

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Metodología para el desarrollo de listas de verificación y validación
según la norma INTE/ISO 9001:2008 en los procesos principales de un
proyecto de construcción**

Proyecto de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Cristian Enrique Pardo Torres

Director de la Tesis de Graduación

Ing. Gustavo Ruiz Cano

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de aprobación

Miembros del Comité Asesor



Ing. Gustavo Ruiz Cano

Director



Ing. Manuel Martínez Guevara

Asesor



Ing. Pablo Villalobos Elizondo

Asesor

Cristian Enrique Pardo Torres

Estudiante

Derechos de propiedad intelectual

Fecha: 2015, Agosto, 27

El suscrito, Cristian Enrique Pardo Torres, cédula 3-0402-0471, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **A33884**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Metodología para el desarrollo de listas de verificación y validación según la norma INTE/ISO 9001:2008 en los procesos principales de un proyecto de construcción**, bajo la Dirección del **Ing. Gustavo Ruiz Cano**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Pardo Torres, Cristian Enrique

Metodología para el desarrollo de listas de verificación y validación según la norma INTE/ISO 9001:2008 en los procesos principales de un proyecto de construcción.

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil - San José, Costa Rica

C. Pardo T., 2015

x, 59, [66]h; ils. Col. 13

Resumen

En este estudio se desarrolló una metodología para la elaboración de listas de verificación y validación para diferentes procesos de un proyecto de construcción. Dicha metodología se fundamentó en la norma INTE/ISO 9001:2008.

Para la elaboración de las listas, se realizó preliminarmente un análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, utilizando la metodología del PMBOK 2008. Esto con el objetivo de relacionarlo con la validación y/o verificación de procesos. Las listas confeccionadas tienen como base el Plan Genérico de Calidad de una empresa constructora, que se encuentra acreditada o está en proceso de acreditación de un Sistema de Gestión de Calidad. Dichas listas contienen diversos parámetros que se ajustan a normas y reglamentos vigentes, planos y especificaciones técnicas, o bien correctas prácticas constructivas.

Con la elaboración de las listas se cumplió con uno de los requisitos particulares de la norma INTE/ISO 9001:2008, específicamente en el apartado de validación de procesos, convirtiéndose así en una herramienta para el aseguramiento de la calidad de los procesos constructivos y la trazabilidad de los mismos.

SISTEMAS DE GESTION DE LA CALIDAD; INTE/ISO 9001:2008; VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DE PROCESOS; ANÁLISIS DE RIESGOS; MODELADO Y SIMULACIÓN.

Ing. Gustavo Ruiz Cano.

Escuela de Ingeniería Civil.

Agradecimientos

A Dios, por guiarme y darme las fuerzas para sacar este proyecto adelante.

A mi madre (Q.d.D.G) y a mi padre, por darme la oportunidad de estudiar y ser incondicionales, por sus consejos y por su motivación.

A mi familia, por su compañía y apoyo siempre y en todo momento.

A Andrea, por su apoyo para iniciar y terminar este proyecto. Gracias por ser una excelente amiga y novia.

A mi director y asesores de tesis, por la ayuda brindada durante el desarrollo del trabajo.

A Constructora Eliseo Vargas & Asociados, por permitirme desarrollar este trabajo como parte del equipo de proyecto.

Derechos de propiedad intelectual.....	ii
Resumen.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de figuras.....	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Justificación.....	10
1.1.1 El problema específico.....	10
1.1.2 Importancia.....	11
1.2 Delimitación del problema.....	12
1.2.1 Alcance.....	12
1.2.2 Limitaciones.....	14
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Sistemas de Gestión de la Calidad.....	16
2.1.1 Norma INTE/ISO 9001:2008.....	19
2.1.1.1 Requisitos.....	19
2.1.2 Validación y verificación de procesos.....	21
2.1.3 Validación de procesos según la norma INTE/ISO 9001:2008.....	21
2.2 Análisis y gestión de riesgos.....	22
2.2.1 Identificación de riesgos.....	23
2.2.1.1 Técnicas de recopilación de información.....	23
2.2.1.2 Técnicas de diagramación.....	24
2.2.1.3 Análisis SWOT (o DAFO, Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).....	25
2.2.2 Análisis cualitativo.....	25
2.2.2.1 Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos.....	26

2.2.2.2	Matriz de Probabilidad e Impacto.....	26
2.2.2.3	Categorización de riesgos.....	27
2.2.3	Análisis cuantitativo.....	28
2.2.3.1	Técnicas de recopilación y representación de datos.....	28
2.2.3.2	Técnicas de análisis cuantitativo de riesgo y modelado.....	29
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RIESGOS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.....		31 -
3.1	Identificación de riesgos.....	31 -
3.2	Matriz Impacto-Frecuencia.....	34 -
3.3	Análisis cuantitativo de riesgos del proyecto.....	38 -
3.3.1	Definición del modelo.....	39 -
3.3.2	Asignación de distribuciones de probabilidad.....	39 -
3.3.3	Modelo y simulación.....	45 -
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LISTAS DE VERIFICACIÓN.....		49 -
4.1	Introducción.....	49 -
4.2	Plan Genérico de Calidad.....	49 -
4.2.1	Nombre de la actividad.....	50 -
4.2.2	Parámetros a inspeccionar.....	50 -
4.2.3	Grado o índice de criticidad.....	50 -
4.2.4	Códigos, normas y documentos aplicables.....	50 -
4.2.5	Criterios de aceptación.....	51 -
4.2.6	Tolerancia del criterio de aceptación.....	51 -
4.2.7	Frecuencia de inspección.....	51 -
4.2.8	Equipo de medición.....	52 -
4.2.9	Responsable en proyecto.....	52 -
4.2.10	Registro de calidad.....	52 -
4.2.11	Otros criterios.....	53 -
4.3	Elaboración de listas de verificación de proyecto.....	55 -

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DE LISTAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	- 60 -
5.1 Generalidades para aplicación de listas.....	- 60 -
5.2 Medios de aplicación.....	- 61 -
5.3 Almacenamiento y resguardo de la información.....	- 62 -
5.4 Ejemplo de aplicación.....	- 63 -
5.5 Resultados y observaciones generales de la aplicación de listas de verificación y validación.....	- 65 -
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 67 -
6.1 Conclusiones.....	- 67 -
6.2 Recomendaciones.....	- 69 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 70 -
ANEXO A.....	- 72 -
Tablas causa – efecto para identificación de riesgos.....	- 72 -
ANEXO B.....	- 82 -
Matriz impacto - frecuencia.....	- 82 -
ANEXO C.....	- 93 -
Modelo y resultados de simulación – Análisis cuantitativo de riesgos.....	- 93 -
ANEXO D.....	- 108 -
Listas de verificación y validación.....	- 108 -

Índice de figuras

Figura 1. Estructura documental del SGC.....	18
Figura 2. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos.....	20
Figura 3. Diagrama de Ishikawa.....	24
Figura 4. Matriz de probabilidad e impacto.....	27
Figura 5. Distribución Beta y Triangular.....	29
Figura 6. Definición de índice de criticidad.....	- 37 -
Figura 7. Forma general de distribución triangular.....	- 41 -
Figura 8. Distribución triangular para el costo de la actividad "paredes de mampostería"..	- 44 -
Figura 9. Curva acumulada de probabilidades para el caso 1 de costos.....	- 47 -
Figura 10. Caso 1: Coeficiente de correlación para las actividades.....	- 48 -
Figura 11. Diagrama de flujo para la elaboración de listas de verificación.....	- 59 -
Figura 12. Ejemplo de aplicación para la actividad "Trazo".....	- 64 -
Figura C 3. Caso 1: Distribución triangular "Losas de concreto".....	- 102 -
Figura C 4. Caso 1: Distribución triangular "Enchapes".....	- 102 -
Figura C 5. Caso 1: Distribución triangular "Estructura metálica".....	- 103 -
Figura C 6. Caso 1: Distribución triangular "Demolición".....	- 103 -
Figura C 7. Caso 1: Distribución triangular "Paredes livianas".....	- 104 -
Figura C 8. Caso 1: Distribución triangular "Impermeabilización de losas".....	- 104 -
Figura C 9. Caso 2: Distribución triangular "Paredes de mampostería".....	- 105 -
Figura C 10. Caso 2: Distribución triangular "Fundaciones".....	- 105 -
Figura C 11. Caso 2: Distribución triangular "Losas de concreto".....	- 106 -
Figura C 12. Caso 2: Distribución triangular "Enchapes".....	- 106 -
Figura C 13. Caso 2: Distribución triangular "Estructura metálica".....	- 107 -

Figura C 14. Caso 2: Distribución triangular "Demolición".....	- 107 -
Figura C 15. Caso 2: Distribución triangular "Paredes livianas".....	- 108 -
Figura C 16. Caso 2: Distribución triangular "Impermeabilización de losas".....	- 108 -
Figura C 17. Caso 1: Resultados de simulación, distribución acumulada de probabilidades-	109 -
Figura C 18. Caso 2: Resultados de simulación, distribución acumulada de probabilidades-	110 -
Figura C 19. Caso 1: Resultados de simulación, Coeficiente de correlación.....	- 111 -
Figura C 20. Caso 2: Resultados de simulación, Coeficiente de correlación.....	- 112 -

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 El problema específico

“De manera general, un proyecto es un esfuerzo que se lleva a cabo para desarrollar un producto que satisface las expectativas de una persona, grupo o sociedad. Partiendo de lo anterior, el proyecto consiste de tres elementos: alcance, presupuesto y cronograma. El alcance se refiere al trabajo a ser ejecutado, i.e., la cantidad y calidad del trabajo. El presupuesto se refiere al costo, medido en alguna moneda de referencia y/o en horas trabajo laborable. El cronograma se refiere al tiempo y secuencia con que se desarrollará el trabajo.” (Oberlender, 2000).

En la construcción de obras de ingeniería, los procesos se ejecutan siguiendo un cronograma de proyecto. Por esta razón, muchas de las actividades son predecesoras de otras actividades, por lo que deben ejecutarse para poder continuar según lo programado. Esto toma mayor relevancia cuando las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto, ya que deben ejecutarse eficazmente para no retrasar el avance crítico de la obra.

Un ejemplo de lo anterior lo observamos en la actividad de colado de un entrespacio en un edificio de varios niveles. El proceso debe ejecutarse en el tiempo programado, ya que el inicio de actividades en el siguiente nivel del edificio depende de esta actividad. Por lo tanto, no se pueden retrasar los procesos esperando a que se cumplan 28 días para verificar la resistencia del concreto. El proceso puede ser validado mediante verificación posterior, pero el tiempo necesario para esto no permite detener las actividades siguientes.

Por otra parte, para la certificación de sistemas de calidad en las empresas, se solicitan una serie de lineamientos que se deben cumplir para la acreditación final. Específicamente, la certificación de calidad INTE/ISO 9001:2008 tiene un requerimiento que deben cumplir los procesos o productos de una empresa. Este requerimiento explica la necesidad de realizar una validación a procesos que cumplen determinadas características.

Por las razones antes expuestas, se hace necesaria la creación de mecanismos que permitan verificar y validar los principales procesos constructivos en el momento en que se realizan, para tener un respaldo de que las actividades se llevaron a cabo utilizando las técnicas apropiadas, y también hacer constatar que el producto se inspeccionó desde el momento en que se inició su producción. La verificación y validación de procesos debe realizarse bajo parámetros que indiquen la importancia o trascendencia de las actividades, lo cual se puede hacer analizando el riesgo que las mismas representan para la consecución del proyecto bajo estándares de calidad.

1.1.2 Importancia

En un proyecto de construcción, cada etapa de la obra representa un paso para conseguir el objetivo principal: la entrega del proyecto en un plazo y costo determinado, entre otros aspectos. Estos objetivos principales deben cumplirse respetando los planos y especificaciones técnicas, a través de correctas prácticas constructivas, y así garantizar la calidad del producto.

La importancia de la realización de este trabajo radica en el estudio de las principales actividades en un proceso constructivo, en las cuales se evaluarán los aspectos más relevantes para garantizar la calidad del producto final, que no debe verse exclusivamente como la calidad de la actividad exclusivamente. El enfoque es garantizar la calidad de la actividad específica, y si se garantiza la calidad de ésta, se garantizará la calidad del producto global: el proyecto entregado a satisfacción del cliente.

Una de las fases principales del estudio de las actividades de construcción será el análisis de riesgos, el cual se realizará siguiendo técnicas tanto cualitativas como cuantitativas. Con esto se podrá contar con un panorama más amplio del proyecto, teniendo una herramienta más para tomar decisiones acerca de cuáles actividades se deben controlar, para garantizar no sólo la calidad del producto como tal, sino también poder garantizar otros elementos importantes como el costo o el tiempo de ejecución.

El desarrollo de este trabajo permitirá el cumplimiento de un requisito del proceso de implementación de un sistema de certificación de la calidad en una empresa constructora bajo la norma INTE/ISO 9001:2008. Específicamente, en el apartado 7.2.2 "validación de los procesos para la producción y abastecimiento del servicio". La metodología para la elaboración de listas de verificación y validación se convertirá en un procedimiento a seguir para el aseguramiento de la calidad de un proceso constructivo, y funcionará como un recurso para demostrar en una auditoría que los procesos se llevan a cabo siguiendo los lineamientos de calidad establecidos. Con esto, garantizar el principio de mejora continua en la organización.

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Alcance

El énfasis del trabajo consiste en el desarrollo de listas de verificación y validación para los principales procesos de un proyecto de construcción, enfocado desde el punto de vista del control de la calidad y la implementación de sistemas de gestión de calidad, usando como referencia la norma INTE/ISO 9001:2008. Los objetivos del trabajo, por lo tanto, están orientados a desarrollar una metodología para crear las listas basándose en el cumplimiento de requisitos de la norma en cuestión. No es aplicable para otras normas ni sistemas de gestión de la calidad.

Las listas se desarrollarán para el objetivo expuesto en el párrafo anterior. No es aplicable para proyectos o empresas donde no se tenga implementado un sistema de gestión de la calidad.

Las actividades a las cuales compete este trabajo son las siguientes:

- Trazo general (linderos, ejes)
- Fundaciones
- Colado de elementos de concreto reforzado
- Losas de concreto
- Mampostería
- Estructura metálica
- Paredes y divisiones livianas
- Enchapes
- Impermeabilización de losas

Las listas se confeccionarán para actividades que puedan ser controladas por el equipo del proyecto, y de las cuales tengan el conocimiento técnico. Quedarán excluidas de estas listas actividades que tengan relación con trabajos especializados, por ejemplo instalaciones de aire acondicionado, instalaciones eléctricas especializadas como colocación de fibra óptica, entre otras.

El análisis de riesgos que se llevará a cabo tendrá como objetivo la identificación y el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos. No serán incluidos planes de mitigación ni seguimiento de los mismos.

Las listas estarán dirigidas a profesionales en el área de la construcción, que conformen el equipo de trabajo de un proyecto (director, gerente o ingeniero de proyectos). Es importante que ellos sean quienes revisen y aprueben estas listas. Sin embargo, esto no quiere decir que sólo ellos las puedan aplicar. Las listas de verificación podrían ser aplicadas por maestros de obras o segundos capacitados, bajo la autorización de los ingenieros del proyecto.

La aplicación de las listas será de forma manual. El formato que se utilizará será en papel, esto con el objetivo de que puedan ser aplicadas en cualquier momento por el personal previamente autorizado por el gerente y/o ingeniero de proyecto.

1.2.2 Limitaciones

Uno de los objetivos del presente trabajo consiste en analizar el riesgo que representan determinadas actividades. Para esto se utilizará la herramienta de cómputo @RISK. Como este programa requiere de una licencia, la versión que se utilizará será una versión para fines académicos, por lo que no se podrán utilizar todas las opciones que posee el programa. Los resultados de este análisis dependerán de los valores arrojados por el @RISK.

Los objetivos de este trabajo se desarrollarán tomando como base los procesos típicos de un proyecto de construcción para una empresa constructora de Costa Rica, para proyectos de índole residencial-comercial-institucional-industrial.

La aplicación de las listas está condicionada a la disponibilidad de las actividades a evaluar en los proyectos de la Constructora Eliseo Vargas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar una metodología para desarrollar listas de verificación y validación de los principales procesos de un proyecto de construcción, para garantizar la calidad de los mismos, de acuerdo a la norma INTE/ISO 9001:2008.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar los principales procesos productivos en un proyecto de construcción de índole residencial-comercial, que pueden ser sometidos para aplicar listas de verificación y validación.

Realizar la identificación de los riesgos en actividades propias de un proyecto de construcción, tomando como base la metodología de gestión de riesgos del PMBOK.

Confeccionar una matriz de impacto-frecuencia para los riesgos de un proyecto de construcción.

Utilizar la herramienta @RISK para la cuantificación del riesgo de un proceso de construcción.

Definir los parámetros a evaluar en las listas de verificación y validación para procesos constructivos.

Desarrollar la estructura y formato de las listas de verificación y/o validación.

Aplicar las listas de verificación y/o validación en proyectos de construcción.

Relacionar la validación y verificación de los procesos con la ejecución y el control de la estrategia de una empresa constructora.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas de Gestión de la Calidad

Los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) consisten en la implantación de un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas que proporcionan a los clientes la confianza de que un producto o servicio satisface determinados requisitos de calidad (Conti, 1993).

Las empresas buscan implementar sistemas de gestión de calidad con los siguientes objetivos: (Moreno, 2001)

- Proporcionar a la organización de elementos que permitan lograr la calidad del producto o servicio y mantenerla en el tiempo a través de los procesos, de manera que las necesidades del cliente, reflejadas en la norma sean satisfechas de modo permanente.
- Establecer directrices que permitan a la organización trabajar de forma sistemática de acuerdo a las normas.
- Proporcionar a la dirección de la empresa la seguridad que se está obteniendo, en un momento dado de tiempo, la calidad deseada, entendiendo por su calidad la conformidad de la norma.
- Ofrecer a los clientes y usuarios la seguridad de que los productos y servicios se ajustan a unos niveles de calidad concretados en normas.
- Mejorar la coordinación y la productividad en el seno de la organización.
- Ofrecer a la empresa una serie de estándares que permitan conocer el nivel actual de desempeño de cada uno de los procesos, y obtener datos que permitan investigar las causas de las no conformidades y emprender acciones de mejora.

Para conseguir los objetivos expuestos, el desarrollo de un proyecto de implantación de aseguramiento de la calidad debe incluir las siguientes fases (ISO 9001: 2008): *a) diagnóstico, b) planificación, c) documentación del sistema, d) implantación o puesta en práctica; y e) control y mantenimiento.* De forma paralela a todas estas fases se desarrolla la formación de miembros de la organización afectados por la implantación del sistema, y se finaliza con la certificación. Esta última no es, sin embargo, una fase obligatoria en el proceso de implantación de un sistema de aseguramiento de calidad, bien porque la empresa no esté interesada en obtener un certificado, o bien porque la empresa certificadora estime que quedan todavía demasiadas no conformidades para conceder el certificado de aplicación satisfactoria de la norma. (Moreno, 2001)

- Diagnóstico: implica el análisis profundo de la situación de la empresa en todas sus áreas, detallando los procesos, actividades, recursos, documentos existentes, etc. El objetivo de esta fase es determinar la distancia entre el funcionamiento de la empresa y lo propuesto por la norma.
- Planificación: en esta fase se coordina la planeación de la implantación del SGC, indicando funciones concretas, cronogramas y requerimientos de recursos humanos y financieros. Es necesario que este plan tenga definidos los objetivos perseguidos con la implantación del SGC, las fases del mismo, las responsabilidades, disponibilidad de recursos y los procesos de auditorías y certificación.
- Documentación del sistema de gestión de calidad: un sistema de aseguramiento de la calidad es aquel que recoge por escrito la forma en que funciona la empresa, por lo tanto el desarrollo del sistema documental es un paso crítico que determinará el éxito de todo el proceso de implantación.
- El principal documento que se elabora como constancia escrita del sistema es el Manual de Calidad, que tiene como objetivo describir adecuadamente el SGC, sirviendo de referencia permanente durante la aplicación y mantenimiento del sistema.
- La estructura documental del sistema de gestión de calidad, consta de tres niveles: Manual de Calidad, Manual de Procedimientos y los instructivos de trabajo.

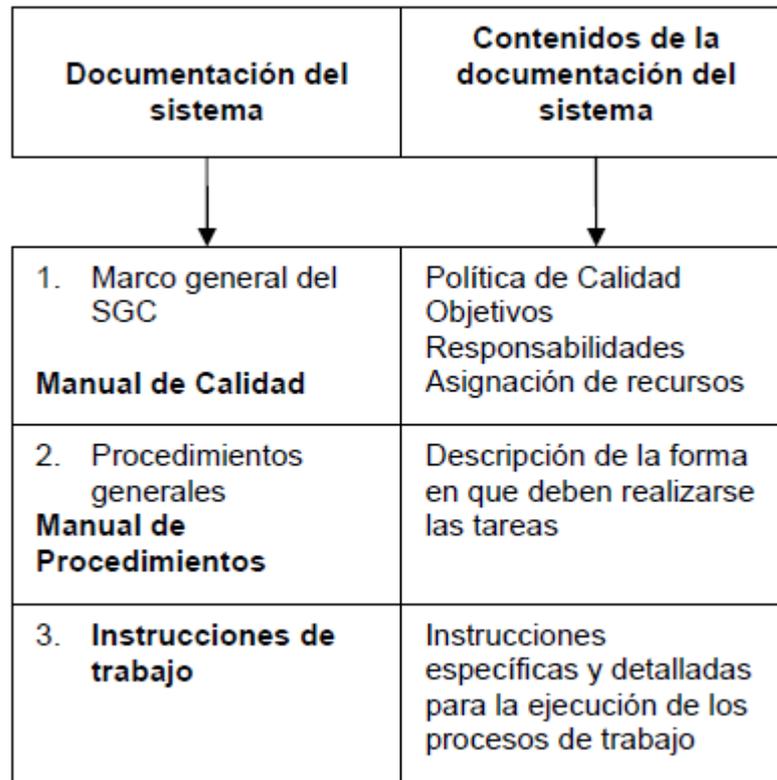


Figura 1. Estructura documental del SGC.

Fuente: Moreno (2001).

- Implementación o puesta en marcha del sistema: una vez se ha logrado terminar la fase de documentación, se puede poner en funcionamiento el Sistema de Gestión de Calidad. Puede hacerse gradualmente, en donde los procesos se diseñan y documentan según su nivel de importancia para la empresa.
- Control y mantenimiento del sistema: una vez el sistema es establecido debe ser revisado periódicamente para garantizar su correcto funcionamiento, o por el contrario determinar modificaciones. El control se realiza en dos vías: a través del análisis de la documentación antes y después de la implementación, identificando oportunidades de mejora, o, por medio de auditorías internas, encargadas de detectar falencias en el sistema, reportarlas y tomar las medidas necesarias.

- **Formación:** las actividades de formación, que son realizadas en paralelo con las fases de implantación del sistema, consta de varias etapas. La primera de ellas es la concientización a la alta gerencia en la necesidad de aplicar sistema de calidad, acompañado con la respectiva explicación de la normatividad, los pasos a seguir y los tiempos requeridos. A continuación de esto, es necesario ofrecer a todo el personal de la empresa la formación para lograr la correcta implantación del sistema.
- **Certificación:** Como carta de presentación de la empresa ante los clientes, esta puede someterse al proceso de certificación de su Sistema de Calidad. El primer paso, es presentar una solicitud ante un organismo de certificación, a partir de esto, el organismo solicita el manual de calidad y la respectiva documentación verificando su conformidad con la norma. Basados en esto se aseguran que la empresa esté operando bajo los lineamientos de dicha manual. Según la gravedad de las no conformidades encontradas dentro de la operación, se suspende el proceso de certificación o se da un plazo para su corrección. Finalmente, y una vez concedida la certificación, el organismo realiza de forma periódica auditorías de seguimiento reportando las posibles no conformidades encontradas y el plazo para ser corregidas.

