectado por el 72.4% de los encuestados derivado de diseños con errores
- Para el 39.7% de los encuestados los errores de diseño generan una afectación a la calidad de la obra
- El alcance de la obra representando en el área o cantidad total ejecutada se ve afectada por errores de diseño según el 31% de los encuestados

23. En escala de 1 a 5, siendo 1 Nada importante y 5 Extremadamente importante.

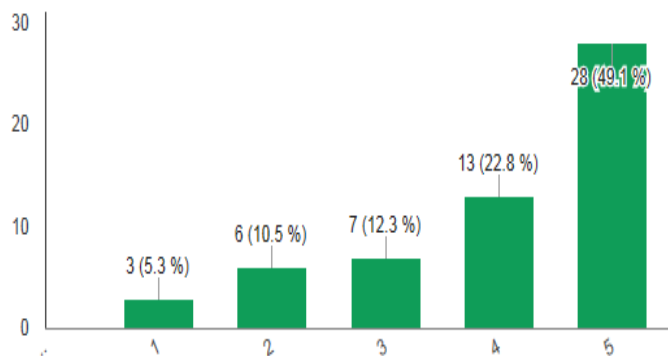
- A. Qué importancia le asigna al impacto por errores de diseño en el Tiempo final de ejecución del proyecto



GRAFICA No 26 - **IMPORTANCIA POR IMPACTO EN TIEMPO DE EJECUCION**

- El 46.6% de los encuestados considero extremadamente importante el impacto en el tiempo de ejecución debido a errores de diseño
- Se consideró de alta importancia el impacto por tiempo de ejecución debido a errores de diseño por parte del 25.9% de los encuestados.

B. Qué importancia le asigna al impacto por errores de diseño en el Costo final del proyecto



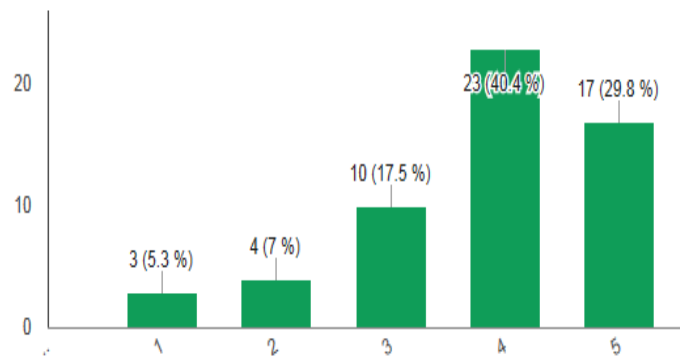
GRAFICA No 27 - **IMPORTANCIA POR IMPACTO EN COSTO FINAL**

- El 49.1% de los encuestados considera como extremadamente importante el impacto en el costo final del proyecto debido a errores en los diseños
- Con un impacto muy importante se consideran los impactos en el costo final del proyecto por errores de diseño por parte del 22.8% de los encuestados

C. Qué importancia le asigna a la afectación por errores de diseño en el Alcance final del proyecto

- El 39.7% de los encuestados considero como extremadamente importante el impacto en el alcance final de obra derivado de errores de diseño
- El 5.2% de los encuestados considero nada importante los impactos por errores de diseño en el alcance final de la obra.

D. Qué importancia le asigna al impacto por errores de diseño en la Calidad general del proyecto



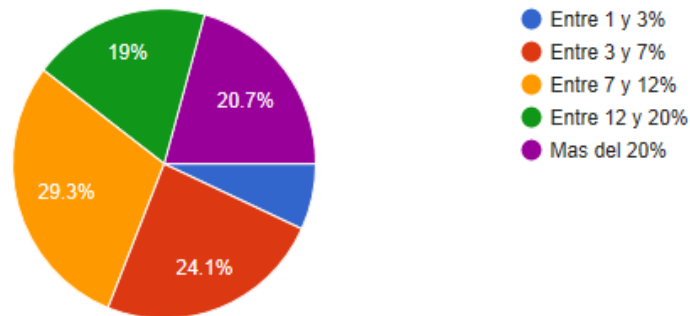
GRAFICA No 28 - **IMPORTANCIA POR IMPACTO EN LA CALIDAD**