2.1.1 Norma INTE/ISO 9001:2008

2.1.1.1 Requisitos

Contempla el aseguramiento de la calidad. También incluye la necesidad de que las empresas demuestren su capacidad para satisfacer al cliente y mejorar sus procesos de forma continua. El enfoque que subyace a la nueva norma es por lo tanto más cercano a la gestión de la calidad total ya que, incorpora la aplicación de principios sobre los que se fundamenta esta última: la atención a la satisfacción de los clientes y la mejora continua. Por otra parte esta norma es de aplicación a todas las empresas, con la independencia del producto producido y de las actividades desarrolladas, así pues corresponde a la propia empresa determinar que apartados de la norma son de aplicación para cada caso.

La norma INTE/ISO 9001:2008 se articula alrededor del modelo de procesos compuesto por cuatro apartados. El denominado Modelo de Procesos identifica a la empresa como un conjunto de procesos interrelacionados. En él se propone la identificación sistemática y la gestión de los procesos como el elemento clave en la gestión de calidad de cualquier empresa.

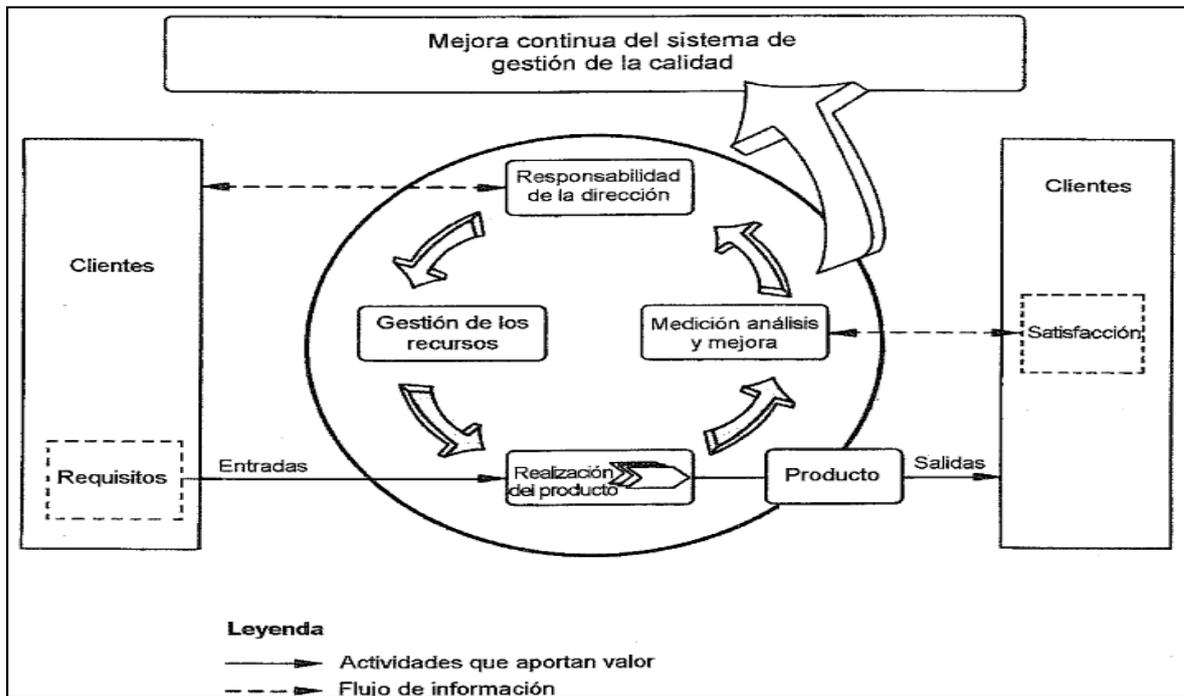


Figura 2. Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos.

Fuente: Norma INTE/ISO 9001:2008

2.1.2 Validación y verificación de procesos

La validación y verificación de procesos es establecer evidencia documentada que proporciona un alto grado de seguridad de que un proceso específico, produce un producto que cumple las especificaciones y características de calidad predeterminados. (FDA, 2011).

Para poder realizar la validación y verificación a los diferentes procesos, debe quedar claro el concepto de cada uno de ellos:

- Validación: Confirmación por examen y aporte de evidencia objetiva que los requisitos particulares para un uso específico previsto han sido satisfechos. (FDA, 2007)

La validación es un proceso para establecer si una entidad (producto) cumple el propósito para el cual ha sido seleccionada o diseñada.

- Verificación: Confirmación por examen y aporte de evidencia objetiva de que los requisitos especificados han sido satisfechos. (FDA, 2007)

La actividad de verificación es la investigación, ensayo, inspección, auditoría, revisión, demostración, comparación de datos o análisis especiales, para verificar que un sistema, producto, servicio o proceso, cumple los requisitos prescritos.

2.1.3 Validación de procesos según la norma

INTE/ISO 9001:2008

La norma INTE/ISO 9001:2008, en el apartado 7.5.2, expone el tema de validación de procesos. El mismo indica lo siguiente:

“La organización debe validar todo proceso de producción y prestación del servicio cuando los productos resultantes no pueden verificarse mediante seguimiento o medición posteriores y, como consecuencia, las deficiencias aparecen únicamente después de que el producto está siendo utilizado o se haya prestado el servicio”.

Según la norma, "la validación debe demostrar la capacidad de estos procesos para alcanzar los resultados propuestos".

La organización debe establecer las disposiciones para estos procesos, incluyendo, cuando sea aplicable: (INTE/ISO 9001:2008)

- Los criterios definidos para la revisión y aprobación de los procesos.
- La aprobación de los equipos y la calificación del personal.
- El uso de métodos y procedimientos específicos.
- Los requisitos de los registros.
- La revalidación.

2.2 Análisis y gestión de riesgos

Los riesgos de un proyecto se ubican siempre en el futuro. Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en al menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas. (PMBOK, 2008).

Según el PMBOK, una descripción general de la gestión de los riesgos de un proyecto se resume en los siguientes enunciados:

- Planificar la Gestión de los riesgos: Es el proceso mediante el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto.
- Identificar los riesgos: Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características.
- Realizar el análisis cualitativo de riesgos: Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.

- Realizar el análisis cuantitativo de los riesgos: Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.
- Planificar la respuesta a los riesgos: Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
- Monitorear y controlar los riesgos: Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.

2.2.1 Identificación de riesgos

La identificación de riesgos es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto, y se identifican sus características. Entre las personas que participan en la identificación de riesgos se pueden incluir: el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos (si está asignado), clientes, expertos en la materia, entre otros (PMBOK, 2008).

La identificación de riesgos es un proceso iterativo debido a que se pueden descubrir nuevos riesgos o pueden evolucionar conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida.

Dentro de la identificación de riesgos, el PMBOK explica diversas técnicas que pueden utilizarse para este fin, entre las cuales se pueden resumir las siguientes:

2.2.1.1 Técnicas de recopilación de información

- Tormenta de ideas: La meta de la tormenta de ideas es obtener una lista completa de los riesgos del proyecto. Bajo el liderazgo de una facilitador, se generan ideas acerca de los riesgos del proyecto, ya sea por medio de una sesión tradicional y abierta, o una sesión estructurada donde se utilizan técnicas de entrevista masiva.
- Entrevistas: La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia puede ayudar a identificar los riesgos.
- Análisis causal: El análisis causal es una técnica específica para identificar un problema, determinar las causas subyacentes que lo ocasionan y desarrollar acciones preventivas.

2.2.1.2 Técnicas de diagramación

- Diagramas causa-efecto: Los diagramas de causa y efecto, también conocidos como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado, ilustran la manera en que diversos factores pueden estar vinculados con un problema o efecto potencial. Una causa posible puede descubrirse preguntando continuamente "¿por qué?" o "¿cómo?" a lo largo de las líneas. La siguiente imagen ilustra de manera general la forma de estos diagramas.

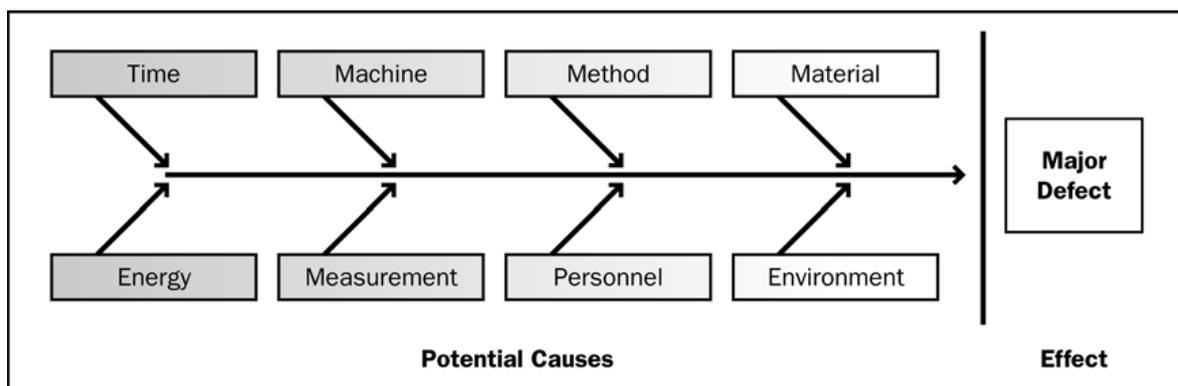


Figura 3. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: PMBOK 2008.

2.2.1.3 Análisis SWOT (o DAFO, Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades)

Esta técnica examina el proyecto desde cada uno de los aspectos DAFO para aumentar el espectro de riesgos identificados, incluyendo los riesgos generados internamente. La técnica comienza mediante la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, enfocándose ya sea en la organización del proyecto bien en aspectos comerciales en un sentido más amplio. Este análisis identifica entonces cualquier oportunidad y amenaza para el proyecto, procedentes de las fortalezas y debilidades de la organización.

2.2.2 Análisis cualitativo

El análisis cualitativo de riesgos es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos. Las organizaciones pueden mejorar el desempeño enfocándose en los riesgos de alta prioridad. Este proceso evalúa la prioridad de los riesgos identificados usando la probabilidad relativa de ocurrencia, el impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos se presentan, así como otros factores, tales como el plazo de respuesta y la tolerancia al riesgo por parte de la organización asociados con las restricciones del proyecto en cuanto costos, cronograma, alcance y calidad. Estas evaluaciones reflejan la actitud frente a los riesgos, tanto del equipo de proyecto como de otros interesados. (PMBOK, 2008)

Existen varias técnicas para realizar el análisis cualitativo de riesgos. El PMBOK describe, entre otras, las siguientes:

2.2.2.1 Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos

La evaluación de la probabilidad de los riesgos estudia la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico. La evaluación del impacto de los riesgos investiga el efecto potencial de los mismos sobre un objetivo del proyecto, tal como el cronograma, el costo, la calidad o el desempeño, incluidos tanto los efectos negativos en el caso de las amenazas, como positivos, en el caso de oportunidades.

Para cada riesgo identificado, se evalúan la probabilidad y el impacto. Los riesgos pueden evaluarse en entrevistas o reuniones con participantes seleccionados. Entre ellos, se incluyen los miembros del equipo del proyecto y, quizás, expertos que no pertenecen al proyecto.

2.2.2.2 Matriz de Probabilidad e Impacto

Los riesgos pueden priorizarse para hacer un análisis cuantitativo posterior y elaborar respuestas basadas en su calificación. Habitualmente, la evaluación de la importancia de cada riesgo y, por consiguiente, de su prioridad de atención, se efectúa utilizando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto (figura 4). Dicha matriz especifica las combinaciones de probabilidad e impacto que llevan a calificar los riesgos con una prioridad baja, moderada o alta.

Probability and Impact Matrix

Probability	Threats					Opportunities				
	0.90	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09
0.70	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
0.50	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
0.30	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
0.10	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05

Impact (relative scale) on an objective (e.g., cost, time, scope or quality)

Figura 4. Matriz de probabilidad e impacto.

Fuente: PMBOK 2008.

Una organización puede calificar un riesgo por separado para cada objetivo (costo, tiempo y alcance). Además, puede desarrollar formas de determinar una calificación general para cada riesgo. Puede elaborarse un esquema de calificación para el proyecto global, con el propósito de reflejar la preferencia de la organización por un objetivo determinado sobre otros.

2.2.2.3 Categorización de riesgos

Los riesgos del proyecto pueden categorizarse por fuentes de riesgo (por ejemplo utilizando la Estructura de División de Riesgos), por área del proyecto afectada (utilizando la Estructura de División del Trabajo) u otra categoría útil (por ejemplo fase del proyecto) para determinar qué áreas del proyecto están más expuestas a los efectos de la incertidumbre. La agrupación de los riesgos en función de sus causas comunes puede llevar al desarrollo de respuestas efectivas a los riesgos.

2.2.3 Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo de riesgos es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. Este proceso se aplica a los riesgos priorizados mediante el análisis cualitativo por tener un posible impacto significativo sobre las demandas concurrentes del proyecto. Puede utilizarse para asignar a esos riesgos una calificación numérica individual o para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan el proyecto (PMBOK, 2008).

Por lo general, el proceso de análisis cuantitativo se realiza después del análisis cualitativo de riesgos. En algunos casos, es posible que el análisis cuantitativo no sea necesario para desarrollar una respuesta efectiva a los riesgos. La disponibilidad de tiempo y presupuesto, así como la necesidad de declaraciones cualitativas o cuantitativas acerca de los riesgos y sus impactos, determinarán qué métodos emplear para un proyecto en particular (PMBOK, 2008).

El PMBOK 2008 explica algunas técnicas para realizar el análisis cuantitativo de riesgos. Algunas de éstas se detallan a continuación.

2.2.3.1 Técnicas de recopilación y representación de datos

- **Distribuciones de probabilidad:** Las distribuciones continuas de probabilidad, utilizadas ampliamente en el modelado y simulación, representan la incertidumbre de los valores tales como las duraciones de las actividades del cronograma y los costos de los componentes del proyecto. La figura 5 muestra dos ejemplos de distribuciones continuas ampliamente usadas

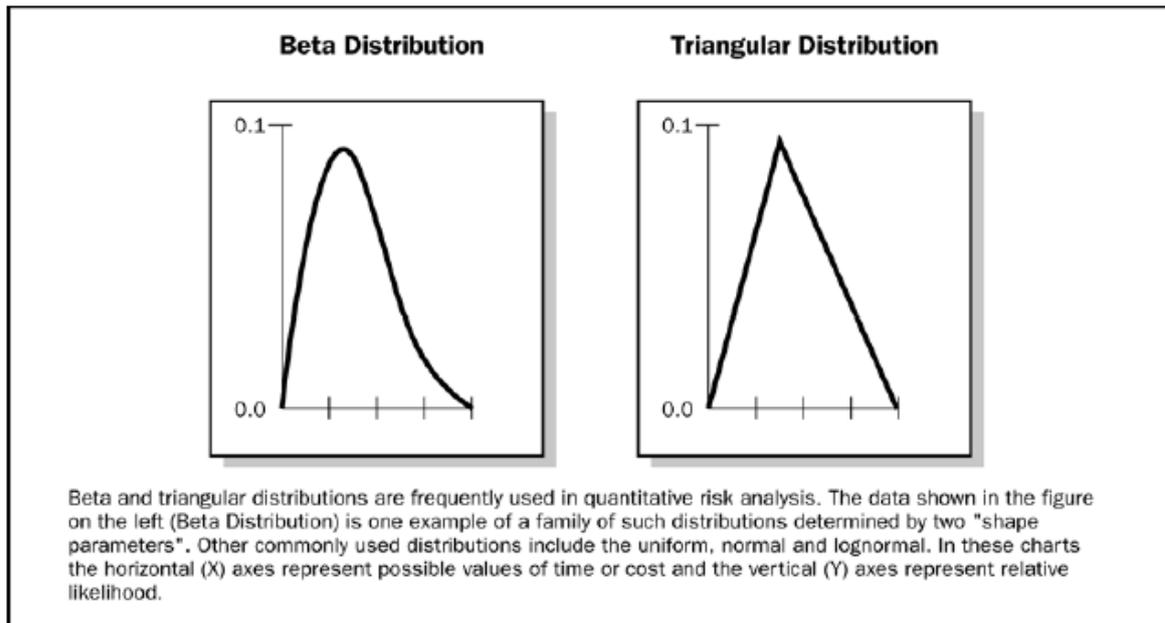


Figura 5. Distribución Beta y Triangular.

Fuente: PMBOK 2008.

2.2.3.2 *Técnicas de análisis cuantitativo de riesgo y modelado*

- **Análisis de sensibilidad:** El análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué riesgos tienen un mayor impacto potencial en el proyecto. Este método evalúa el grado en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta el objetivo que está siendo examinado, cuando todos los demás elementos inciertos se mantienen en sus valores de línea base. Una representación típica del análisis de sensibilidad es el diagrama con forma de tornado.

- Modelado y simulación: Una simulación de proyecto utiliza un modelo que traduce las incertidumbres detalladas especificadas del proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones iterativas se realizan habitualmente utilizando la técnica Monte Carlo. Otra técnica utilizada es la hipercurbo latino. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones, se calcula una distribución de probabilidad (por ejemplo el costo total o la fecha de conclusión). Por ejemplo, para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RIESGOS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

3.1 Identificación de riesgos

Para la identificación de los riesgos se pueden utilizar diferentes técnicas. La Guía del PMBOK 2008 enumera varias de estas técnicas, específicamente en el capítulo Gestión de Riesgos del Proyecto (capítulo 11). Una de estas herramientas es el análisis de Causa-Efecto.

La técnica de Causa-Efecto permite, mediante un análisis, identificar los posibles problemas o efectos de determinadas acciones, partiendo de factores que podrían producir estos problemas. Esta técnica se utilizó para la identificación de los factores de riesgo asociados a actividades de la construcción.

Para lograr el objetivo, se enumeraron los factores que, en un proyecto de construcción, podrían inducir a problemas o efectos inesperados. Estos son:

- Metodología
- Materiales
- Mano de obra
- Equipos y maquinaria

Para realizar el análisis se desarrollan tablas, en las cuales se hace un estudio sobre cómo los factores anteriormente mencionados pueden producir efectos negativos para los intereses del proyecto en cuanto a costo, tiempo y calidad. Las actividades a las que se les aplicará éste análisis son las siguientes:

- Trazo general (linderos, ejes)
- Fundaciones
- Colado de elementos de concreto reforzado
- Losas de concreto

- Mampostería
- Estructura metálica
- Paredes y divisiones de gypsum
- Enchapes
- Impermeabilización de losas

Estas actividades se escogieron debido a que son actividades típicas en un proyecto de construcción, o bien son representativas de los proyectos que actualmente ejecuta la Constructora Eliseo Vargas.

A continuación se muestra una de las tablas Causa-Efecto elaboradas. En la sección de anexos se presenta la totalidad de las tablas.

Cuadro 1. Análisis Causa-Efecto para la actividad "Colado de elementos de concreto reforzado"

Nombre de la actividad	Colado de elementos de concreto reforzado			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> Elementos de concreto reforzado colados en sitio (fundaciones, vigas, columnas, muros, losas) 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de encofrado, armadura, apuntalamiento Preparación de concreto Colado de concreto Desencofrado Curado 	<ul style="list-style-type: none"> Arena Piedra Cemento Aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> Operarios Ayudantes 	<ul style="list-style-type: none"> Mezcladora Vibrador Chompipa Pala Carretillo Herramientas albañilería

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Mala revisión de condiciones previas (armadura, encofrado)• Condiciones climáticas adversas afectan el rendimiento• Pruebas de resistencia de concreto no satisfactorias• Deficiencias en el vibrado del concreto				

3.2 Matriz Impacto-Frecuencia

La finalidad del análisis Causa-Efecto realizado, es poder determinar los riesgos asociados a las diferentes actividades, las cuales están relacionadas directamente con el Plan Genérico de Calidad, lo cual se discutirá en los siguientes apartados del trabajo.

Los riesgos obtenidos nos permitirán trabajar con otra herramienta importante del análisis de riesgos, lo cual es la matriz Impacto-Frecuencia. Por lo general, la evaluación de la importancia de cada riesgo y, por consiguiente, de su prioridad de atención, se efectúa utilizando una matriz de Impacto-Frecuencia. Dicha matriz especifica las combinaciones de impacto y frecuencia que llevan a calificar los riesgos con una probabilidad baja, moderada o alta.

La matriz Impacto-Frecuencia se realiza para cada una de las actividades de las cuales se obtuvieron los riesgos. Los riesgos se categorizan dependiendo del impacto que puedan tener sobre los objetivos del proyecto, asignándoles un peso ponderado. El objetivo es asignar un puntaje dependiendo del impacto que determinado riesgo pueda tener en la actividad estudiada. Además, se debe asignar un puntaje a la frecuencia con la que determinado riesgo se presenta.

Como resultado de esta matriz se obtiene un puntaje global de la actividad, con lo cual se puede concluir qué tan riesgosa es dicha actividad para el proyecto.

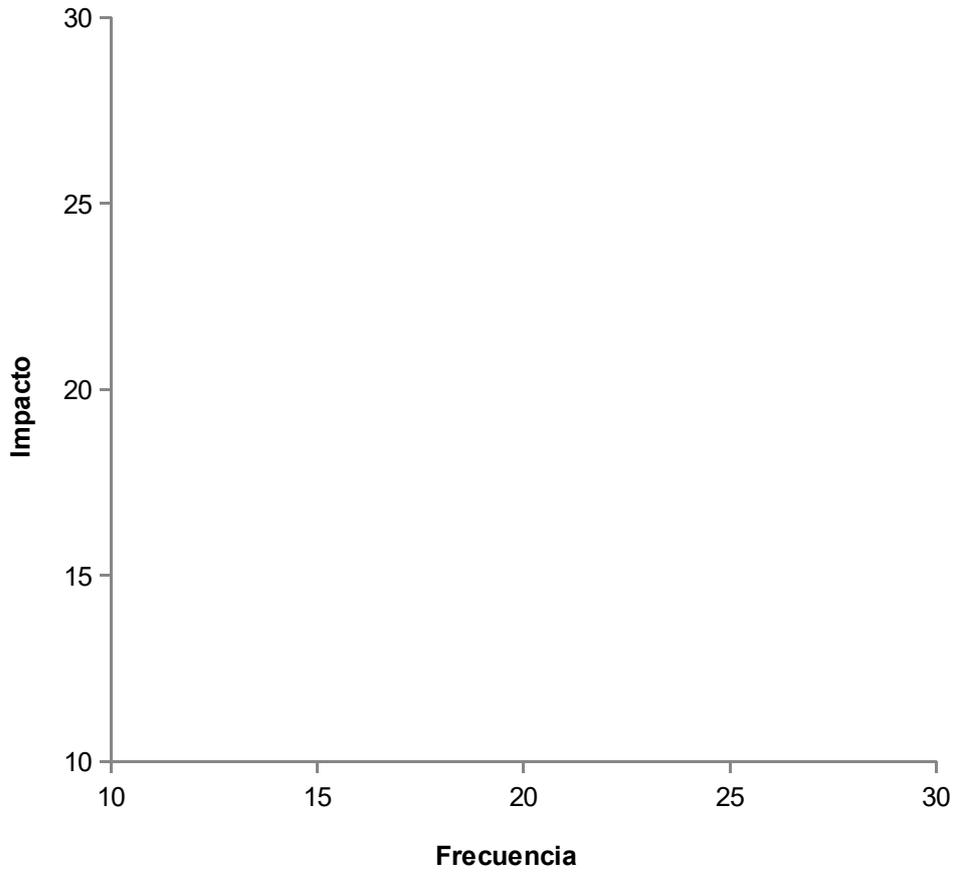
A continuación se muestra un ejemplo de la matriz impacto-frecuencia para una actividad analizada, así como su respectivo cuadro de puntaje. En la sección de anexos se presentan las tablas elaboradas para las diferentes actividades.

Cuadro 2. Matriz de impacto – frecuencia para la actividad “Colado de elementos de concreto reforzado”

Proyecto						
Monto estimado del proyecto (\$)						
Plazo estimado (meses)						
Presupuesto de la actividad (\$)						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Medianamente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Mala revisión de condiciones previas (armadura, encofrado)	1		0	1		0
Condiciones climáticas adversas afectan el rendimiento	3		0	3		0
Pruebas de resistencia de concreto no satisfactorias	4		0	4		0
Deficiencias en el vibrado del concreto	2		0	2		0
Puntaje total de peso calificado	0			0		

Cuadro 3. Conclusión de matriz impacto-frecuencia para la actividad “Colado de elementos de concreto reforzado”

Matriz de Impacto/Frecuencia: CONCLUSIÓN	
Valoración ponderada de Impacto	0



El resultado obtenido en el análisis anterior puede utilizarse para definir el índice de criticidad de una actividad. Es decir, el análisis cualitativo puede dar una idea sobre cuáles actividades tienen más impacto o son más representativas en determinado proyecto. Según lo expuesto en el cuadro 3, el cuadrante verde indica que la actividad tiene un menor impacto en el proyecto, los cuadrantes amarillos tienen un impacto moderado y el cuadrante rojo tiene un impacto mayor. Por lo tanto, se puede definir el índice de criticidad de la siguiente manera:



Figura 6. Definición de índice de criticidad.

Fuente: El autor.

3.3 Análisis cuantitativo de riesgos del proyecto

El análisis cuantitativo de riesgos se utiliza para determinar los valores más probables de los costos y tiempos del proyecto. Es decir, se utiliza para determinar cuáles son las probabilidades de lograr el proyecto en determinado costo y duración. Para este análisis, se utilizará la herramienta @Risk, versión 6.3.

La herramienta @Risk permite realizar simulaciones de diferentes escenarios a partir de ciertos valores de entrada. La técnica utilizada es la simulación de Monte Carlo. El análisis de riesgos muestra múltiples resultados posibles en una hoja de cálculo, e indica las probabilidades que hay de que se produzcan.

La simulación se basa en un modelo que debe ser construido por el usuario, en el que se indiquen los parámetros a evaluar. Para los efectos de este trabajo, el modelo está basado en las actividades propias de un proyecto de construcción. Las actividades bajo las cuales se realiza la simulación son las siguientes:

- Paredes de mampostería
- Colado de elementos de concreto reforzado
- Losas de concreto
- Mampostería
- Estructura metálica
- Paredes y divisiones de gypsum
- Demolición
- Impermeabilización de losas

Para el desarrollo del presente trabajo, se contempla realizar la simulación únicamente para los costos de las actividades anteriores, las cuales son las actividades más representativas del proyecto de Ampliación de Cuartos Refrigerados Auto Mercado S.A. Para estas actividades, se tienen los costos iniciales (presupuesto), los cuales sirven como punto de partida para la elaboración del modelo.

3.3.1 Definición del modelo

Para realizar el análisis cuantitativo de riesgos, lo primero que se debe hacer es definir el modelo base de costos. En este caso, el modelo base es el presupuesto elaborado por la Constructora Eliseo Vargas para el proyecto Ampliación de Cuartos Refrigerados, con fecha de febrero del 2014. El análisis se realizará únicamente para los costos directos del proyecto, específicamente materiales y subcontratos. En el cuadro 4 se resumen los costos directos del proyecto.

Cuadro 4. Modelo de costos a utilizar

Actividad	Materiales	Subcontratos
Paredes de mampostería	\$2.606,53	
Fundaciones	\$1.503,29	
Estructura metálica		\$19.878,30
Losas de concreto	\$48.786,23	
Demolición		\$6.547,00
Paredes de gypsum		\$1.185,00
Enchapes	\$1.475,00	
Impermeabilización de losas		\$900,00
	\$54.371.05	\$28.510.30

3.3.2 Asignación de distribuciones de probabilidad

Los costos de las actividades mostradas en el cuadro 4 tienen asociados un riesgo, el cual produce una incertidumbre. Para poder representar los datos anteriores en un modelo numérico, es necesario representar esa incertidumbre mediante una distribución de probabilidades.

Existen diversos tipos de distribuciones de probabilidad. Según Back (2000), la distribución que se utilice para la elaboración del modelo de costos de actividades de construcción, debe tener las siguientes propiedades:

- La distribución debe tener límites superior e inferior, entendiendo que en las actividades de construcción, existen valores máximos y mínimos para los diferentes rubros. Está claro que difícilmente esos valores se alcanzarán con exactitud.
- La distribución debe ser continua. Los costos de actividades de construcción no pueden representarse mediante distribuciones discretas, ya que los mismos pueden tomar cualquier valor posible dentro de límites razonablemente establecidos.
- La probabilidad de ocurrencia de un valor decrece conforme el mismo se acerca a los límites superior e inferior. Para los costos de actividades de construcción, la probabilidad de lograr un valor decrece cuando el mismo se acerca a un valor máximo o mínimo. Es poco probable alcanzar los valores máximos y mínimos previamente establecidos.
- La distribución debe ser unimodal. Para los costos de actividades de construcción existe un solo valor más probable (llamado también moda).
- La distribución debe permitir una forma asimétrica, debido a que en actividades de construcción es más probable que los costos tiendan a ser más altos que bajos con respecto al valor estimado inicialmente.

Analizando diferentes distribuciones de probabilidad, Back (2000) concluye que la distribución triangular es la que mejor se ajusta a las propiedades descritas anteriormente. Bajo este supuesto, en el desarrollo del modelo se utilizará la distribución de probabilidades triangular.

La figura 7 ilustra la forma general de una distribución triangular. En la misma se encuentran los parámetros que equivalen al mínimo (a), el máximo (b), y la moda, o valor más probable (m).

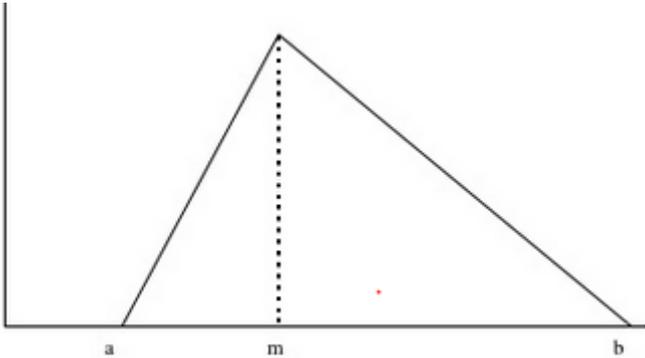


Figura 7. Forma general de distribución triangular.

Fuente: Back (2000).

Para poder utilizar una distribución triangular, se deben definir los valores máximo, mínimo y más probable. El valor más probable en este caso es el monto del presupuesto (o monto base). Existen algunos métodos para definir los valores del máximo y mínimo.

Una manera de establecer los valores del límite superior e inferior es definir los porcentajes en los cuales variarán los costos de las actividades de construcción (monto en el que variará el monto de presupuesto o monto base). Estos porcentajes deben ser definidos por el equipo del proyecto y/o la gerencia de la empresa.

Otra manera de definir las variaciones en los costos es utilizando información histórica de la empresa constructora. Esta información proviene de los proyectos ejecutados por la empresa con características similares.

En el presente estudio, la asignación de estos valores se realizará mediante la definición de porcentajes. Se analizarán dos casos, en los cuales el límite inferior, límite superior y valor más probable, corresponden al mínimo, el máximo y la moda (respectivamente) de una distribución triangular.

- **Caso 1:** Se considera un porcentaje de variación de 5% para el límite inferior, y de un 10% para el límite superior. A continuación se muestran los valores de entrada para este primer análisis:

Cuadro 5. Caso 1: Datos de entrada al programa @Risk

	Actividad	Monto base	%de variación límite inferior	Límite inferior	Costo más probable	%de variación límite superior	Límite superior
Actividades propias	Paredes de mampostería	\$ 2.606,53	5,0%	\$ 2.476,20	\$ 2.606,53	10,0%	\$ 2.867,18
	Fundaciones	\$ 1.503,29	5,0%	\$ 1.428,13	\$ 1.503,29	10,0%	\$ 1.653,62
	Losas de concreto	\$ 48.786,23	5,0%	\$ 46.346,92	\$ 48.786,23	10,0%	\$ 53.664,85
	Enchapes	\$ 1.475,00	5,0%	\$ 1.401,25	\$ 1.475,00	10,0%	\$ 1.622,50
Subcontratos	Estructura metálica	\$ 19.878,30	5,0%	\$ 18.884,39	\$ 19.878,30	10,0%	\$ 21.866,13
	Demolición	\$ 6.547,00	5,0%	\$ 6.219,65	\$ 6.547,00	10,0%	\$ 7.201,70
	Paredes de gypsum	\$ 1.185,00	5,0%	\$ 1.125,75	\$ 1.185,00	10,0%	\$ 1.303,50
	Impermeabilización de losas	\$ 900,00	5,0%	\$ 855,00	\$ 900,00	10,0%	\$ 990,00

- **Caso 2:** Se consideran porcentajes de variación diferentes para las actividades. A continuación se muestran los datos utilizados:

Cuadro 6. Caso 2: Datos de entrada al programa @Risk

	Actividad	Monto base	%de variación límite inferior	Límite inferior	Costo más probable	%de variación límite superior	Límite superior
Actividades propias	Paredes de mampostería	\$ 2.606,53	5,0%	\$ 2.476,20	\$ 2.606,53	5,0%	\$ 2.736,86
	Fundaciones	\$ 1.503,29	5,0%	\$ 1.428,13	\$ 1.503,29	15,0%	\$ 1.728,78
	Losas de concreto	\$ 48.786,23	10,0%	\$ 43.907,61	\$ 48.786,23	10,0%	\$ 53.664,85
	Enchapes	\$ 1.475,00	5,0%	\$ 1.401,25	\$ 1.475,00	10,0%	\$ 1.622,50
Subcontratos	Estructura metálica	\$ 19.878,30	5,0%	\$ 18.884,39	\$ 19.878,30	10,0%	\$ 21.866,13
	Demolición	\$ 6.547,00	5,0%	\$ 6.219,65	\$ 6.547,00	20,0%	\$ 7.856,40
	Paredes de gypsum	\$ 1.185,00	10,0%	\$ 1.066,50	\$ 1.185,00	20,0%	\$ 1.422,00
	Impermeabilización de losas	\$ 900,00	10,0%	\$ 810,00	\$ 900,00	5,0%	\$ 945,00

La asignación de porcentajes para los dos casos anteriores se realiza considerando lo siguiente:

- El porcentaje mínimo es de un 5%.
- Se supone que los costos de actividades de construcción tienden a ser más altos que bajos con respecto a un valor más probable. Por lo tanto, los porcentajes de cambio del límite superior son mayores que los del límite inferior.
- Algunos rubros de actividades relacionadas con acabados de construcción son mayores comparados con otros montos. Lo anterior debido a que el proyecto incluye remodelación de áreas existentes. Este tipo de trabajos comúnmente generan sobre costos debido a múltiples factores, por ejemplo solicitudes adicionales del cliente, cuidados especiales en determinadas zonas, gastos en demoliciones, detalles constructivos no indicados en planos, entre otros.

Con los valores definidos anteriormente, podemos definir las distribuciones triangulares, uno de los requisitos para definir el modelo y la entrada de datos en el programa @Risk 6.3.0.

Por ejemplo, para el caso 1, se tiene la siguiente distribución de probabilidad triangular, definida en @Risk, para la actividad "Paredes de mampostería".

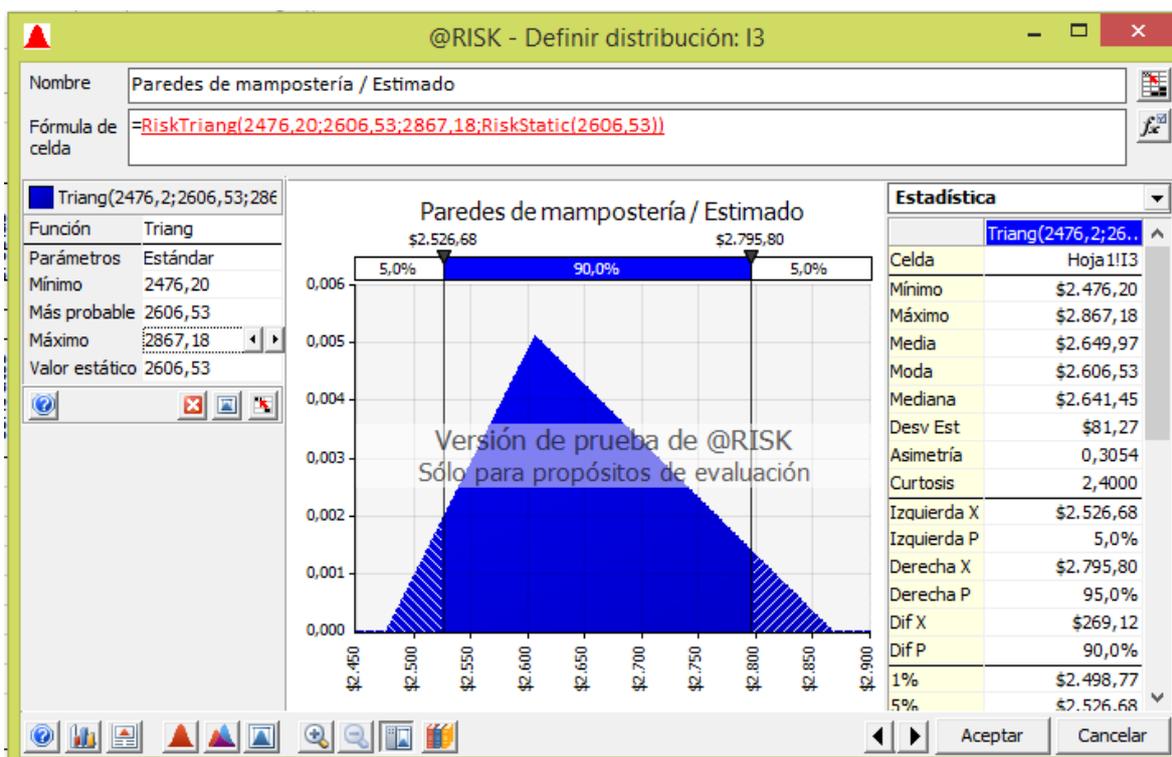


Figura 8. Distribución triangular para el costo de la actividad “paredes de mampostería”.

Fuente: @Risk.

Los valores que aparecen al lado izquierdo de la distribución triangular (mínimo, más probable y máximo) son los mismos valores que se tienen para esa actividad en el cuadro 5. Los mismos son digitados por el usuario.

El procedimiento anterior se repite para definir las distribuciones triangulares para todas las demás actividades. En la sección de anexos se presentan estas distribuciones.

3.3.3 Modelo y simulación

Una vez que se introducen al programa todos los valores de las distribuciones triangulares, el siguiente paso es la presentación del modelo final y la simulación. El cuadro 7 muestra los valores con los que @Risk realizará la simulación para el caso 1.

Cuadro 7. Caso 1: Modelo para inicio de simulación en @Risk.

	Actividad	Monto base	% de variación límite inferior	Límite inferior	Costo más probable	% de variación límite superior	Límite superior	Estimado
Actividades propias	Paredes de mampostería	\$ 2.606,53	50%	\$ 2.462,0	\$ 2.606,53	100%	\$ 2.867,18	\$ 2.659,60
	Funciones	\$ 1.538,29	50%	\$ 1.488,13	\$ 1.538,29	100%	\$ 1.636,2	\$ 1.495,15
	Los de concreto	\$ 4.876,23	50%	\$ 4.636,92	\$ 4.876,23	100%	\$ 5.366,85	\$ 5.049,06
	Entradas	\$ 1.450,0	50%	\$ 1.401,25	\$ 1.450,0	100%	\$ 1.622,50	\$ 1.488,6
Subcontratos	Estructura metálica	\$ 1.988,30	50%	\$ 1.884,39	\$ 1.988,30	100%	\$ 2.186,13	\$ 1.936,40
	Demolición	\$ 657,00	50%	\$ 629,65	\$ 657,00	100%	\$ 720,70	\$ 676,48
	Paredes de yeso	\$ 1.185,00	50%	\$ 1.125,75	\$ 1.185,00	100%	\$ 1.308,50	\$ 1.269,5
	Implementación de los	\$ 900,00	50%	\$ 855,00	\$ 900,00	100%	\$ 990,00	\$ 955,8

La columna "Estimado" representa la estimación que hace el programa para los valores de entrada que se necesitan para hacer la simulación. @Risk permite que este valor sea igual al valor estimado (en el caso de "paredes de mampostería" sería \$ 2.606,53), o permite tomar cualquier valor de entrada, mientras esté dentro de los límites definidos anteriormente. En este caso, el valor de entrada que el programa asigna es de \$ 2.659,60. Lo mismo sucede con las demás actividades.

En el cuadro 8 se muestran los resultados para el caso 2. Como se puede apreciar, al igual que en el caso 1, los valores de entrada de la columna "estimado" presentan variaciones con respecto al valor más probable.

Cuadro 8. Caso 2: Modelo para inicio de simulación en @Risk

	Actividad	Monto base	% de variación	Límite inferior	Costo más probable	% de variación	Límite superior	Estimado
Actividades propias	Países de América	\$ 26653	50%	\$ 24620	\$ 26653	50%	\$ 27686	\$ 25298
	Funciones	\$ 15329	50%	\$ 14813	\$ 15329	150%	\$ 17878	\$ 16684
	Locales de campo	\$ 48623	100%	\$ 489761	\$ 48623	100%	\$ 566485	\$ 470698
	Equipos	\$ 14500	50%	\$ 140125	\$ 14500	100%	\$ 16220	\$ 14511
Subcontratos	Estructura metálica	\$ 198830	50%	\$ 188439	\$ 198830	100%	\$ 218613	\$ 193724
	Demolición	\$ 654700	50%	\$ 62965	\$ 654700	200%	\$ 78640	\$ 71485
	Países de Europa	\$ 118500	100%	\$ 106650	\$ 118500	200%	\$ 142200	\$ 13888
	Implementación de obras	\$ 9000	100%	\$ 8000	\$ 9000	50%	\$ 9500	\$ 8032

El siguiente paso en el proceso es la simulación, y los resultados que se obtienen de la misma. El programa permite escoger entre diversas opciones de gráficos que facilitan la interpretación y análisis de los resultados de la simulación. Por ejemplo, la figura 9 representa la curva acumulada de probabilidades. Este gráfico muestra diversos resultados, entre ellos la probabilidad que tendremos de alcanzar el valor del presupuesto. En este caso, podemos ver que el monto base del presupuesto (\$ 82.881,35) tiene un 41% de probabilidades de ser alcanzado. Vemos también que, para tener una confianza del 95%, el valor del presupuesto debe ser \$ 86.696, aproximadamente \$ 4.000 más que el monto base.

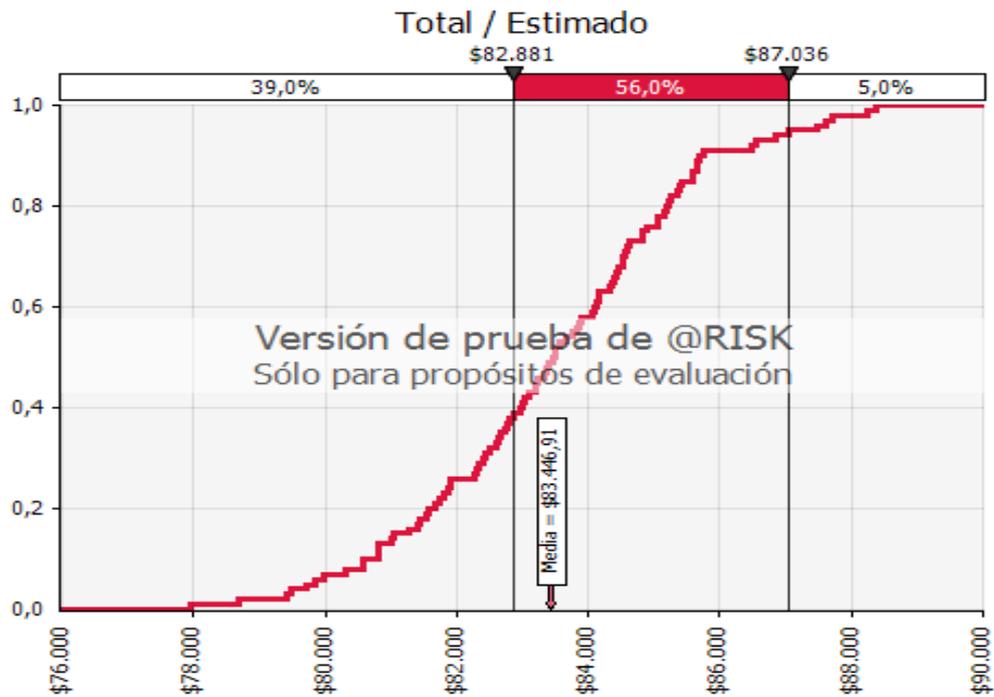


Figura 9. Curva acumulada de probabilidades para el caso 1 de costos.

Fuente: @Risk.

Otro de los resultados importantes que despliega la simulación es el gráfico de sensibilidad tipo tornado, el cual se muestra a continuación.

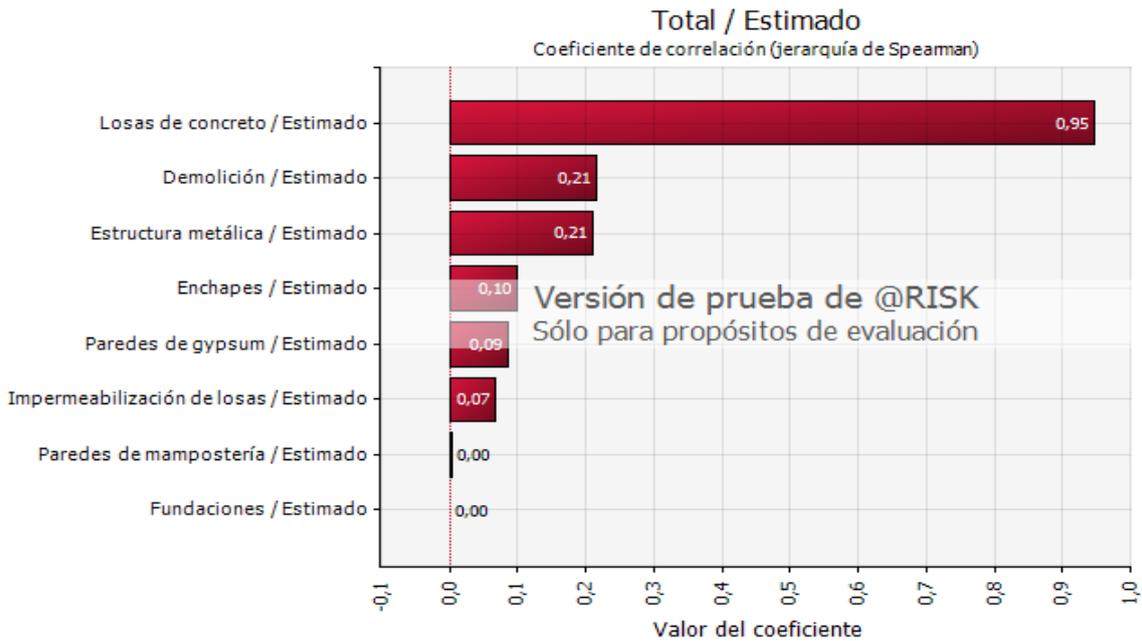


Figura 10. Caso 1: Coeficiente de correlación para las actividades.