- Para el 40.4% de los encuestados los errores de diseño se consideran muy importantes respecto a su impacto en la calidad de la obra
- Se consideran extremadamente importantes los impactos en la calidad por errores de diseño para el 29.8% de los encuestados

24. En su experiencia las afectaciones por errores de diseño en la obra (respecto al valor total del proyecto) implican

- El 59.6% de los encuestados considero que los errores de diseño siempre representan mayores valores en el costo total del proyecto
- Las afectaciones por errores de diseño en cuanto al costo final solo presentan afectación al proyecto en ocasiones para el 33.3% de los profesionales encuestados

25. De considerar afectación en obra por errores de diseño respecto al costo; cual estima usted que puede ser el valor común de dicha afectación (aumento respecto a valor total de la obra)



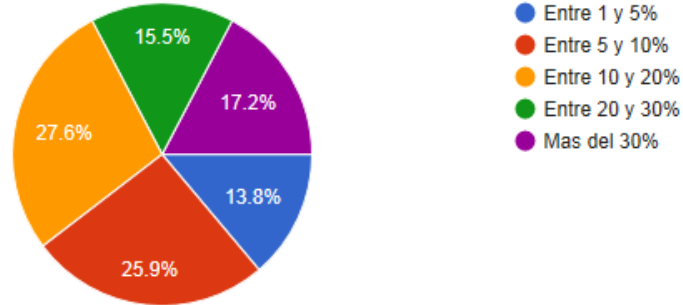
GRAFICA No 29 - PORCENTAJE DE AFECTACION AL VALOR TOTAL

- Para el 29.3% de los encuestados se genera un mayor valor entre el 7 y 12% del valor del proyecto debido a errores de diseño
- Se genera un mayor valor al proyecto entre el 3 y 7% del costo inicial por errores de diseño según describen el 20.7% de los encuestados
- El 20.7% de los encuestados considera que la afectación al costo final del proyecto por errores de diseño se encuentra arriba del 20% de su valor inicial.

26. En su experiencia las afectaciones por errores de diseño en la obra (respecto al plazo total de ejecución del proyecto) implican

- El 48.3% de los encuestados considera que los errores de diseño en ocasiones implican mayores plazos en la ejecución del proyecto
- Los errores de diseño afectan siempre el plazo de ejecución del proyecto para el 46.6% de los encuestados

27. De considerar afectación en obra por errores de diseño respecto al tiempo; cual considera usted que puede ser el valor de dicha afectación (aumento respecto al tiempo total de ejecución de la obra)



GRAFICA No 30 - **PORCENTAJE DE AFECTACION AL PLAZO TOTAL**

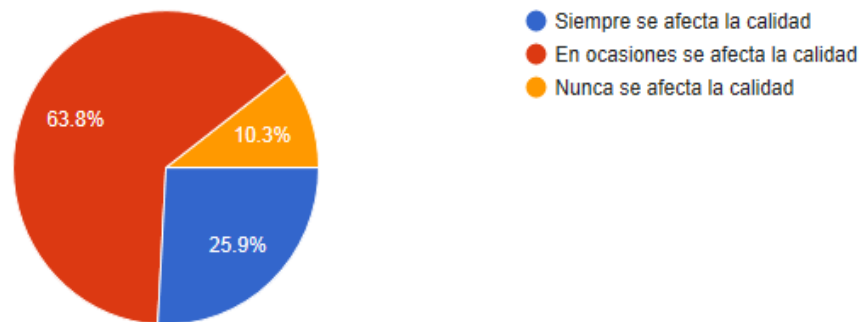
- El 27.6% de los encuestados considera respecto al plazo total de ejecución una afectación entre el 10 y 20% del plazo inicial por errores de diseño
- El plazo de ejecución aumenta entre un 5 y 10% del plazo total por errores de diseño, según consideran el 25.9% de los encuestados
- El 17.2% de los encuestados responde que las afectaciones en plazo por errores de diseño generan aumentos de más del 30.0% del plazo inicial.