Fuente: @Risk.

Este gráfico tipo tornado nos presenta que la actividad que impacta mayormente al costo total del proyecto es la construcción de losas de concreto. Actividades como las paredes de gypsum presentan valores de correlación levemente mayores a otras actividades, por ejemplo paredes de mampostería.

El gráfico de coeficiente de correlación sirve para definir el nivel de riesgo de las diferentes actividades. Este resultado se puede utilizar para definir si se utiliza una lista de verificación o validación.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LISTAS DE VERIFICACIÓN

4.1 Introducción

El objetivo principal del presente trabajo es el desarrollo de una metodología para la elaboración de listas de verificación, es decir, estandarizar un método para que pueda ser utilizado como base para el desarrollo de futuras listas de verificación, tanto para otras actividades relacionadas al desarrollo de un proyecto, como para empresas constructoras que tengan como objetivo implementar un sistema de gestión de calidad.

Para el desarrollo de esta metodología, se toma como punto de partida el Plan Genérico de Calidad de la Constructora Eliseo Vargas.

4.2 Plan Genérico de Calidad

El Plan Genérico de Calidad es el documento general en el que se describen las diferentes actividades que se realizan en los proyectos de construcción de la empresa, así como los parámetros y criterios que deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuando deben aplicarse en un proyecto, para garantizar la calidad de la obra.

El documento del Plan de Calidad es un plan general que puede ser utilizado en cualquier proyecto de construcción. Sin embargo, es responsabilidad del director del proyecto revisarlo y ajustarlo para que se acople a las necesidades específicas de cada obra, antes del inicio de la misma, o bien, durante su desarrollo.

En la siguiente tabla se muestra de manera general la estructura del Plan Genérico de Calidad de la Constructora Eliseo Vargas.

A continuación se describen las diferentes variables del Plan de Calidad.

4.2.1 Nombre de la actividad

Describe el nombre general de la actividad. Las actividades incluidas en el Plan Genérico de calidad son las principales actividades de un proyecto de construcción. Estas actividades se pueden dividir en otras sub actividades, esto con la idea de que el control de la calidad sea lo más detallado y minucioso posible.

4.2.2 Parámetros a inspeccionar

Son los puntos específicos que se revisarán. Estos deben reflejar las verdaderas necesidades del proyecto en cuanto al control de calidad, por lo que es importante la revisión previa al inicio de las obras. La cantidad de parámetros pueden ser tan extensos como el proyecto así lo demande. Estos parámetros están vinculados a códigos o normas que se deben cumplir, con las cuales se evaluarán las actividades y se tendrá un criterio de aceptación para las mismas.

4.2.3 Grado o índice de criticidad

Es un valor numérico que se le da al impacto que determinada acción pueda tener en el proyecto, viéndose el proyecto afectado en sus objetivos de costo, duración o tiempo. En el presente trabajo, el grado de criticidad está ligado al análisis de riesgos que se realizará para las actividades.

4.2.4 Códigos, normas y documentos aplicables

Se refiere a los códigos y normas, tanto nacionales como internacionales, con las cuales se puede evaluar y comparar los resultados obtenidos en la obra, a fin de determinar si cumplen con estándares de calidad.

Es importante la revisión de la normativa vigente para todos los parámetros a evaluar. Esta revisión incluye también el estudio minucioso de los planos de construcción y de las especificaciones técnicas, los cuales contienen la información más importante del proyecto, y servirán como parámetro para evaluar la calidad de la obra.

4.2.5 Criterios de aceptación

Son valores numéricos o criterios específicos que se toman de los códigos, normas, planos o especificaciones técnicas, con los cuales se evalúa finalmente la actividad. Estos criterios validarán el proceso realizado para las actividades a fin de que las mismas lleguen a su finalización, o denegarán la continuación y obligarán a tomar medidas para la corrección de los procesos.

En este punto es importante reconocer la importancia del aseguramiento de la calidad, en donde el seguimiento de los procesos de acuerdo a planos y especificaciones, asegura la calidad del proyecto, y garantiza la satisfacción del cliente con el producto final.

4.2.6 Tolerancia del criterio de aceptación

La tolerancia es la medida de la flexibilidad que se va a respetar para validar o no un determinado proceso. Esta tolerancia se puede tomar de los códigos, normas, planos o especificaciones técnicas, así como de criterios de diseño particulares o de las condiciones específicas del proyecto.

4.2.7 Frecuencia de inspección

Es la cantidad de veces o el momento en que se debe aplicar el control de calidad. Esta frecuencia puede estar relacionada al grado de criticidad de la actividad, entendiéndose que a mayor criticidad, mayor es el control que se debe tener sobre determinado proceso.

La frecuencia de inspección debe ser definida por el director de obra, en conjunto con el equipo de trabajo del proyecto, en el momento de ejecutar el Plan de Obra.

4.2.8 Equipo de medición

Es el equipo necesario para la evaluación de los diferentes procesos. Puede ser equipo de uso personal (por ejemplo cinta métrica), equipo de la constructora o equipo externo especializado (equipos de laboratorio).

El equipo de medición debe determinarse de acuerdo a lo establecido en las normas y códigos consultados, los cuales definieron los criterios de aceptación. También puede determinarse por los responsables de la obra, determinando las necesidades de cada parámetro a evaluar.

4.2.9 Responsable en proyecto

Es la persona encargada de realizar el control de calidad para los procesos. Este control puede hacerse de forma manual (listas de control), o mediante el uso de medios digitales (por ejemplo tabletas).

La evaluación debe registrarse y almacenarse en los documentos del proyecto, o en carpetas compartidas del mismo (por ejemplo nubes electrónicas de datos). Lo anterior es importante para la identificación y trazabilidad de las diferentes etapas del proyecto, además de la retroalimentación que se puede obtener de los diferentes controles de la calidad.

4.2.10 Registro de calidad

Es el documentado registrado en el Sistema de Gestión de Calidad de la empresa. El fin del Plan Genérico de Calidad es mantener un registro que pueda ser utilizado en los diferentes proyectos (con las modificaciones pertinentes para cada obra) para garantizar la calidad, pero que pueda estar a la mano de los profesionales encargados. Es por esto que es importante el registro de los documentos, para así poder identificarlos y utilizarlos. Además, se obtiene una uniformidad en los documentos de la empresa, requisito fundamental para la implementación de sistemas de calidad.

4.2.11 Otros criterios

El Plan Genérico de Calidad puede ajustarse para cumplir con determinadas características del proyecto. Por ejemplo, se puede asociar a actividades del Unifomat – Masterformat, incluyendo en el Plan los códigos respectivos, y así poder relacionar el control de la calidad con diferentes elementos del proyecto, por ejemplo el presupuesto, el cronograma de obra, entre otros.

En el siguiente cuadro se presenta un extracto del Plan de Calidad de la Constructora Eliseo Vargas.

Cuadro 9. Extracto del plan genérico de calidad para la actividad "Mampostería"

UNIFORMAT - MASTERFORMAT	Grado de criticidad	Actividades	Parámetros a inspeccionar	Códigos y normas aplicables	Criterios de aceptación y unidad de medición	Tolerancia del criterio de aceptación	Frecuencia de inspección	Equipo de medición necesario	Responsable en proyecto	Registro de calidad
Mampostería										
		Mampostería de bloques	Resistencia bloques	MEIC 6293	133 kg/cm ² como promedio de 3 pruebas, ningún valor individual debe ser menor de 120 kg/cm ² medidos sobre el área neta del bloque	Valores mínimos de resistencia	Tres muestras de cada lote de 2000 bloques. Para lotes mayores de 2000 bloques se seleccionarán 5 muestras adicionales por cada 10 000 bloques.	Por laboratorio	ING	Lista de verificación de mampostería de bloques
			Resistencia del concreto a la compresión: relleno de celdas	ASTMC1019, ASTMC39	___kg/cm ²	Definir para cada proyecto	Definir para cada proyecto	Por laboratorio	ING	
			Revenimiento del concreto para el relleno de celdas	ASTMC143	___cm	+/- ___cm	Para concretos premezclados antes de cada chorrea. Para concretos fabricados en sitio, cada ___ batidas.	Cono de revenimiento y cinta métrica	MD	
			Resistencia del mortero de pega	ASTMC270, ASTMC109	___kg/cm ²	Valor mínimo de resistencia	Definir para cada proyecto	Por laboratorio	ING	
			Curado del muro de bloques de concreto	NA	Inspección visual, superficies de los elementos de concreto húmedas durante 7-8 días dependiendo de las condiciones climáticas	NA	Diaria para todas las paredes de mampostería durante el tiempo establecido en el criterio de aceptación	NA	Antes del montaje de mampostería: bodeguero. Después del montaje: MD.	
			Montaje de mampostería	Código Sísmico Anexo A	Definidos en la lista de validación de mampostería de bloques	Para todas las paredes de mampostería	Definir para cada proyecto	NA	MD	
			Colocación del acero vertical y horizontal							

4.3 Elaboración de listas de verificación de proyecto

El Plan de Calidad generado para el proyecto reúne la información necesaria para la elaboración de las listas de verificación. Las listas de verificación se realizan para cada una de las actividades que se van a controlar a lo largo del desarrollo del proyecto. Es importante mencionar que el Plan de Calidad genérico de la empresa constructora puede contener actividades que no se van a controlar en determinado proyecto, ya que no entran dentro de los objetivos principales del proyecto. Es responsabilidad del equipo de proyecto, realizar un análisis de las actividades que se van a controlar.

Los datos contenidos en el plan de calidad reflejan la estructura de las listas de verificación y validación. Se realiza una lista por cada actividad, cada una de las cuales se divide en las diferentes sub actividades que se llevan a cabo para completar la actividad. Las actividades son, en realidad, los productos entregables. Los proyectos de construcción se componen de diferentes productos entregables, que una vez terminados conforman el producto final global: el proyecto entregado al cliente. Por lo tanto, lo que se va a verificar y/o validar son los diferentes productos entregables.

Por ejemplo, en la actividad "Fundaciones Convencionales", el producto entregable es la fundación que se va a construir. Se pueden identificar, de manera general, las siguientes actividades, las cuales se llevan a cabo para lograr el producto final:

- Trazo
- Excavación
- Sustituciones y/o sellos
- Acero de refuerzo
- Encofrado
- Colado de concreto

Para cada una de estas actividades se tienen los diferentes parámetros a inspeccionar. Estos parámetros son los puntos específicos que se van a verificar, siguiendo los códigos y normas, criterios y tolerancias de aceptación, respetando las frecuencias de inspección. Todo lo anterior establecido en el Plan de Calidad.

La lista de verificación debe contener información importante que sirva, en primera instancia, como descripción del elemento, actividad o producto que se va a inspeccionar. Además de esto, es importante para la trazabilidad del producto, diferenciando la actividad o proceso de otros en el mismo proyecto. Esto es importante en el momento en el que se quiera identificar y analizar qué fue lo que pasó en las diferentes actividades del proyecto, a fin de determinar posibles causas de errores o productos no conformes. Los siguientes rubros pueden incluirse en una lista de verificación como información básica preliminar:

- Proyecto:
- Actividad a inspeccionar:
- Código (según tipo de elemento):
- Plano N°:
- Ubicación del elemento (Nivel, eje, otra):
- Elaborado por:
- Fecha:
- Tipo de elemento:

El rubro "Elaborado por" define a la persona que va a realizar la inspección. Esta persona debe ser autorizada por el director del proyecto para la aplicación de la lista de verificación, entendiéndose que es una persona capacitada para la correcta aplicación de la misma. En un proyecto puede haber una o más personas autorizadas a aplicar listas de verificación.

La lista de verificación incluye la evaluación de riesgo realizada en el análisis cualitativo de los mismos, mediante el cuadro de índice de criticidad expuesto anteriormente en este trabajo. Además, se incluye una casilla con la indicación del coeficiente de correlación, otro de los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de riesgos.

A continuación se presenta un cuadro con la información mínima que debe contener una lista de verificación.

Cuadro 10. Ejemplo de contenido y formato de lista de verificación para la actividad "Fundaciones".

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar:	Fundaciones	Elaborado por:	
Código:		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Fie/Otra):			

Índice de criticidad	
Coefficiente de correlación	

Índice de criticidad	1	
	2	
	3	

Tipo de elemento:

Placa Aislada

Placa Corrida

Placa Potente

Otro: _____

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Tolerancia del criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
					SI	NO	
Trazo del elemento							
1	Trazo de acuerdo a dimensiones y ubicación de ejes, según planos	Plano No. ____	Según planos	Ninguna			
Excavación							
2	Verificar la distancia en la cual el material excavado es depositado con respecto a la zanja.	CCCR2010, Apart. 6.6, inciso e	____ cm	Mínimo 60 cm del borde de la zanja.			
3	Conocer el destino final del material de corte.	Reglamento de construcción, Plan Regulador	Presentación de certificado de botadero	Ninguna			
Post Excavación							
4	Corroborar dimensiones de placas	Plano No. ____	____ m	≤5 cm mayor a esto formatear			
5	Corroborar la profundidad de desplante	Plano No. ____	____ m	≤5 cm			
6	Verificar si hay presencia de terreno vegetal	Plano No. ____	Inspección visual del encargado	Ninguna			

Como se muestra en el cuadro anterior, se agregan las columnas referentes al cumplimiento o no de los parámetros inspeccionados. En caso de cumplirse determinado rubro, se da por verificado el mismo. De lo contrario, se deben tomar las medidas correctivas para lograr el cumplimiento. Para esto, el ingeniero de proyecto debe reunirse con el maestro de obras o jefe de cuadrilla (en caso de actividades sub contratadas), analizar las causas del no cumplimiento, y plantear las acciones para lograr cumplir con los criterios y tolerancias de aceptación. En este punto es importante destacar que, el no cumplimiento de un parámetro, detiene el proceso para llegar a cabo la entrega del producto (actividad), y genera un producto no conforme.

Las casillas de índice de criticidad y coeficiente de correlación, se derivan del análisis de riesgos realizado para cada una de las actividades. Estos parámetros pueden servir para decidir si para una determinada actividad, se debe realizar una verificación o una validación.

Como se ha indicado anteriormente, el proceso de elaboración de una lista de verificación se desarrolla principalmente en la etapa de planeación del proyecto. Sin embargo, durante la ejecución del mismo, pueden surgir actividades que, en un inicio, no formaban parte del Plan de Calidad, pero por razones particulares se vuelve una actividad crítica para el proyecto. Bajo estas condiciones, el Director de proyectos debe incluir la actividad en el Plan de calidad, y confeccionar la lista de verificación respectiva. Este punto refleja el hecho de que, si bien es cierto el Plan de Calidad es una herramienta indispensable para el inicio del proyecto, el mismo puede sufrir variaciones, siempre y cuando la justificación de esto sea el alineamiento de nuevas actividades o procesos con la estrategia del proyecto, aspectos que sólo el Director puede autorizar.

El proceso de elaboración de una lista de verificación se puede resumir en el siguiente diagrama:

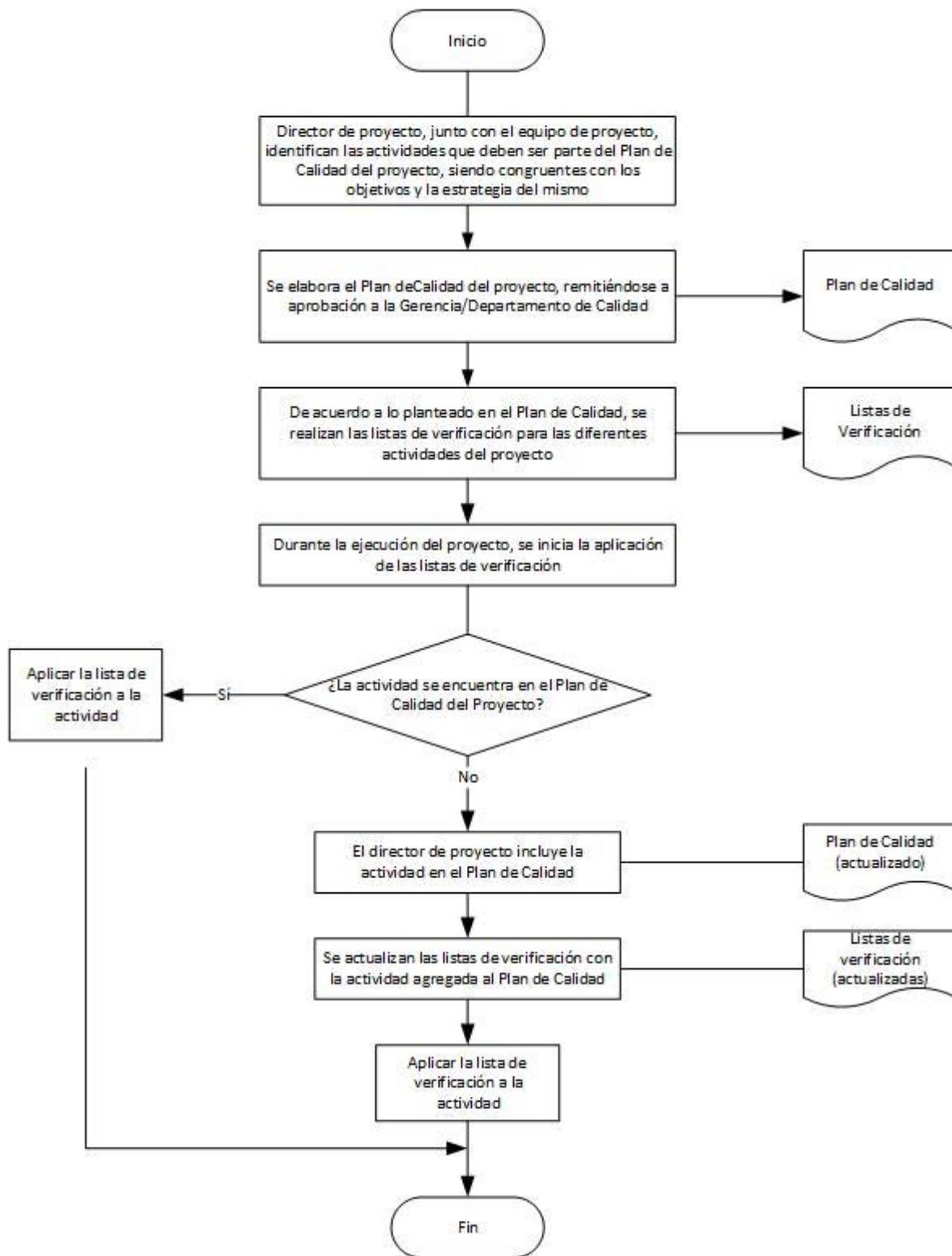


Figura 11. Diagrama de flujo para la elaboración de listas de verificación.

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DE LISTAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

5.1 Generalidades para aplicación de listas

La siguiente etapa del proceso de listas de verificación y validación consiste en la aplicación de las mismas en un proyecto de construcción. Como se ha mencionado anteriormente, el proceso de elaboración y aplicación de las listas tiene su origen en el Plan de Calidad del proyecto, el cual debe reflejar la manera en la que el proyecto ejercerá el control de calidad en los diferentes procesos constructivos. Es decir, las listas de verificación y validación deben ser un reflejo de los objetivos del proyecto en cuanto a términos de calidad, lo cual va ligado a la estrategia tanto de la obra en sí como a la de la empresa constructora.

La aplicación de las listas de verificación puede iniciar desde el momento de inicio del proyecto, dependiendo de lo establecido en el Plan de Calidad. La aplicación de las mismas debe estar a cargo de personal del proyecto, el cual tenga conocimiento de los alcances y objetivos del mismo. Además, este personal debe haber estudiado y entendido los planos y especificaciones técnicas.

El director de proyecto es el encargado de asignar a las personas que estarán autorizadas a aplicar las listas. Esta asignación debe darse idealmente antes del inicio de las obras. El personal autorizado comprende:

- Director de proyecto
- Gerentes de proyecto
- Ingenieros de proyecto
- Asistentes de Ingeniería
- Maestros de obras

El personal del departamento de calidad de la empresa constructora también puede realizar visitas a proyectos para aplicar listas de verificación. Lo anterior puede darse por motivos de una auditoría de calidad, para demostrar que se esté siguiendo lo acordado en el Plan de Calidad.

El formato de la lista de verificación incluye un espacio para la firma del responsable de validar la aplicación de la lista. Esta persona es asignada por el director de proyectos, y su firma representa la aceptación del producto que se está inspeccionando. El responsable de la firma (necesariamente un ingeniero de proyecto) debe revisar todas las listas que se realicen por otros miembros del equipo, a fin de verificar que todos los puntos parámetros fueron revisados y que todos cumplen con los criterios y tolerancias de aceptación.

5.2 Medios de aplicación

Las listas de verificación y validación se pueden aplicar mediante diferentes mecanismos. La forma tradicional de realizarlo es mediante la impresión del formato en una hoja. El encargado de la aplicación puede imprimir la lista de verificación y realizar la inspección, marcando las casillas del cumplimiento de cada parámetro evaluado, dependiendo de si el mismo cumple con lo requerido, o si por el contrario, no se da por válido. En caso de que no aplique la revisión del parámetro, se marca la casilla correspondiente.

La casilla de observaciones tiene una importancia notoria, ya que en la misma se deben anotar los aspectos específicos más relevantes del parámetro evaluado, principalmente si el mismo no está cumpliendo con lo requerido, es decir, las causas del no cumplimiento. También se puede utilizar para anotar algún aspecto que el aplicador de la lista considere necesario registrar, independientemente de si el parámetro cumple con lo especificado, o en el caso que no aplique la revisión.

Las herramientas digitales también pueden ser utilizadas para la aplicación de las listas de verificación. Estas herramientas (por ejemplo tabletas) son de fácil manipulación en proyectos de construcción, y permiten salvar inmediatamente los resultados de la inspección. Además de lo anterior, existen aplicaciones y programas que permiten crear documentos digitales tipo lista de chequeo, donde se marcan las casillas de cumplimiento únicamente, y permiten hacer anotaciones, por ejemplo en el espacio de "Observaciones".

La utilización de los diferentes métodos depende de las condiciones propias de cada proyecto.

5.3 Almacenamiento y resguardo de la información

Las listas de verificación y validación, una vez aplicadas, deben ser guardadas de alguna forma que permita su fácil acceso. Una de las maneras de realizar este resguardo de la información, es mantener un expediente de proyecto. En el mismo se pueden guardar todos aquellos documentos que se consideren importantes durante el desarrollo de la obra (por ejemplo solicitudes de aprobación de materiales, solicitudes de información a consultores, minutas de reunión, entre otros). Al guardar las listas de verificación de esta forma, se permite el acceso de la información durante el período de desarrollo del proyecto, y permite almacenar la información en un solo expediente cuando la obra ha concluido. Lo anterior es importante en términos de la trazabilidad de los diferentes procesos.

Las carpetas digitales pueden ser utilizadas también como medios de almacenamiento de la información. Las nubes de datos (por ejemplo Dropbox, Google Drive, entre otros) son utilizadas en la actualidad para resguardar la información. Además, permiten tener acceso a la misma desde cualquier lugar y en todo momento.

Esta es una alternativa muy viable, ya que se asegura el respaldo de la información en caso de pérdida del documento físico.

5.4 Ejemplo de aplicación

A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de lista de verificación, aplicado al proyecto "Ampliación de cuartos refrigerados y congelados" de la constructora Eliseo Vargas.

Los espacios deben estar llenados en su totalidad. La firma de la lista da validez de que la actividad cumple con lo especificado.

Proyecto:	S74 - Ampliación de Congelados y Refrigerados.		
Actividad a inspeccionar:	Trazo	Elaborado por:	Cristian Pardo Torres
Código:	Z 1050.20	Fecha:	30/05/2014
Plano(s) N°:	E5-01		
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra):	Entre ejes 1-2 (zona paralela)		

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Tolerancia del criterio de aceptación	Cumple			Observaciones
					SI	NO	N/A	
Actividades previas al trazado.								
1	Topógrafo cuenta con versión de planos y documentos vigentes.	Planos	Verificar en el registro R-CO-3.1.1 Control de versión de planos.	N/A			X	
2	Alineamiento y nivel oficial de la municipalidad.	Ley de Construcciones N° 833, Art. 18	Según lo establecido por la ley	N/A			X	
3	Alineamiento y retiro del MOPT	Ley General de Caminos Públicos N° 5060, Art 19	Según lo establecido por la ley	N/A			X	
4	Rectificación de linderos.	Plano Catastro	N/A	Ninguna			X	
Trazado								
5	Equipo de topografía bien posicionado.	N/A	Nivel de burbuja en el aparato centrado.	Burbuja al menos dentro del círculo			X	Referencia ejes ya existentes
6	Puntos de control topográfico	Plano de curvas de nivel	Debe de existir alguna referencia física en sitio (una cabeza de clavo o bien una tapa de alcantarilla, entre otros) según lo indique el plano de curvas de nivel.	Ninguna			X	Referencia ejes ya existentes
7	Trazo de ejes de construcción, de acuerdo con planos constructivos.	Planos	Con base en la versión actualizada del plano. Verificar en el registro R-CO-3.1.1 Control de versión de planos.	Ninguno	X			
8	Yuguetas ancladas firmemente y su pieza horizontal nivelada.	N/A		Ninguno	X			
9	Registrar punto de control topográfico inalterable en bitácora.	N/A	Revisión del encargado	N/A			X	
10	Aprobación del trazo en bitácora por parte de la inspección y el propietario.	N/A	Revisión del encargado	Ninguna	X			NO se cuenta con bitácora

Validación del producto			
Aprobado por Ingeniero supervisor:	Cristian Pardo T.	Firma	
Fecha:	21/05/2014		
Aprobado por Ingeniero Jefe de producción:	Cristian Pardo T.	Firma	
Fecha:	02/05/2014		

Notas:
 Toda información complementaria deberá anexarse al presente documento e incluirse en el archivo del proyecto.
 Todo no cumplimiento debe tratarse como "Producto No Conforme". Cuando cumpla, debe cambiarse el estado e indicar la firma del responsable en la línea.

Figura 12. Ejemplo de aplicación para la actividad "Trazo".

Fuente: El Autor.

5.5 Resultados y observaciones generales de la aplicación de listas de verificación y validación

La aplicación de listas de verificación arrojó una serie de resultados que son válidos de analizar. En la sección de anexos se presenta la totalidad de las listas aplicadas.

- Las listas de verificación para las diferentes actividades fueron de fácil aplicación, en el sentido de que los puntos a revisar son de rápido entendimiento por parte de una persona que esté relacionada con procesos constructivos.
- En el momento de aplicación de las listas se pueden presentar condiciones climáticas adversas (lluvia, viento) que pueden interrumpir o dificultar el correcto llenado de los formularios.
- La aplicación de las listas por parte de personal que no forme parte del equipo de ingeniería del proyecto (por ejemplo maestro de obra o segundo) debe dársele un seguimiento distinto, debido a que normalmente no están familiarizados con llevar un control de los diferentes procesos constructivos.
- El almacenamiento de las listas en un lugar seguro es de vital importancia, ya que por lo general en un proyecto de construcción se manejan gran cantidad de documentos de diversa índole, y pueden llegar a traspapelarse o confundirse.
- Los dispositivos digitales (por ejemplo tabletas) son herramientas que facilitan la aplicación de las listas. Sin embargo, en caso de condiciones climáticas adversas, también pueden llegar a presentar inconvenientes, ya que estos dispositivos son sensibles a la lluvia y otros factores como el polvo.
- La aplicación de listas se dificulta en condiciones de trabajos en alturas. El aplicador no tiene la misma facilidad para la revisión y llenado del formulario, por lo que es importante en estos casos que la inspección se realice con un acompañante, el cual pueda ir haciendo las anotaciones respectivas (por ejemplo ingeniero y maestro de obra o segundo).
- Utilizar registros fotográficos es una buena práctica para tener referencias y evidencias, no sólo del correcto desarrollo de los procesos constructivos, sino también de la correcta aplicación de las listas (confirmación o evidencia de que determinado parámetro se cumple).

- Las actividades que requieren alguna validación especial (por ejemplo pruebas de resistencia de concreto) son de vital trascendencia. Por lo tanto, se debe llevar un registro de cuáles listas se aplican, cuáles están completas, y a cuáles les falta algún requerimiento para ser completadas.
- Al inicio del proceso de aplicación de las listas, se debe poner atención en cómo se llenan los formularios, sobre todo para personas que no estén familiarizadas con la aplicación de listas, o para actividades poco comunes.
- Es importante guardar cualquier otra información complementaria a las listas, que puedan resolver cualquier conflicto o inconsistencia de las mismas, por ejemplo correos electrónicos, anotaciones en bitácora o en planos "línea roja", especificaciones técnicas, entre otros.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El trabajo permitió desarrollar una metodología para el desarrollo de listas de verificación y validación de actividades propias de un proyecto de construcción. Esta metodología sigue lineamientos propios de un proceso de aseguramiento de la calidad, mediante la norma INTE/ISO 9001:2008.
- La identificación de los principales procesos productivos es un procedimiento propio de cada proyecto de construcción. Esta identificación se debe realizar antes del inicio de la obra, y está muy ligada a la estrategia de control de calidad de la empresa constructora. Para cada obra, es necesario hacer un análisis de las principales actividades involucradas en el desarrollo del proyecto. Las actividades más significativas deben ser elegidas en cuanto a su impacto en los objetivos de costo, tiempo y calidad del proyecto. Debido a que cada proyecto de construcción es diferente, una actividad con alto impacto para un proyecto puede no tener la misma significancia en otro.
- El análisis de riesgos es una herramienta útil para la definición de las actividades que van a ser sometidas a verificación y/o validación. El análisis cualitativo del riesgo nos permite hacer un estudio de las actividades del proyecto, analizando qué factores pueden afectar los procesos. Este punto tiene una importancia significativa, debido a que, por un lado, permite conocer las causas más comunes por las que las actividades tienen dificultades a la hora de su ejecución. Por otro lado, al conocer estas causas, podemos priorizarlas de acuerdo al impacto que puedan tener sobre los objetivos del proyecto.
- El análisis cuantitativo de riesgos permite obtener datos más exactos del comportamiento de ciertas actividades durante el desarrollo del proyecto. Analizando, por ejemplo, los costos de las actividades más importantes del proyecto, podemos evaluar los impactos que las mismas pueden tener sobre los objetivos del proyecto. El software @Risk arroja información de mucha utilidad para determinar el impacto que las actividades pueden tener sobre la totalidad del proyecto. El coeficiente de correlación, por ejemplo, permite identificar aquellos procesos que eventualmente tendrán un impacto mayor.

- Las listas de verificación y validación desarrolladas forman parte de la documentación requerida para el cumplimiento de uno de los requisitos para la certificación de un sistema de gestión de calidad en una empresa. Las listas, además, aseguran la validación de las actividades más importantes para el desarrollo del proyecto.
- El desarrollo de las listas permite el análisis profundo de las actividades del proyecto. La importancia de este análisis radica en que en este se da la intervención del director del proyecto y la alta gerencia de la empresa. Gracias a esto, la alta gerencia puede asegurarse que se va a dar un control a los objetivos que se tienen sobre el proyecto (objetivos económicos, de calidad, de fortalecimiento de clientes, entre otros). La alta gerencia tiene, con estas listas, la trazabilidad de las actividades del proyecto, permitiendo una retroalimentación sobre lo que sucede o pudo suceder en determinado proceso.
- Al poder contar con un control sobre las actividades del proyecto, y sobre todo, un resguardo de la información, se logra que en futuros proyectos se revise la información de anteriores proyectos, y poder revisar las lecciones aprendidas que dieron problemas, y poderlos mejorar para futuros proyectos, fortaleciendo en la empresa el principio de mejora continua, pilar de los Sistemas de Gestión de la Calidad.

6.2 Recomendaciones

- Por la naturaleza de la industria de la construcción, muchos proyectos tienen fechas de inicio próximas. En este corto tiempo, se deben coordinar muchas actividades y procedimientos al mismo tiempo (cronograma, pólizas, permisos, logística de construcción, búsqueda de personal, entre otros). La elaboración del plan de calidad y de las listas de validación debe hacerse en este período de tiempo, ya que es el momento ideal para realizar el análisis de las actividades más importantes para el proyecto.
- En empresas donde se estén implementando Sistemas de Gestión de Calidad, es necesaria la existencia de un departamento o gerencia de calidad, que fiscalice que todos los procedimientos de control y verificación están acordes al Sistema de Gestión de Calidad y a los objetivos y metas de la compañía.
- En la mayoría de empresas constructoras no se tienen implementados mecanismos para la identificación y análisis de riesgos. Como se estudió en el presente trabajo, el riesgo es un factor que debe ser estudiado para cada proyecto. Por lo tanto, es importante incluir dentro de los objetivos de la alta gerencia un estudio de riesgos, así como un plan de respuesta a los mismos.
- Antes del inicio del proyecto, debe darse una capacitación al personal involucrado en la aplicación de listas de verificación y validación. De igual forma, durante el desarrollo del proyecto debe darse un seguimiento a los encargados de esta aplicación, para garantizar la correcta interpretación de las instrucciones en cada proceso constructivo.

BIBLIOGRAFÍA

Back, E., Boles, W. & Fry, G. (2000). Defining triangular probability distributions from historical cost data. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(1), 29-37.

Benavides, A. (2005). Análisis y manejo de riesgo en proyectos constructivos: caso de estudio proyecto hidroeléctrico Peñas Blancas. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC. (1996). Aplicación de los sistemas ISO 9000 de gestión de la calidad. Ginebra.

Cianfrani, C., Tsiakals, J., West, J. (2009) ISO 9001:2008 explained. Estados Unidos. American Society for Quality.

Constructora Eliseo Vargas & Asociados S.A. (2013). Manual de la Calidad.

Food and Drug Administration (FDA). (1997). Design control guidance for medical device manufacturers.

Food and Drug Administration (FDA). (2011). Process validation: general principles and practices.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2008). INTE/ISO 9001:2008.

Moreno, M., Peris, F. & González, T. (2001). Gestión de la calidad y diseño de organizaciones: teoría y estudio de casos. Madrid: Prentice Hall.

Navarro, L. (2005). Análisis del riesgo a la etapa de construcción de una edificación civil. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Oberlender, G. (2000). Project management for engineering and construction. New York: McGraw-Hill.

Project Management Institute, Inc. (PMI). (2008). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) – Cuarta Edición.

Thompson, P. & Perry, J. (1992). Engineering construction risks: a guide to project risk analysis and assessment implications for project clients and project managers. London: Thomas Telford.

ANEXO A

Tablas causa – efecto para identificación de riesgos

Cuadro A 1. Análisis causa – efecto para la actividad “Trazo General”

Nombre de la actividad	Trazo general (linderos, ejes)			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Trazo de linderos de la propiedad • Trazo de ejes del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación topográfica de linderos y ejes • Colocación de estacas y yuguetas 	<ul style="list-style-type: none"> • Madera 	<ul style="list-style-type: none"> • Topógrafo • Maestro de obras • Operarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de topografía

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Errores en interpretación de planos• Errores en la colocación de estacas y yuguetas• Equipo de topografía mal calibrado• Incongruencias entre planos y trazado en sitio				

Cuadro A 2. Análisis causa – efecto para la actividad “Fundaciones”

Nombre de la actividad	Fundaciones			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Excavación y colado de fundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Trazado • Excavación • Verificación de niveles • Pruebas de suelo • Rellenos y sustituciones • Acero de refuerzo • Colado de concreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Lastre • Acero • Concreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Operarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Retroexcavadora • Back hoe • Equipo de compactación (rodillo, compactador de bota)

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Baja capacidad soportante del suelo• Niveles de excavación erróneos• Deficiente compactación de material de relleno• Configuración errónea del acero de refuerzo				

- Baja capacidad soportante del suelo
- Niveles de excavación erróneos
- Deficiente compactación de material de relleno
- Configuración errónea del acero de refuerzo

Cuadro A 3. Análisis causa – efecto para la actividad “Mampostería”

Nombre de la actividad	Mampostería			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Paredes de mampostería 	<ul style="list-style-type: none"> • Alineamiento de paredes • Colocación de tubería electromecánica • Pega de bloques • Armadura horizontal y vertical • Relleno de celdas 	<ul style="list-style-type: none"> • Bloques de concreto • Cemento • Arena • Piedra • Acero 	<ul style="list-style-type: none"> • Operarios • Ayudantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcladora de concreto • Herramienta albañilería • Pala • Carretillo

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Mal alineamiento de paredes• Mala coordinación con el contratista electromecánico• Condiciones climáticas adversas afectan el rendimiento• Técnicas erróneas en la instalación del acero de refuerzo				

Cuadro A 4. Análisis causa – efecto para la actividad “Colado de elementos de concreto reforzado”

Nombre de la actividad	Colado de elementos de concreto reforzado			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> Elementos de concreto reforzado colados en sitio (fundaciones, vigas, columnas, muros, losas) 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de encofrado, armadura, apuntalamiento Preparación de concreto Colado de concreto Desencofrado Curado 	<ul style="list-style-type: none"> Arena Piedra Cemento Aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> Operarios Ayudantes 	<ul style="list-style-type: none"> Mezcladora Vibrador Chompipa Pala Carretillo Herramientas albañilería

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Mala revisión de condiciones previas (armadura, encofrado)• Condiciones climáticas adversas afectan el rendimiento• Pruebas de resistencia de concreto no satisfactorias• Deficiencias en el vibrado del concreto				

Cuadro A 5. Análisis causa – efecto para la actividad “Estructura metálica”

Nombre de la actividad	Estructura metálica			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de estructura metálica 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de perfiles • Apuntalamiento de perfiles • Soldadura de perfiles 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfiles de acero estructural • Pintura • Soldadura 	<ul style="list-style-type: none"> • Soldadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de soldar • Grúa • Sargentos, otros menores

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Espesor de pintura inferior al requerido• Soldadura deficiente o de calidad inferior a lo solicitada• Perfiles metálicos desalineados o desplomados• Bajo rendimiento de la cuadrilla				

Cuadro A 6. Análisis causa – efecto para la actividad “Losas de concreto”

Nombre de la actividad	Losas de concreto			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de losas de concreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Apuntalamiento • Colocación de entrepiso (metaldeck, bloques de concreto o estereofon) • Instalación de tubería electromecánica • Acero de refuerzo • Colocación de guías • Colado • Curado 	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto • Acero • Sistema de entrepiso • Tubería electromecánica 	<ul style="list-style-type: none"> • Albañiles • Peones • Fontaneros • Electricistas 	<ul style="list-style-type: none"> • Puntales

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Mal apuntalamiento de la losa• Deficiente nivelación en el colado provoca deformaciones en la losa• Mala coordinación con el contratista electromecánico• Deficiencia en el curado				

Cuadro A 7. Análisis causa – efecto para la actividad “Impermeabilización de losas”

Nombre de la actividad	Impermeabilización			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilización 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de superficie • Aplicación del impermeabilizante • Curado y secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilizante 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicos • Operarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Incorrecta aplicación del impermeabilizante• Tiempo de curado o secado insuficiente• Condiciones climáticas adversas.• Deficiente preparación de superficie				

Cuadro A 8. Análisis causa – efecto para la actividad “Enchapes”

Nombre de la actividad	Enchapes			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> Colocación de enchapes 	<ul style="list-style-type: none"> Preparación de superficie (limpieza, nivelación, impermeabilización) Colocación de mortero de pega Colocación de enchape Fraguado 	<ul style="list-style-type: none"> Mortero de pega Enchape Fragua 	<ul style="list-style-type: none"> Albañiles Ayudantes 	<ul style="list-style-type: none"> Máquina de cortar cerámica Herramientas albañilería

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Deficiente preparación de superficie• Mortero de pega de baja calidad• Personal poco capacitado utiliza técnicas erróneas• Mala coordinación de punto de inicio de colocación, ubicación de cuchillas, modulación de piezas				

Cuadro A 9. Análisis causa – efecto para la actividad “Paredes livianas”

Nombre de la actividad	Paredes y divisiones livianas			
	Recursos			
Descripción	Metodología	Materiales	Mano de obra	Equipo y maquinaria
<ul style="list-style-type: none"> • Paredes y divisiones livianas 	<ul style="list-style-type: none"> • Trazo • Instalación de estructura de soporte • Forro • Empastado y acabado 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfiles metálicos • Láminas de fibrocemento • Tornillería • Accesorios • Cintas tapa juntas 	<ul style="list-style-type: none"> • Operarios en gypsum 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor

Posibles factores de riesgo				
<ul style="list-style-type: none">• Errores en el trazado de paredes• Mala calidad de materiales• Materiales no apropiados para determinadas áreas (humedad, exteriores)• Acabado deficiente				

ANEXO B

Matriz impacto - frecuencia

Cuadro B 1. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Trazado"

Proyecto						
Monto estimado (\$)						
Plazo estimado (mes)						
Presupuesto de la actividad						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Medianamente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Errores en interpretación de planos	4		0	4		0
Incongruencias entre planos y trazado en sitio	3		0	3		0
Errores en la colocación de estacas y yuguetas	2			2		
Equipo de topografía mal calibrado	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado	0			0		

Cuadro B 2. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Fundaciones"

Proyecto	
-----------------	--

Monto estimado (\$)						
Plazo estimado (mes)						
Presupuesto de la actividad						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano o impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Mediana y frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Baja capacidad soportante del suelo	4		0	4		0
Deficiente compactación de material de relleno	3			3		
Configuración errónea del acero de refuerzo	2		0	2		0
Niveles de excavación erróneos	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

Cuadro B 3. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Mampostería"

Proyecto	
Monto	

estimado (\$)						
Plazo estimado (mes)						
Presupuesto de la actividad						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Mediana mente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Condiciones climáticas adversas afectan el rendimiento	4		0	4		0
Mal alineamiento de paredes	3		0	3		0
Mala coordinación con el contratista electromecánico	2		0	2		0
Técnicas erróneas en la instalación del acero de refuerzo	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

Cuadro B 4. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Colado de elementos de concreto reforzado"

Proyecto	
Monto estimado del proyecto (\$)	

Plazo estimado (meses)						
Presupuesto de la actividad (\$)						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Medianamente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Pruebas de resistencia de concreto no satisfactorias	4		0	4		0
Condiciones climáticas adversas afectan el rendimiento	3		0	3		0
Deficiencias en el vibrado del concreto	2		0	2		0
Mala revisión de condiciones previas (armadura, encofrado)	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado	0			0		

Cuadro B 5. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Estructura metálica"

Proyecto	
Monto estimado (\$)	
Plazo estimado (mes)	
Presupuesto de la actividad	

Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Medianamente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Soldadura deficiente o de calidad inferior a lo especificado	4		0	4		0
Bajo rendimiento de la cuadrilla de soldadores	3		0	3		0
Perfiles metálicos desalineados	2			2		
Espesor de pintura inferior al especificado	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

Cuadro B 6. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Losas de concreto"

Proyecto	
Monto estimado (\$)	
Plazo estimado (mes)	
Presupuesto de la actividad	
Peso de la actividad (%)	
	Puntaje
	Puntaje

	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano o impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Mediana y frecuente	Muy frecuente
Impacto			Frecuencia			
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Deficiente nivelación en el colado provoca irregularidades en la losa	4		0	4		0
Mal apuntalamiento de la losa	3		0	3		0
Deficiencia en el curado	2		0	2		0
Mala coordinación con el contratista electromecánico	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

Cuadro B 7. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Impermeabilización de losas"

Proyecto	
Monto estimado (\$)	
Plazo estimado (mes)	
Presupuesto de la actividad	
Peso de la actividad (%)	
	Puntaje
	Puntaje

	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano o impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Mediano y frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Deficiente preparación de superficie	4		0	4		0
Incorrecta aplicación del impermeabilizante	3		0	3		0
Tiempo de curado o secado insuficiente	2			2		
Condiciones climáticas adversas	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

Cuadro B 8. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Enchapes"

Proyecto						
Monto estimado (\$)						
Plazo estimado (mes)						
Presupuesto de la actividad						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3

	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Medianamente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		
Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Personal poco capacitado utiliza técnicas erróneas	4		0	4		0
Deficiente preparación de superficie	3			3		
Mala coordinación de punto de inicio de colocación, ubicación de cuchillas, modulación de piezas	2		0	2		0
Mortero de pega de baja calidad	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

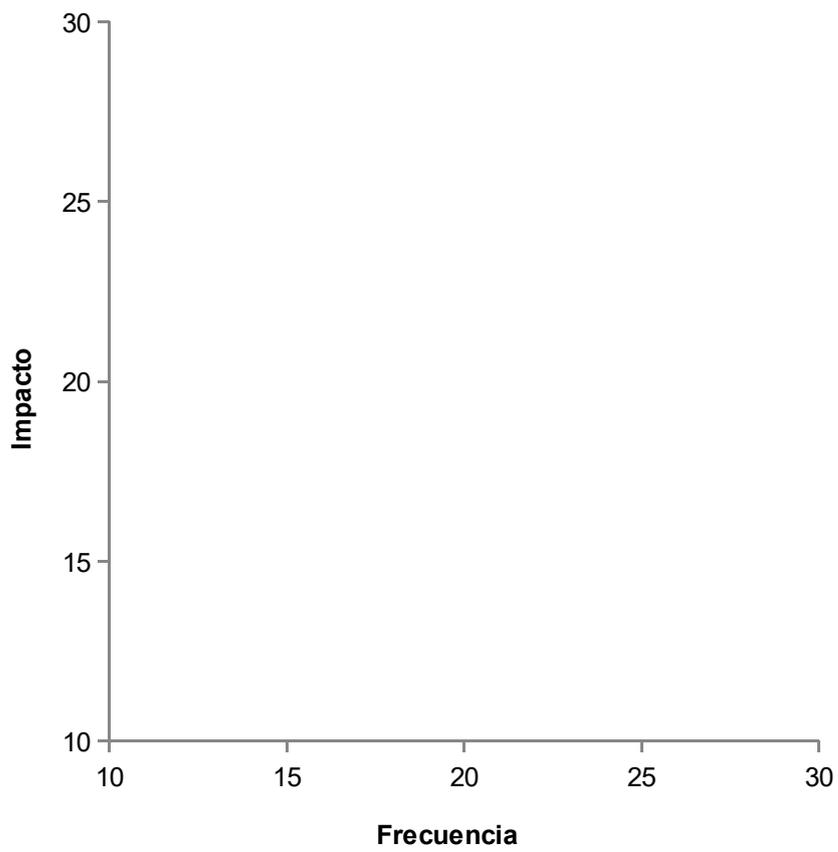
Cuadro B 9. Matriz impacto frecuencia para la actividad "Paredes livianas"