28. En su experiencia los errores de diseño implican afectación de alcance en la obra (disminución o afectación de las áreas o especificaciones a construir)

- El 58.6% de los encuestados considera que los errores de diseño en ocasiones afectan el alcance de la obra (como área o ejecutada o total de ítems ejecutados)
- La obra siempre se afecta por errores de diseño en su alcance, según describen el 34.5% de los encuestados

29. En su opinión los errores de diseño implican afectación en la calidad de la obra

- C. Siempre se afecta la calidad B. En ocasiones se afecta la calidad C. No se afecta la calidad

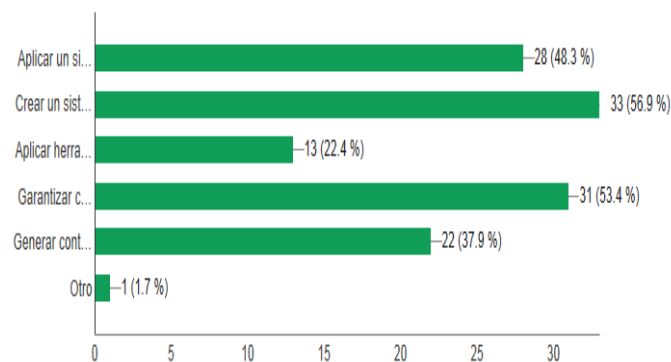


GRAFICA No 31 - AFECTACION A LA CALIDAD POR ERRORES DE DISEÑO

- El 63.8% de los encuestados considera que en ocasiones se afecta la calidad de obra debido a problemas de diseño
- La calidad siempre se afecta en la obra debido a problemas de diseño según consideran el 25.9% de los encuestados
- El 10.3% de los profesionales encuestados respondieron que en el desarrollo de los proyectos por errores de diseño nunca se afecta la calidad de la obra

30. Cual considera que sería la mejor opción a seguir para corregir o disminuir la afectación de la obra por temas de diseño

- B. Generar un sistema de gestión de construcción interdisciplinario (Lean o similar)
- C. Crear un sistema de revisión de diseños previo al inicio de obra
- D. Aplicar herramientas tecnológicas en todos los diseños
- E. Garantizar control durante la etapa de diseño (interventoría o supervisión)
- F. Generar contratos de diseño con acompañamiento en obra
- G. Otros



GRAFICA No 32 - SISTEMAS DE CORRECCION O DISMINUCION DE AFECTACIONES

- Para el 56.9% de los encuestados la corrección o disminución de errores de diseño en obra se asocia la generación de un sistema de revisión de diseños previo al inicio de la obra
- Garantizar un sistema de control (interventoría o supervisión) durante la etapa de diseño se considera como la mejor opción para corregir o disminuir los errores que afectan la obra según describe el 53.4% de los encuestados
- Para el 48.3% de los encuestados la corrección o disminución de errores de diseño en obra se asocia a la aplicación de un sistema de gestión interdisciplinario (tipo Lean o similar)
- Generar contratos de diseño con acompañamiento en obra según el 37.9% de los encuestados puede favorecer la corrección o disminución de errores de diseño que impactan la ejecución de obra.