Proyecto						
Monto estimado (\$)						
Plazo estimado (mes)						
Presupuesto de la actividad						
Peso de la actividad (%)						
	Puntaje			Puntaje		
	1	2	3	1	2	3
	Bajo impacto	Mediano impacto	Alto impacto	Poco frecuente	Medianamente frecuente	Muy frecuente
	Impacto			Frecuencia		

Riesgo	Peso	Puntaje	Valoración	Peso	Puntaje	Valoración
Materiales no apropiados para determinadas áreas (humedad, exteriores)	4		0	4		0
Errores en el trazo de paredes	3		0	3		0
Calidad de materiales Inferior a lo especificado	2		0	2		0
Acabado deficiente	1		0	1		0
Puntaje total de peso calificado			0			0

Cuadro B 10. Matriz de conclusión general para las actividades

Matriz de Impacto/Frecuencia: CONCLUSIÓN	
Valoración ponderada de Impacto	
Valoración ponderada de Frecuencia	



ANEXO C

Modelo y resultados de simulación – Análisis cuantitativo de riesgos

Cuadro C 1. Caso 1. Modelo de costos

	Actividad	Monto base	% de variación límite inferior	Límite inferior	Costo más probable	% de variación límite superior	Límite superior	Estimado
Actividades propias	Paredes de mampostería	\$ 2.606,53	5,0%	\$ 2.476,20	\$ 2.606,53	10,0%	\$ 2.867,18	\$ 2.652,30
	Fundaciones	\$ 1.503,29	5,0%	\$ 1.428,13	\$ 1.503,29	10,0%	\$ 1.653,62	\$ 1.588,96
	Losas de concreto	\$ 48.786,23	5,0%	\$ 46.346,92	\$ 48.786,23	10,0%	\$ 53.664,85	\$ 51.180,06
	Enchapes	\$ 1.475,00	5,0%	\$ 1.401,25	\$ 1.475,00	10,0%	\$ 1.622,50	\$ 1.520,18
Sub contratos	Estructura metálica	\$ 19.878,30	5,0%	\$ 18.884,39	\$ 19.878,30	10,0%	\$ 21.866,13	\$ 20.364,65
	Demolición	\$ 6.547,00	5,0%	\$ 6.219,65	\$ 6.547,00	10,0%	\$ 7.201,70	\$ 6.568,77
	Paredes de gypsum	\$ 1.185,00	5,0%	\$ 1.125,75	\$ 1.185,00	10,0%	\$ 1.303,50	\$ 1.167,29
	Impermeabilización de losas	\$ 900,00	5,0%	\$ 855,00	\$ 900,00	10,0%	\$ 990,00	\$ 936,73

Cuadro C 2. Caso 2. Modelo de costos

	Actividad	Monto base	% de variación límite inferior	Límite inferior	Costo más probable	% de variación límite superior	Límite superior	Estimado
Actividades propias	Paredes de mampostería	\$ 2.606,53	5,0%	\$ 2.476,20	\$ 2.606,53	5,0%	\$ 2.736,86	\$ 2.684,47
	Fundaciones	\$ 1.503,29	5,0%	\$ 1.428,13	\$ 1.503,29	15,0%	\$ 1.728,78	\$ 1.512,38
	Losas de concreto	\$ 48.786,23	10,0%	\$ 43.907,61	\$ 48.786,23	10,0%	\$ 53.664,85	\$ 53.347,96
	Enchapes	\$ 1.475,00	5,0%	\$ 1.401,25	\$ 1.475,00	10,0%	\$ 1.622,50	\$ 1.453,47
Sub contratos	Estructura metálica	\$ 19.878,30	5,0%	\$ 18.884,39	\$ 19.878,30	10,0%	\$ 21.866,13	\$ 20.964,02
	Demolición	\$ 6.547,00	5,0%	\$ 6.219,65	\$ 6.547,00	20,0%	\$ 7.856,40	\$ 6.847,64
	Paredes de gypsum	\$ 1.185,00	10,0%	\$ 1.066,50	\$ 1.185,00	20,0%	\$ 1.422,00	\$ 1.186,47
	Impermeabilización de losas	\$ 900,00	10,0%	\$ 810,00	\$ 900,00	5,0%	\$ 945,00	\$ 909,28

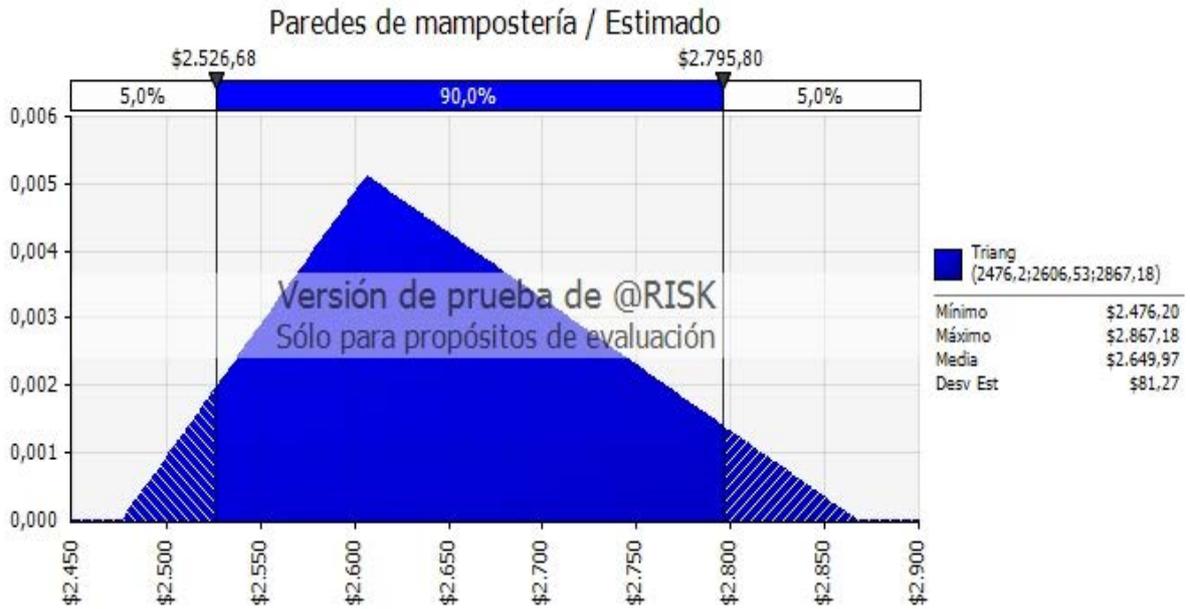


Figura C 1. Caso 1. Distribución triangular "Paredes de mampostería"

Fuente: @Risk.

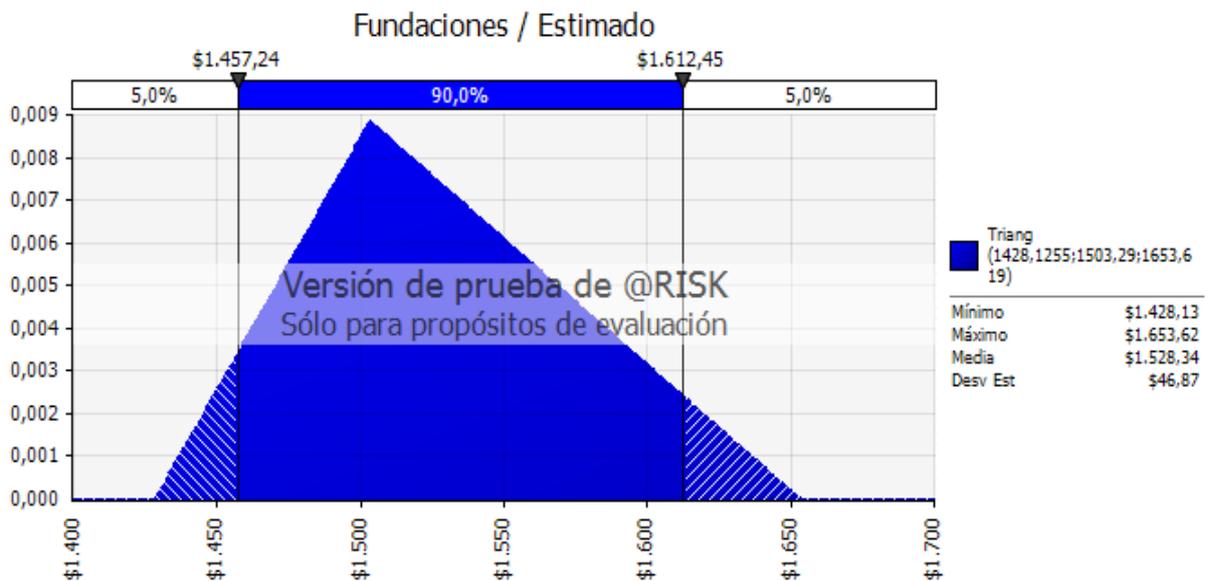


Figura C 2. Caso 1: Distribución triangular "Fundaciones"

Fuente: @Risk.



Figura C 3. Caso 1: Distribución triangular "Losas de concreto"

Fuente: @Risk

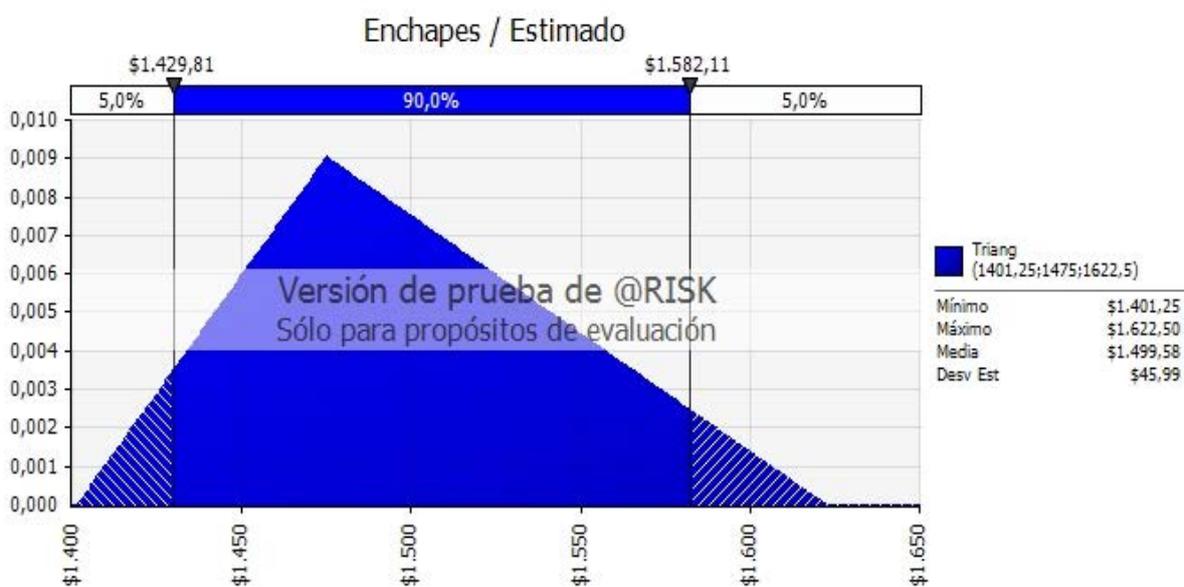


Figura C 4. Caso 1: Distribución triangular "Enchapes"

Fuente: @Risk



Figura C 5. Caso 1: Distribución triangular "Estructura metálica"

Fuente: @Risk

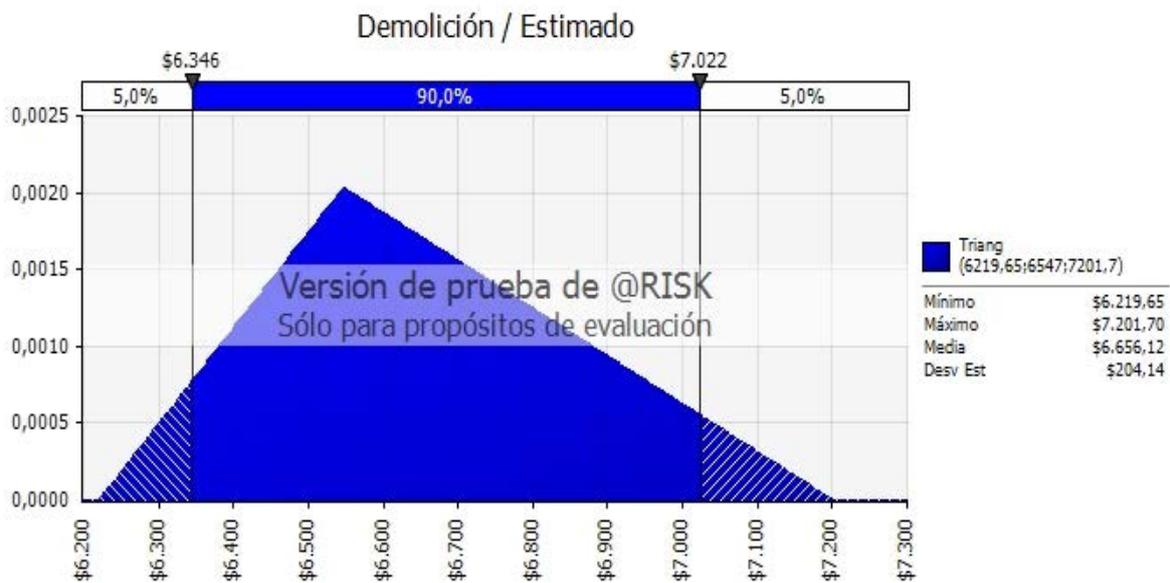


Figura C 6. Caso 1: Distribución triangular "Demolición"

Fuente: @Risk

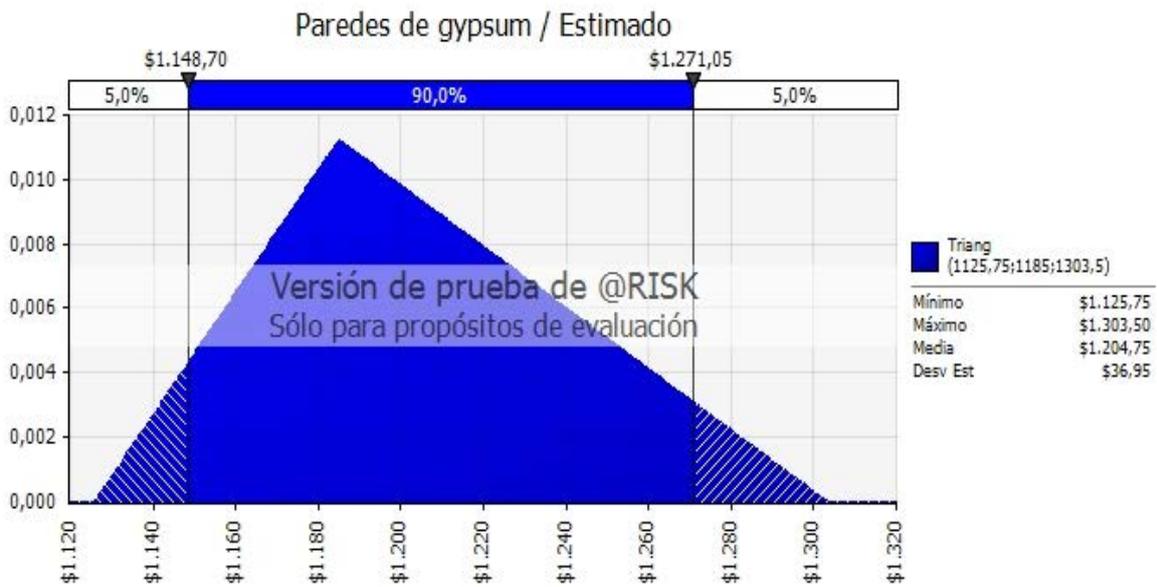


Figura C 7. Caso 1: Distribución triangular "Paredes livianas"

Fuente: @Risk

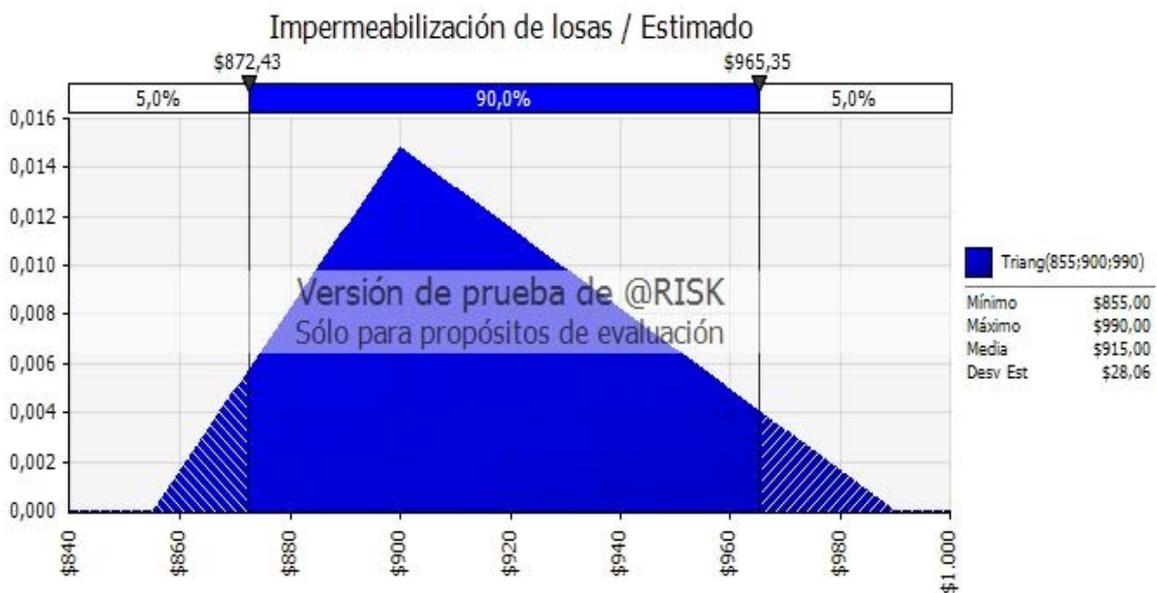


Figura C 8. Caso 1: Distribución triangular "Impermeabilización de losas"

Fuente: @Risk

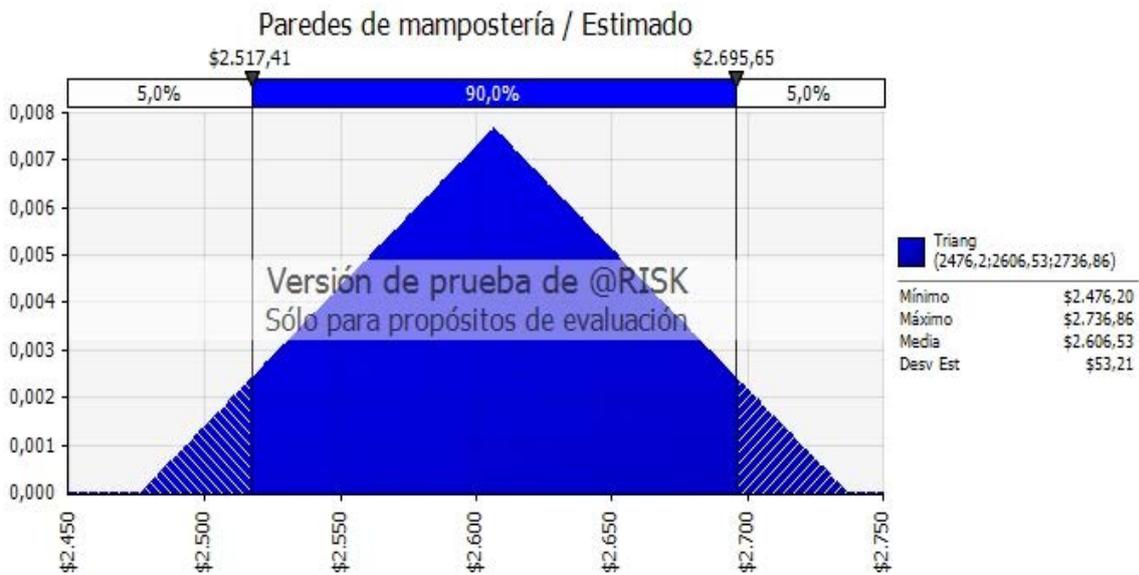


Figura C 9. Caso 2: Distribución triangular "Paredes de mampostería"

Fuente: @Risk

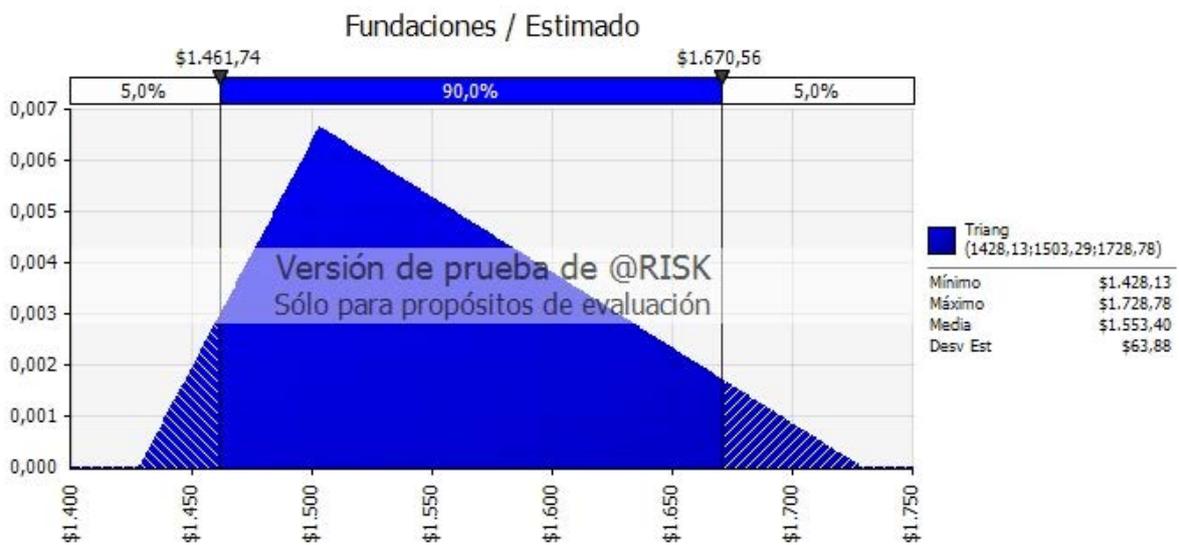


Figura C 10. Caso 2: Distribución triangular "Fundaciones"

Fuente: @Risk



Figura C 11. Caso 2: Distribución triangular "Losas de concreto"