7. CONCLUSIONES

- El 86.3% de los proyectos analizados, así como el 89.3% de los profesionales del sector consideran que los errores de diseño generan afectación en la ejecución de la obra; esto determina que dichos problemas y errores corresponden a un proceso generalizado en el sector que no está siendo tenido en cuenta de la mejor manera y debe ser mejor detallado y analizado tanto académicamente como en el ámbito profesional y del sector.
- El manejo de errores de diseño en el sector de la construcción, esta generalmente asociado únicamente a un esquema de análisis de riesgo financiero; es de común uso en los diferentes proyectos, no contemplar las afectaciones directas que se generan en otros aspectos de desarrollo del proyecto como son el plazo de ejecución o la calidad final de la obra. No se encuentran de forma común estudios o análisis de caso que con suficiencia aborden los análisis de impacto en todas las variables descritas para los proyectos; incluso a este respecto en nuestro país no existe una diversidad de estudios técnicos que aborden todos los aspectos afectados.
- La industria tiene un estándar básico promedio de asignación de riesgo al proyecto en un 10% del valor total del mismo; solo en aspectos de aumento de valor asociados a los errores de la etapa de diseño se obtienen impactos financieros que en promedio se encuentran en el 13.43%, lo cual excede las previsiones realizadas. Las variaciones por aumento de valor en los proyectos analizados presentan resultados con desviaciones llegan al 12.76% del valor promedio lo que aumenta las afectaciones por valores límite superior; el cual en varios casos según se pudo verificar llega a valores cercanos a más del 30% del valor inicial.
- Lo anterior indica claramente a manera de conclusión que el manejo a nivel de riesgo y sus valores aplicados a la industria no están siendo evaluados de la mejor manera. De igual manera se puede determinar de forma derivada que los sistemas de

ejecución, control, manejo profesional y seguimiento en la ejecución no son los mejores por lo que deben ser revisados y mejorados.

- Las mediciones realizadas encuentra un promedio de aumento en el plazo de ejecución de los proyectos del 21.35% respecto al plazo inicial contratado; dicho valor es muestra directa de las afectaciones en otros aspectos adicional al financiero que se generan por errores de diseño durante la ejecución.
- Las disminuciones en área o ítems ejecutados como alcance de los proyectos se encuentran en un valor promedio del -3.63%, lo que indica que en varios casos se afectan por errores de diseño el área total construida o los ítems considerados inicialmente para la ejecución de la obra.
- Es evidente que la cuantificación de impactos económicos reales a las afectaciones del proyecto por errores de obra no solo obedecen a sobrecostos, deben considerarse adicionalmente y en forma conjunta los aspectos por mayor duración de obra, afectación en calidad y alcance de la obra; lo anterior hace que el 10% previsto en promedio por el sector como riesgo sea una cifra mucho menor a la real de afectación.
- Se considera importante denotar que en los proyectos realizados objeto de análisis se encontró respuesta una buena respuesta en cuanto a tiempo de ejecución, valor del mismo y alcance en proyectos con origen de recursos privado (13.63% del total); es evidente que los valores máximos superiores fueron determinados en proyectos públicos, lo que genera un importante punto de análisis para el sector.
- Los proyectos analizados muestran claras tendencias a que los mismos se afecten en plazo de ejecución y en otros casos en valor final del proyecto; el hecho de que dichas tendencias sean positivas y continuas alejan el concepto de la denominación de riesgo, por cuanto pasan a tener más que una probabilidad de ocurrencia. El enfoque de análisis solo como riesgo debe ser reevaluado.
- A pesar de no existir correlaciones fuertes entre variables analizadas (la máxima correlación fue de $r=.3479$) se destaca el hecho de que en la mayoría de casos se generó afectación en más de un aspecto, ya sea este financiero, de plazo, de alcance o calidad. Se concluye que los errores de diseño generan impactos diversos a la

ejecución de la obra por lo que su análisis no debe enfocarse solo en la variable económica.