Fuente: @Risk

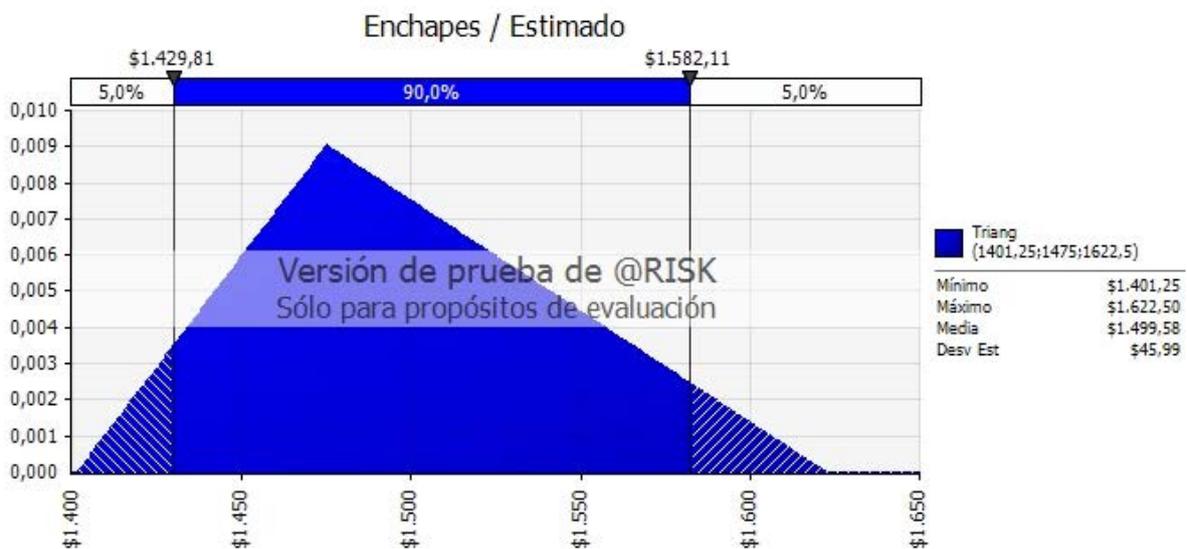


Figura C 12. Caso 2: Distribución triangular "Enchapes"

Fuente: @Risk



Figura C 13. Caso 2: Distribución triangular "Estructura metálica"

Fuente: @Risk

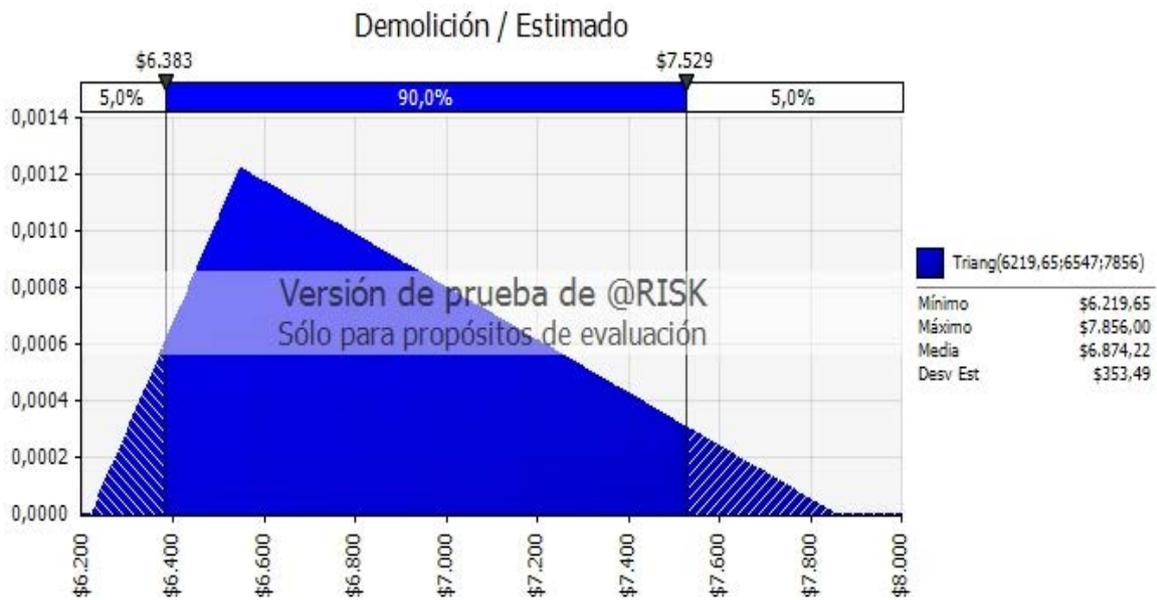


Figura C 14. Caso 2: Distribución triangular "Demolición"

Fuente: @Risk

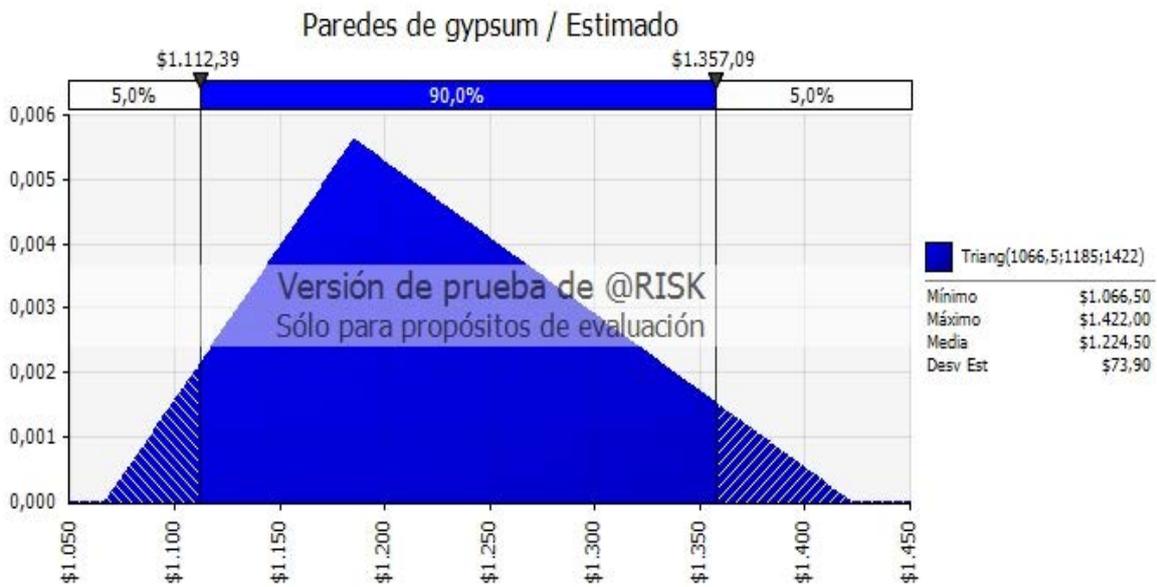


Figura C 15. Caso 2: Distribución triangular "Paredes livianas"

Fuente: @Risk

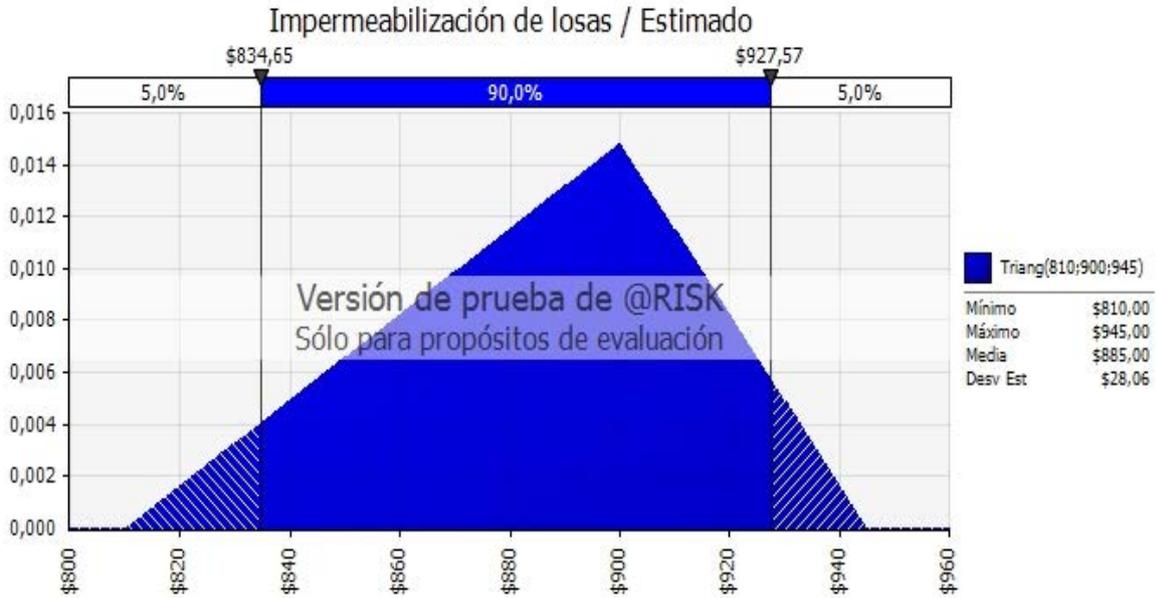


Figura C 16. Caso 2: Distribución triangular "Impermeabilización de losas"

Fuente: @Risk

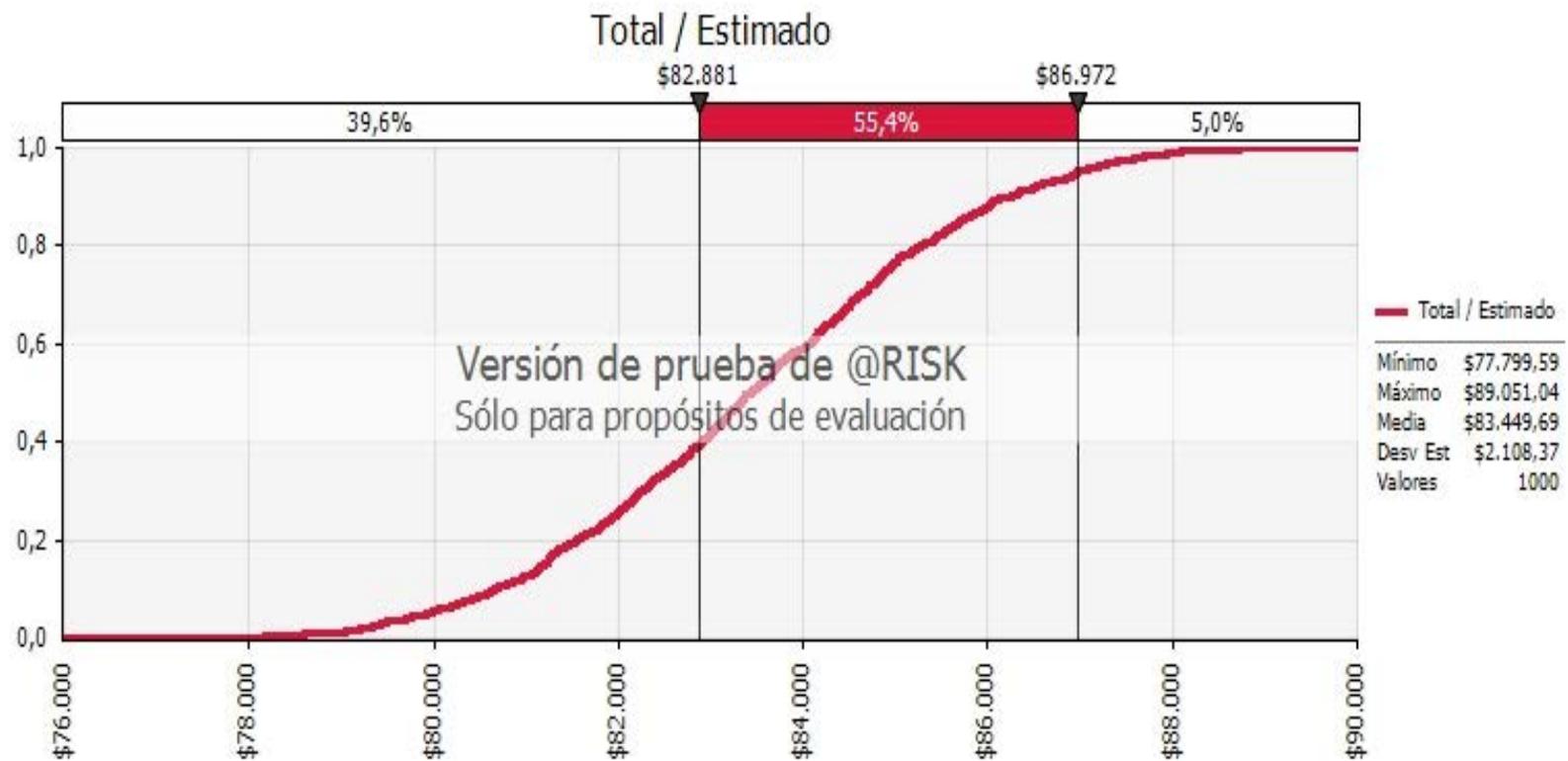


Figura C 17. Caso 1: Resultados de simulación, distribución acumulada de probabilidades

Fuente: @Risk

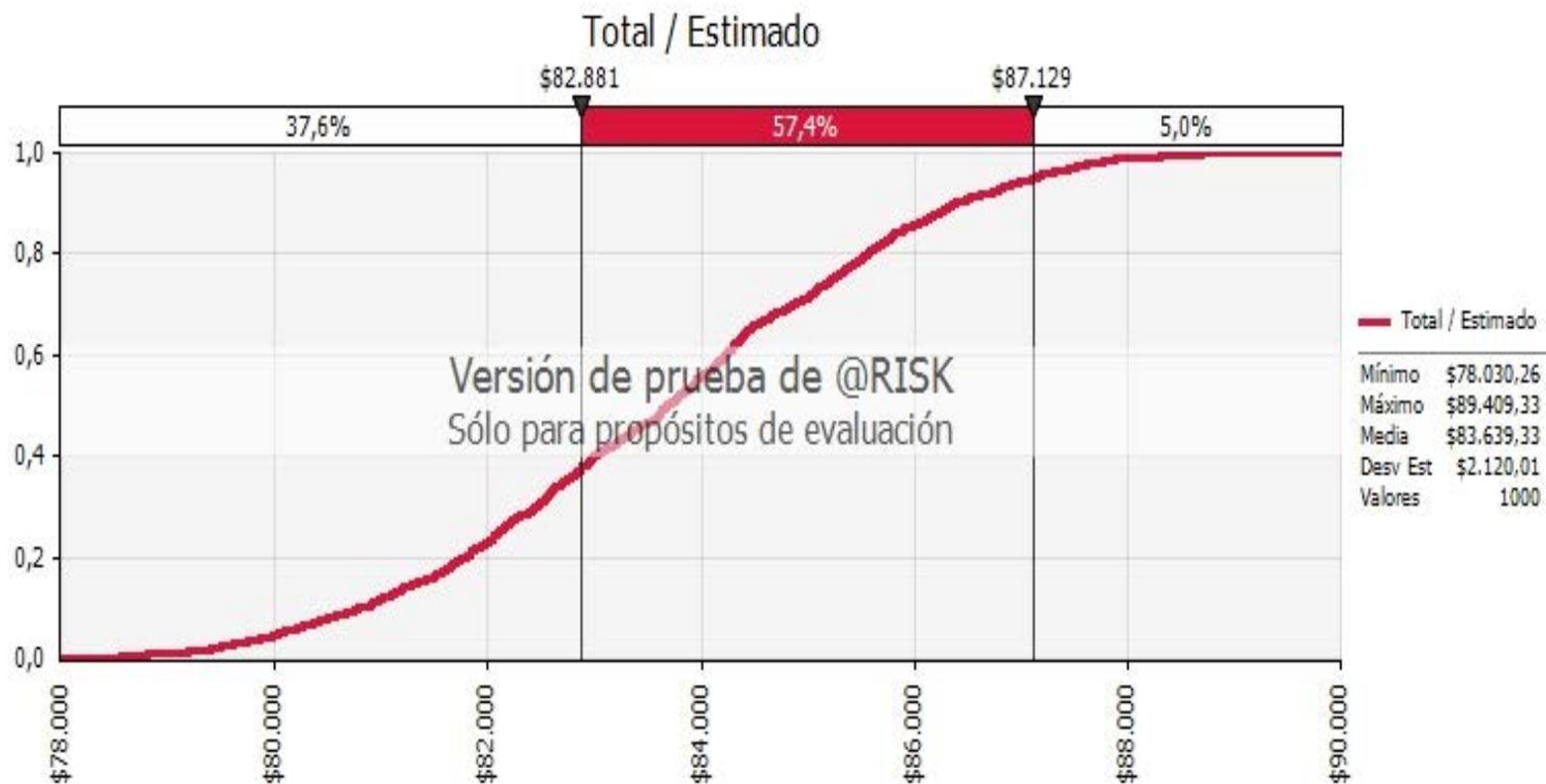


Figura C 18. Caso 2: Resultados de simulación, distribución acumulada de probabilidades

Fuente: @Risk

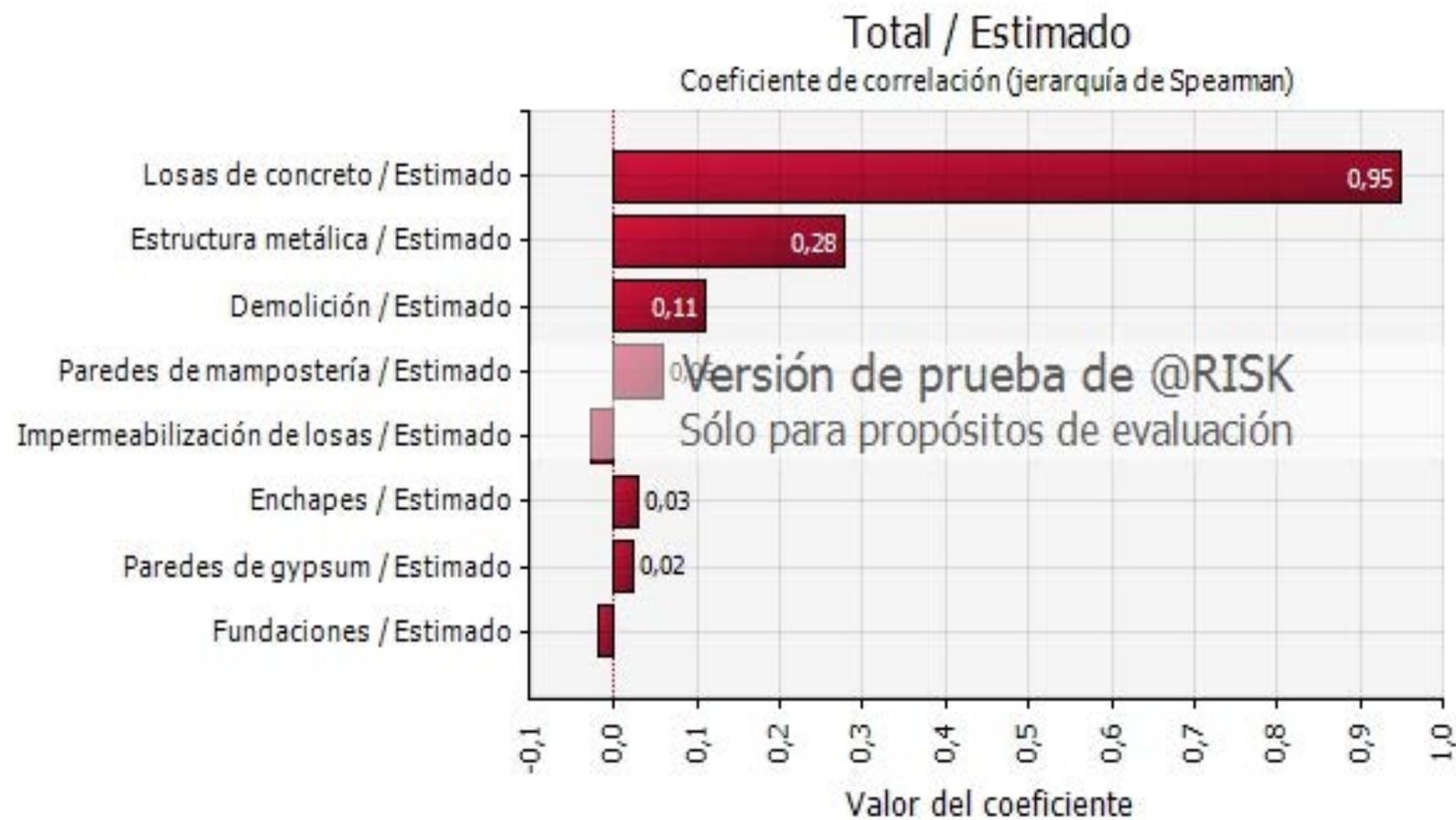


Figura C 19. Caso 1: Resultados de simulación, Coeficiente de correlación

Fuente: @Risk

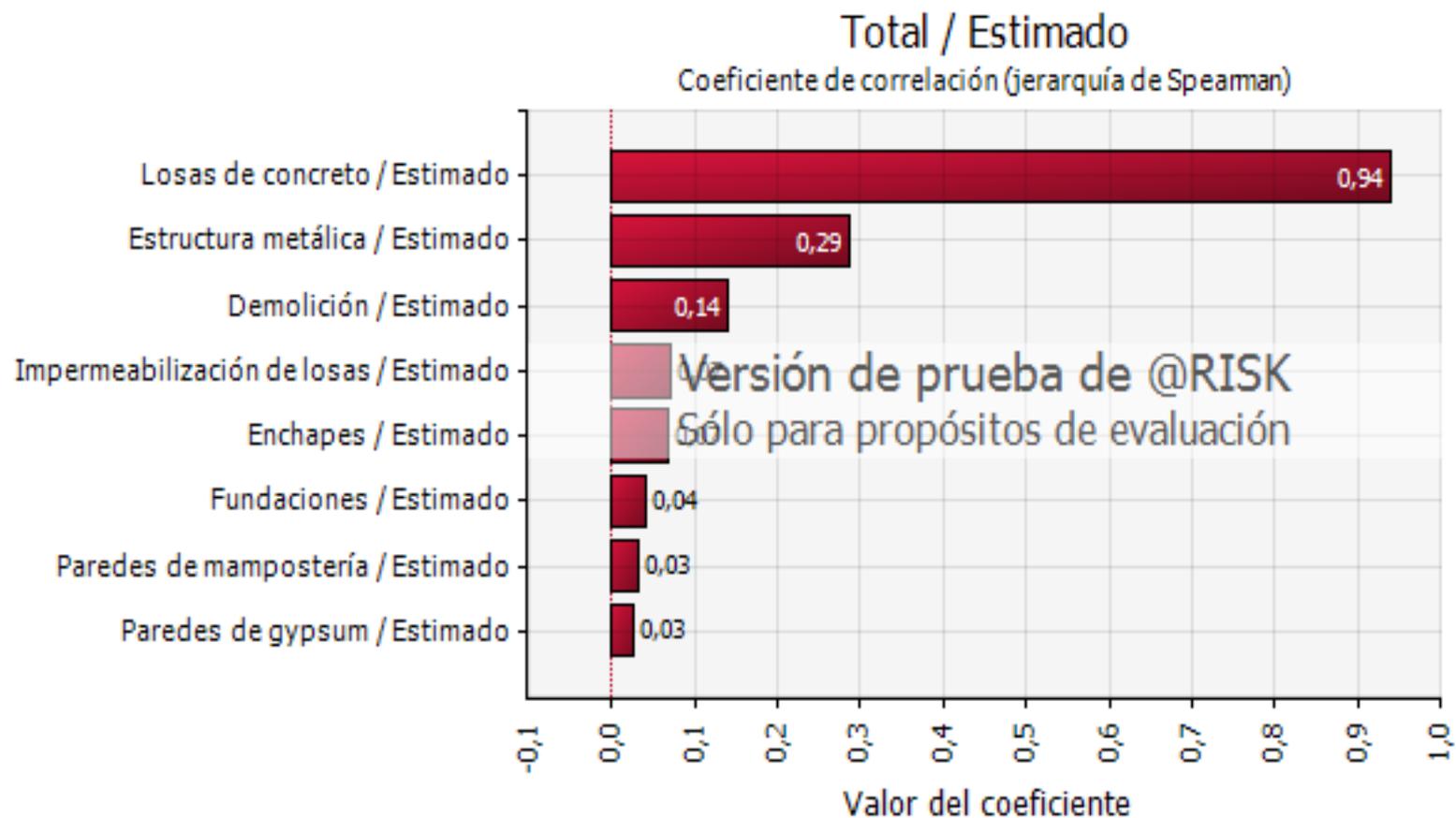


Figura C 20. Caso 2: Resultados de simulación, Coeficiente de correlación

Fuente: @Risk

ANEXO D

Listas de verificación y validación

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar:	Fundaciones	Elaborado por:	
Código:		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra):			

Índice de criticidad	
Coefficiente de correlación	

Índice de criticidad	1	
	2	
	3	

Tipo de elemento:



Placa Aislada



Placa Corrida



Placa Flotante

Otro: _____

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Trazo del elemento						
1	Trazo de acuerdo a dimensiones y ubicación de ejes, según planos	Plano No. _____	Según planos			
Excavación						
2	Verificar la distancia en la cual el material excavado es depositado con respecto a la zanja.	C.C.C.R 2010, Apart. 6.6, inciso e	_____ cm			
3	Conocer el destino final del material de corte.	Reglamento de construcción, Plan Regulador	Presentación de certificado de botadero			
Post Excavación						
4	Corroborar dimensiones de placas	Plano No. _____	_____ m			
5	Corroborar la profundidad de desplante	Plano No. _____	_____ m			
6	Verificar si hay presencia de terreno vegetal	Plano No. _____	Inspección visual del encargado			
Sellos y/o sustituciones						
7	Verificar la capacidad de soporte del fondo de la cimentación	C.C.C.R 2010, Cap. 4	_____ ton/m ²			
8	Sello de concreto pobre (espesor, colocación, nivelación)	Plano No. _____	_____ cm			

9	Sustitución:					
9.1	Verificar las condiciones y características del material de sustitución	ASTM D-1557 ASTM D-698	Prueba Próctor			
9.2	Verificar el proceso de compactación del material de sustitución: espesor de las capas de compactación, humedad del material, uso correcto del compactador	ASTM D-1557 ASTM D-698	_____% Proctor estandar o modificado			
Acero de refuerzo						
10	Configuración del acero de refuerzo (cantidad y especificación de varillas, traslapes, ganchos, dobleces, arranques de columnas)	Plano No. _____	Según planos			
11	Verificar existencia de separadores de concreto para garantizar recubrimiento, tanto en fondo como en laterales (en caso de existir formaleta)	Plano No. _____	Según planos			
Colado del concreto de las fundaciones						
12	Verificar que no existan empozamientos en los fondos de placa	Plano No. _____	Inspección visual del encargado			
13	Verificar la aplicación de la lista de validación de colado de elementos de concreto		Lista de validación del colado de concreto estructural			
Validación del concreto						
14	Verificar la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días sea la especificada en planos	ASTM C-31 ASTM C-39	____ kg/cm ²			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento:		/				
Aprobado por Gerente de Proyecto:						
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):						
Fecha:						
Notas:						

Proyecto:				
Actividad a inspeccionar:	Colado de elementos de concreto reforzado	Elaborado por:		
Código:		Fecha:		
Plano(s) N°				
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)				
Índice de criticidad		Índice de criticidad	1	
Coefficiente de correlación			2	
			3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Condiciones previas						
1	Verificar las condiciones generales del elemento a colar (formaletas ajustadas, separadores, apuntalamientos, limpieza)	ICCYC Manual de elaboración de concreto en obra	Revisión visual del encargado			
2	Verificar existencia de pasantes para tuberías electromecánicas (en caso de requerirse)	Plano No. _____	Según lo indicado en planos			
Concreto hecho en sitio						
3	Contar con el diseño de mezcla por parte de un laboratorio. Corroborar que el mismo cumpla lo establecido en planos.	Diseño de mezcla No. Referencia Plano No. _____	Según diseño de mezcla y planos estructurales			
4	Verificar que los agregados sean los mismos con lo que se realizó el diseño de mezcla.	Diseño de mezcla No. Referencia _____	Según diseño de mezcla			
5	Verificar que los agregados no tengan exceso de humedad.	ICCYC Manual de elaboración de concreto en obra	Revisión visual del encargado			
6	Corroborar que la medida utilizada para la dosificación (cubetas, cajones u otra) corresponda a lo especificado en el diseño de mezcla.	Diseño de mezcla No. Referencia _____	Según diseño de mezcla			
Concreto hecho en sitio						
7	Realizar la mezcla del concreto en el siguiente orden de los componentes: agregado grueso, agregado fino, cemento y agua.	ICCYC Manual de elaboración de concreto en obra	Revisión visual del encargado			

8	Realizar la prueba del cono de Abrams para determinar el revenimiento.	ASTM C-143				
9	Preparar los cilindros de concreto para verificar la resistencia a la compresión a los 28 días.	ASTM C-31	Figura 1. Elaboración de cilindros de concreto según la norma ASTM C-31			
Concreto premezclado						
10	Verificar que en las boletas de entrega del material se especifiquen las características del concreto solicitado.	Plano No. _____	Según lo indicado en planos			
11	Realizar la prueba del cono de Abrams para determinar el revenimiento.	ASTM C-143 Plano No. _____	___ cm sin aditivos			
12	Verificar el tipo de aditivo antes de agregarlo a la mezcla, si es requerido.	Especificaciones técnicas	Tipo de aditivo: _____			
13	Verificar el revenimiento del concreto en cada mezcladora.	ASTM C-143	___ cm sin aditivos			
14	Preparar los cilindros de concreto para verificar la resistencia a la compresión a los 28 días.	ASTM C-31	Figura 1. Elaboración de cilindros de concreto según la norma ASTM C-31			
Colado del concreto						
15	Revisar la ubicación de los cortes en la chorrea, según lo especificado por el inspector.	ICCYC Manual de elaboración de concreto en obra	Revisión visual del encargado			
Vibrado						
16	Revisar que el vibrador penetre al menos 15 cm la capa subyacente, con el objetivo de revibrar y obtener un elemento monolítico sin juntas frías. Controlar el tiempo de vibrado	ICCYC Manual de elaboración de concreto en obra	Revisión visual del encargado			
Curado						
17	Verificar el curado mínimo del concreto.	ACI 308	___ días de curado			
Post Colado						
18	Inspeccionar el elemento para identificar deficiencias tales como agrietamiento, hormigueros, deformaciones u otros.	Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
19	Consultar a la inspección sobre las reparaciones a realizar.	Especificaciones técnicas	Según especificaciones técnicas			
Validación del concreto						

20	Verificar que la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días sea la especificada en planos	ASTM C-31 ASTM C-39	___ kg/cm2			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento		/		%		
Aprobado por Gerente de Proyecto:				Firma		
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):				Firma		
Fecha:						
Notas:						

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar:	Mampostería	Elaborado por:	
Código:		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)			
Índice de criticidad		Índice de criticidad	1
Coefficiente de correlación			2
			3

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Entrega y almacenamiento de bloques de concreto						
1	Revisar que los bloques sean del tipo y dimensiones establecidas en los planos.	Plano No. _____	Block _____ x20x40 cm			
Fabricación de mortero						
9	Verificar la dosificación del mortero de pega, según lo establecido en la ficha técnica del material, o según lo establecido en las normas para la resistencia deseada. Verificar la consistencia del material.	Ficha técnica del material; Dosificación especial	_____ (Arena) : _____ (cemento); Según ficha técnica del material			
Fabricación del concreto de relleno de las celdas.						
14	Verificar la dosificación según lo establecida en el diseño.	C.S.C.R 2010 Anexo A.1.5	_____ (Cemento) : _____ (arena) : _____ (piedra)			
Montaje y acabados de los bloques de concreto.						
23	Realizar el trazo de la pared, utilizando codales y yuguetas para su correcto alineamiento.	Plano No. _____	Eje No. _____			
24	Verificar el ancho de las sisas entre bloques. Verificar que no existan sobrantes de mortero de pega en las juntas.	ICCYC "Manual de construcción con bloques concreto"	_____ cm			
25	Revisar la colocación del acero horizontal y vertical, según planos.	Plano No. _____	Varilla horizontal No. _____ @ _____ cm Varilla vertical No. _____ @ _____ cm			
33	Revisar que todas las celdas que tengan refuerzo estén rellenas con concreto.	Plano No. _____	Celas rellenas			

34	Verificar que durante el pegado de bloques las varillas de acero no sean dobladas.	ICCYC Manual de construcción con bloques concreto	Revisión visual del encargado			
40	Revisar que se realice el curado según las especificaciones.	ICCYC Manual de construcción con bloques concreto	Revisión visual del encargado			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento:		/		%		
Aprobado por Gerente de Proyecto:				Firma		
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):				Firma		
Fecha:						
Notas:						

Actividad a inspeccionar:	Losas de concreto	Elaborado por:		
Código:		Fecha:		
Plano(s) N°				
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)				
Índice de criticidad		Índice de criticidad	1	
Coefficiente de correlación			2	
			3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Contrapisos						
1	Verificar nivelación y compactación de la base del contrapiso	Plano No. _____	Lista de verificación de movimiento de tierras			
3	Verificar la configuración del acero de refuerzo	Plano No. _____	Según planos			
4	Verificar la altura y nivelación de guías o maestras	Plano No. _____	_____ cm de espesor de losa			
5	Verificar la correcta instalación de accesorios como dovelas, juntas mecánicas, entre otros (en caso de requerirse)	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Dovelas _____ Juntas mecánicas _____			
6	Verificar que el Ingeniero Estructural haya revisado la colocación de la armadura de acero.	Plano No. _____	Aprobación del Ing. Estructural _____			
7	Revisar el colado de concreto estructural, según lo establecido en la lista de verificación	Plano No. _____ Especificaciones técnicas Lista de verificación	Según planos y especificaciones técnicas			
Losas de entepiso						
8	Verificar que el sistema de entepiso a utilizar sea el especificado (revisar especificaciones, calibres, sistemas, anclajes)	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Tipo de entepiso _____			
9	Verificar que los anclajes y uniones del sistema con los elementos del entepiso (por ejemplo vigas de entepiso) sea de acuerdo a planos	Plano No. _____	Tipo anclaje _____ Varilla No. _____			
10	Verificar la distribución del acero de refuerzo de la losa	Plano No. _____	Tipo de malla _____ Varilla No. _____			

11	Verificar la altura y nivelación de guías o maestras	Plano No. _____	Espesor de concreto _____ cm			
1 2	Verificar la correcta instalación de accesorios como dovelas, juntas mecánicas, entre otros (en caso de requerirse)	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Dovelas _____ Juntas mecánicas _____ _____			
1 3	Verificar que el ingeniero estructural haya revisado la colocación de la armadura de acero.	Plano No. _____	Aprobación del Ing. Estructural _____			
1 4	Revisar el colado de concreto estructural, según lo establecido en la lista de verificación	Plano No. _____ Especificaciones técnicas Lista de verificación _____	Según planos y especificaciones técnicas			
Post colado						
1 5	Verificar las juntas de piso, según lo solicitado por la inspección	ACI 302. Cap.8 ICCYC	Juntas de contracción: ___ cm de profundidad, ___ mm de espesor Juntas de dilatación: ___ cm de profundidad, ___ mm de espesor Juntas de construcción: ___ cm de profundidad, ___ mm de espesor			
1 6	Verificar el adecuado curado del concreto	ACI 308S-08	___ días de curado			
1 7	Verificar el relleno de las juntas de piso.	ACI 302, Cap. 9	N/A			
1 8	Revisar la planicidad y la nivelación.	ACI 302, Cap. 8.15	FF: ___ y FL: ___			
Validación del producto						
1 9	Verificar que la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días sea la especificada en planos	ASTM C-31 ASTM C-39	_____ kg/cm ²			
Porcentaje de cumplimiento:			/	%		
Aprobado por Gerente de Proyecto:				Firma		
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):				Firma		
Fecha:						
Notas:						

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar:	Estructura metálica	Elaborado por:	
Código:		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)			

Índice de criticidad	
Coefficiente de correlación	

Índice de criticidad	1	
	2	
	3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Condiciones previas						
2	Corroborar las dimensiones del elemento (largo, ancho, alma, patín, espesores) según planos.	Plano No. _____	Según planos y especificaciones			
3	Revisar uniones de elementos, en caso de que estas vengan listas de taller.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
4	Corroborar se cuente con los planos de taller de la estructura metálica.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
5	Verificar la resistencia de los pernos y accesorios de conexión para estructura metálica.	C.S.C.R 2010, Apart.10.1.3.1 . b)	____ kg/ cm ²			
6	Verificar la dimensiones de las placas en los cimientos.	Plano No. _____	____ X ____ cm			
Montaje de la estructura						
7	Verificar que antes del montaje de los elementos, los mismos cuenten con una mano de pintura base.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
8	Verificar que se haga el trazo de los elementos, según los ejes y distancias indicadas en planos.	Plano No. _____	Según planos y especificaciones			
9	Verificar que las estructuras se apuntalen provisionalmente.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
10	Verificar que las estructuras instaladas estén alineadas.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
Conexión con pernos						

11	Verificar que todos los pernos o tornillos utilizados sean de alta resistencia.	ASTM A307	Revisión visual del encargado; pruebas de resistencia a laboratorio			
12	Revisar el espaciamiento y la cantidad de pernos que lleve cada elemento o unión.	Plano No. _____	Según planos y especificaciones			
13	Revisar que el diámetro del perno o tornillo, cumple con lo establecido en los planos.	Plano No. _____	Según planos y especificaciones			
Conexión soldada						
15	Verificar que el tipo de soldadura a utilizar sea el especificado en planos	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
16	Revisar los planos de taller para conocer los detalles de las uniones soldadas.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
18	Verificar que la inspección apruebe las soldaduras hechas en taller y en sitio	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
Pintura						
19	Verificar que la superficie se encuentre limpia, sin imperfecciones.	Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
20	Verificar que la pintura se aplique en condiciones climáticas favorables, sin lluvia	Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
21	Corroborar se le aplique las capas de pintura, según lo indicado en los planos y por el ingeniero estructural.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
Validación						
22	Realizar recorrido con el inspector estructural, para dar por aprobado el montaje de la estructura metálica. Solicitar la respectiva anotación en la bitácora del proyecto.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
23	Realizar pruebas de espesor de pintura y pruebas de soldadura, en caso de requerirse.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento:		/				
Aprobado por Gerente de Proyecto:					Firma	
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):					Firma	
Fecha:						

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar:	Impermeabilización de losas	Elaborado por:	
Código:		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)			

Índice de criticidad	
Coefficiente de correlación	

Índice de criticidad	1	
	2	
	3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Condiciones previas a la aplicación del impermeabilizante						
1	Revisar los niveles y pendientes de la losa	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	% pendiente _____			
2	Verificar la especificación del tipo de impermeabilización	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Sistema de impermeabilización _____			
3	Contar con la visita previa del subcontratista de impermeabilización. Revisar con el mismo posibles grietas o imperfecciones; revisar condiciones de borde.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones técnicas			
4	Contar con la aprobación, por parte de la inspección, de la solicitud de aprobación de material.	Solicitud de aprobación de material No. _____	Según solicitud de aprobación de material			
Aplicación del sistema de impermeabilización						
5	Verificar que la superficie se encuentre libre de polvo, grasa, aceite, material contaminante u orgánico. Verificar que la superficie se encuentre libre de agua superficial.	Especificación técnica del material	Según ficha técnica del material			
6	Solicitar al proveedor una prueba de humedad de la losa, para verificar que la misma cuente con la humedad máxima permitida (en caso de ser requerido).	Especificación técnica del material	%Humedad _____			

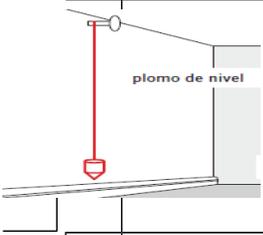
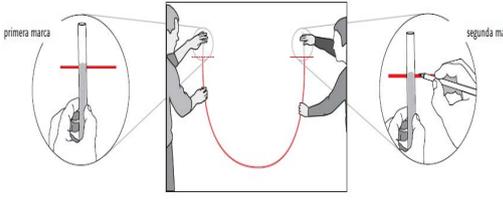
7	Verificar que la aplicación se dé bajo las condiciones recomendadas por el proveedor (condiciones del clima, condiciones de polvo, entre otros)	Especificación técnica del material	Según ficha técnica del material			
8	Revisar la impermeabilización en bordes, anclajes, pasantes de losa, etc.	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Según planos y especificaciones técnicas			
Post aplicación						
9	Garantizar que se cumpla el tiempo de secado recomendado por el proveedor (acordonar áreas, etc)	Especificaciones técnicas	Según ficha técnica del material			
Validación						
10	Solicitar al proveedor el certificado de garantía del sistema de impermeabilización	Especificación técnica del material	Documento de garantía No. _____			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento:		/				
Aprobado por Gerente de Proyecto:					Firma	
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):					Firma	
Fecha:						
Notas:						

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar:	Enchapes	Elaborado por:	
Código:		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Eje)			

Índice de criticidad	
Coefficiente de correlación	

Índice de criticidad	1	
	2	
	3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Entrega y almacenamiento de enchape, mortero de pega y material de fragua						
1	Verificar que el material entregado sea el solicitado.	Especificaciones técnicas; Solicitud de aprobación de material	De acuerdo a planos y especificaciones			
2	Corroborar que se haya solicitado, un 5% extra de piezas para utilizar en caso de daños.	Especificaciones técnicas; Solicitud de aprobación de material	Revisión visual del encargado			
3	Revisar la marca y color de la fragua, aprobada por el cliente y/o el inspector.	Especificaciones técnicas; Solicitud de aprobación de material	Marca: _____ Color: _____			
Previo a la instalación y montaje del enchape						
4	Verificar la ubicación de las juntas de contracción, dilatación o construcción. Las mismas deben coincidir con las sisas de la cerámica.	Plano No. _____	De acuerdo a planos y especificaciones			
5	Verificar el correcto funcionamiento de posibles instalaciones electromecánicas.	Plano No. _____	De acuerdo a planos y especificaciones			
6	Verificar la superficie del área a enchapar, debe estar uniforme pero rugosa, limpia, libre de materiales sueltos. Si la superficie es de concreto, verificar que la misma se humedezca antes de la instalación.	Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			

7	Fijar el plomo en la pared para determinar el nivel	Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
8	Verificar el nivel de piso y/o pared en varios puntos					
Instalación y montaje del enchape						
9	Verificar el correcto inicio de la instalación de las piezas: ubicación de cuchillas, puntos de arranque, líneas guía, entre otros.	Plano No. _____	Según planos y especificaciones			
10	Mortero de pega:					
10.1	Verificar la dosificación se realice según lo establecido el fabricante.	Ficha técnica del material	Según ficha técnica			
10.2	Revisar el espesor del mortero.	Ficha técnica del material	_____ cm			
11	Verificar que entre piezas se dejen distancia para las juntas, según sea el tipo de cerámica	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Rectificada: _____ mm No Rectificada: _____ mm			
Aplicación de la fragua						
12	Verificar la dosificación se realice, según lo establecido el fabricante.	Ficha técnica del producto	Según ficha técnica			
13	Revisar que no existan excesos de fragua en las juntas entre las piezas.	Especificaciones técnicas	Según especificaciones técnicas			
Posterior a la instalación y montaje de los enchapes						
14	Verificar la correcta instalación de las piezas realizando golpes leves con una moneda	Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento:		/		%		
Aprobado por Gerente de Proyecto:				Firma		
Fecha:				Firma		
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):				Firma		
Fecha:						

Proyecto:					
Actividad a inspeccionar:	Paredes livianas	Elaborado por:			
Código:		Fecha:			
Plano(s) N°					
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)					
Índice de criticidad			Índice de criticidad	1	
Coefficiente de correlación				2	
				3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Condiciones previas						
2	Revisar el calibre del perfil, según lo especificado en planos	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
4	Verificar las dimensiones de los perfiles según lo establecido en los planos.	Planos y especificaciones técnicas	Postes (Stud): ___ x ___ mm Canal (track): ___ x ___ mm			
5	Revisar que el tipo de lámina sea el especificado en planos (en caso de requerimientos especiales, por ejemplo láminas cortafuegos).	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
Trazado						
13	Verificar que el trazado se realice conforme cotas y ejes indicados en planos.	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
Instalación de la estructura metálica						
18	Verificar que la estructura se instale de acuerdo al trazo.	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
19	Verificar la separación de los postes verticales (studs), de acuerdo a planos.	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
20	Verificar que la estructura esté perfectamente aplomada.	N/A	Revisión visual del encargado			
22	Verificar se coloquen las instalaciones eléctricas o mecánicas, si se indica en los planos.	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
23	Verificar se realicen los buques de ventanas y puertas, tal como se muestre en planos.	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
24	Revisar si se colocó el aislante según lo indicado en los planos.	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			

25	Verificar que se colocaron refuerzos para mobiliario o equipos, en caso de requerirse.	N/A	Revisión visual del encargado			
Instalación de las láminas						
27	Verificar que se instale la lámina requerida, según el área (áreas húmedas, paredes externas, paredes cortafuegos, etc)	Planos y especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
28	Revisar la separación y cantidad de tornillos a lo largo de la pared o área.	N/A	Revisión visual del encargado			
31	Corroborar se coloquen esquineros para la protección de los bordes expuestos.	N/A	Revisión visual del encargado			
	Verificar que se utilicen los perfiles adecuados, dependiendo del acabado requerido (jota, juntas de transición, etc)	N/A	Revisión visual del encargado			
35	Verificar el nivel y plomo luego de colocar las láminas.	N/A	Revisión visual del encargado			
Tratamiento de las juntas y acabado						
37	Verificar que se utilice el repello o pasta adecuada según la lámina (muro seco, pasta gypsum, etc)	N/A	Revisión visual del encargado			
38	Corroborar se utilice cintas de papel o malla en las juntas para mejorar la adherencia.	N/A	Revisión visual del encargado			
44	Verificar que la superficie terminada se encuentre plana y lisa.	N/A	Revisión visual del encargado			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento		/				
Aprobado por Gerente de Proyecto:					Firma	
Fecha:						
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):					Firma	
Fecha:						
Notas:						

Proyecto:			
Actividad a inspeccionar	Trazado	Elaborado por:	
Código		Fecha:	
Plano(s) N°			
Ubicación del elemento (Nivel/Eje/Otra)			

Índice de criticidad	
Coefficiente de correlación	

Índice de criticidad	1	
	2	
	3	

N°	Parámetro a inspeccionar	Código o norma que se aplica	Criterio de aceptación	Cumple		Observaciones
				SI	NO	
Actividades previas al trazado						
1	Topógrafo cuenta con planos y documentos actualizados.	Planos	Verificar la versión actualizada de planos			
3	Alineamiento de la municipalidad.	Ley de Construcciones, artículo 18	Según lo establecido por la ley			
4	Alineamiento del MOPT	Ley General de Caminos Públicos, N° 5060, artículo 19	Según lo establecido por la ley			
5	Rectificación de linderos	Plano Catastro	Según lo establecido por la ley			
Trazado						
8	Punto de control topográfico	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Existencia de referencia física en proyecto, según lo indique el plano de curvas de nivel			
9	Trazo de ejes de construcción, según planos constructivos	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Verificar la versión actualizada de planos			
10	Yuguetas de control bien posicionadas y niveladas	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
11	Registrar punto de control topográfico en bitácora	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
12	Aprobación del trazo por parte de la inspección y el propietario	Plano No. _____ Especificaciones técnicas	Revisión visual del encargado			
Validación del producto						
Porcentaje de cumplimiento		/				
Aprobado por Gerente de Proyecto:						

Fecha:	
Aprobación por Subcontratista (Si aplica):	
Fecha:	
Notas:	