- Se destaca que a pesar de los grandes avances tecnológicos que apoyan actualmente los procesos de diseño, se observa una alta tendencia (79.3%) de los profesionales del sector a considerar la experiencia de los diseñadores como factor de mayor importancia durante el proceso de diseño.
- Se evidencia la necesidad de mejorar con carácter prácticamente de obligatoriedad la supervisión o control durante el proceso de diseño; el 77.2% de los profesionales lo considera importante y solo en el 43.6% de los casos se determina que el mismo se aplica en los proyectos. Es importante generar sistemas que garanticen en la industria el control y supervisión de forma permanente durante la etapa de diseño.
- La transversalidad del equipo de diseño, respecto a los sistemas de comunicación e intercambio de información entre las diferentes disciplinas, constituyen uno de los puntos de resaltar como solución a los inconvenientes de diseño en obra; los cuales en más del 77.6% de los casos indico errores por falta de concordancia entre diferentes especialidades.
- Son evidentes las deficiencias de carácter técnico durante la ejecución de los diseños del proyecto; en un 44.8% del total se considera que los profesionales no se encuentran preparados para realizar diseños de calidad. Ello indica que sumado a los aspectos de control de calidad y supervisión descritos debe mejorarse en la academia de nuestro país el trabajo interdisciplinario para procesos de diseño.
- Se requiere la determinación y puesta en uso de una metodología de proyectos para la etapa de diseño y obra; el 79.3% del análisis realizado determina que se considera un aspecto de vital importancia para el desarrollo del proceso de diseño; adicionalmente los resultados generados presentan una mejor respuesta a objetivos.
- La realización del proyecto mediante una metodología (Lean o similar) en sus etapas desde diseño; garantiza control y seguimiento permanente en los procesos de costo, plazo, alcance y calidad, lo que aunque no genera la eliminación total del riesgo si

garantiza su reducción, mejor evaluación previa y sobre todo un mejor nivel de control y seguimiento durante la ejecución. Adicionalmente el sistema de gestión crea por naturaleza el sistema de interventoría o control durante el desarrollo de los procesos lo que se ajusta a las necesidades de los proyectos según los resultados obtenidos en el presente estudio.

8. RECOMENDACIONES

- Académicamente existen aspectos a mejorar como son la calidad en la formación en desarrollo de proyectos más allá de lo técnico; el trabajo interdisciplinario entre diferentes áreas – lo cual puede ser desarrollado desde la academia; así como un mejor trabajo en esquemas de ética que eviten aspectos como el uso de diseños previos sin estandarización o la falta de gestión en el desarrollo de los mismos.
- Los plazos establecidos, así como el alcance final de los diseños deben ser evaluados y determinados con un enfoque técnico, ya que estos se toman aleatoriamente y en ocasiones por personal que desconoce el alcance real de los estudios y su periodo de ejecución; adicionalmente el análisis de económico de costos y honorarios no puede obedecer solo a criterios de mercado o disponibilidad de recursos en casos estatales; este aspecto afecta la calidad de los resultados de diseño y debe ser ajustado a lo que la formación profesional requiere, la experiencia de los profesionales, los recursos requeridos y el proyecto demanda como tal.
- El control de los procesos de diseño debe realizarse preferiblemente mediante la aplicación de un sistema de gestión, que permita no solo el seguimiento de la trazabilidad determinada enfocada en los objetivos del proyecto; sino que a su vez dicha gestión se traslade el desarrollo de la obra. No se pueden considerar los procesos de diseño y obra como agentes independientes en el desarrollo del proyecto; ya que se evidencia que los resultados de dichos escenarios no son los mejores.
- Las mayores deficiencias evidenciadas en los proyectos de origen estatal; los cuales muestran los valores limites en aspectos como sobrecostos y mayores plazos de ejecución; evidencian la necesidad de que los profesionales, entidades y gremios participantes de los desarrollos de obras a nivel estatal; modifiquen los sistemas de desarrollo de diseños, su seguimiento y control e incluso la preparación y puesta en marcha de las obras ya que las mismas se ven seriamente afectadas por procesos y errores previos a su desarrollo que en muchos casos están fuera del alcance y manejo

de los profesionales que participan directamente en campo. El estado debe tomar una posición más formal si se tiene en cuenta que el desarrollo social está altamente unido al desarrollo de infraestructura por medio de obras.

- De lo anterior es evidencia la necesidad de generar normativas interdisciplinarias de control de calidad en los procesos de diseño, enfocadas en la agrupación de los diferentes requerimientos y resultados de los profesionales que participan del proceso de diseño; adicionalmente se deben establecer canales de implantación en el proceso que garanticen su puesta en ejecución práctica en todos los proyectos.

9. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION

Para estudios posteriores y de acuerdo al análisis desarrollado así como a las conclusiones del mismo se consideran las siguientes líneas futuras de investigación:

- Análisis financiero de riesgo real en proyectos ejecutados en Colombia; desde el punto de vista conjunto en alcance económico, de plazo final de ejecución, total de área realizada y calidad de la obra terminada, con el fin de determinar rangos prácticos reales y confiables de riesgo del sector.
- Impacto socioeconómico en el sector de la construcción para proyectos sin culminar o con deficiencias en plazos de entrega, así como fallas o errores de calidad. El alcance de este estudio no solo deberá abordar los aspectos económicos sino los serios daños y perjuicios sociales derivados de este impacto.
- Análisis académico de calidad de los profesionales del sector de la construcción; desde el punto de vista de calidad, capacidad de trabajo interdisciplinario y desarrollo de proyectos con múltiples especialidades.
- Normativa interdisciplinaria del sector de la construcción para desarrollo y producción de diseños (preferiblemente con un enfoque en sistema de gestión); dicha normativa deberá en el futuro ser apoyada por el estado con el desarrollo o inclusión dentro de los códigos de construcción y diferentes reglamentos de especialidades.

10. BIBLIOGRAFIA

Abdul Kadir, M. R., Lee, W. P., Jaafar, M. S., Sapuan, S. M., & Ali, A. A. A. (2005). Factors affecting construction labour productivity for Malaysian residential projects. *Structural Survey*, 23(1), 42-54.

Adnan, H., Jusoff, K., & Salim, M. K. (2008). The Malaysian construction industry's risk management in design and build. *Modern Applied Science*, 2(5), p27.

Akinci, B., & Fischer, M. (1998). Factors affecting contractors' risk of cost overburden. *Journal of Management in Engineering*, 14(1), 67-76.

Akintoye, A. S., & MacLeod, M. J. (1997). Risk analysis and management in construction. *International journal of project management*, 15(1), 31-38

Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International journal of project management*, 24(4), 349-357.

Campero, Q. (2012). Prevención y manejo de reclamos en contratos de obras civiles. *Revista Ingeniería de Construcción*, (13), 1-29.

Dzul-López, L. A., GRACIA-VILLAR, S., González-Benítez, M., Fernández-Díez, F., & Cremades-Oliver, L. (2010). Metodología para el seguimiento de los costes de calidad en el diseño de proyectos de construcción: Caso de estudio. *Dyna*, 85(1), 47-60.

Española, R. A. (2014). Diccionario de la Lengua Española.(23.^a edición). *Barcelona: España Libros*.

López, R., Love, P. E., Edwards, D. J., & Davis, P. R. (2010). Design error classification, causation, and prevention in construction engineering. *Journal of Performance of Constructed Facilities*.

Love, P. E., Lopez, R., Kim, J. T., & Kim, M. J. (2012). Influence of organizational and project practices on design error costs. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 28(2), 303-310.

Mills, A. (2001). A systematic approach to risk management for construction. *Structural survey*, 19(5), 245-252

Öztaş, A., & Ökmen, Ö. (2004). Risk analysis in fixed-price design–build construction projects. *Building and Environment*, 39(2), 229-237.

Palaneeswaran, E., Love, P. E., & Kim, J. T. (2013). Role of Design Audits in Reducing Errors and Rework: Lessons from Hong Kong. *Journal of Performance of Constructed Facilities*.

Ummer, N., Maheswari, U., Matsagar, V. A., & Varghese, K. (2013). Factors influencing design iteration with a focus on project duration. *Journal of Management in Engineering*.

Vallejo, F. (2007). Responsabilidad profesional en la construcción de obras. *Rev. Derecho del Estado*, 20, 97.

Williams Jr, C. E., & Johnson, P. W. (2013). Inadequate Design Management Compared with Unprecedented Technical Issues as Causes for Engineering Failure. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29(1), 04014031.