

**COMO MEJORAR EL VALOR  
DE LOS NEGOCIOS DE CONSTRUCCIÓN APLICANDO  
LA SIMULACIÓN MONTE CARLO  
Y EL ANÁLISIS DE RIESGOS**

**Luis Francisco Zaldivar, MSE**

Consultor en Finanzas & Análisis de Riesgos

[www.modelacionderiesgos.com](http://www.modelacionderiesgos.com)

**INVERSIONES  
CARROUSEL**

S.A. DE C.V.



## **Como Mejorar el Valor de los Negocios de Construcción Aplicando La Simulación Monte Carlo y El Análisis de Riesgos**

**Escrito por:**

**Luis Francisco Zaldívar, MSE**

**Consultor en Finanzas & Análisis de Riesgos**

**[l.zaldivar@modelacionderiesgos.com](mailto:l.zaldivar@modelacionderiesgos.com)**

**[www.modelacionderiesgos.com](http://www.modelacionderiesgos.com)**

La industria de la construcción, es el impulsador del crecimiento económico en todos los países industrializados. Cuando la construcción en estos países experimenta vientos de contracción, los indicadores económicos empiezan a dar señales que se avecina una caída del Producto Interno Bruto (PIB). Es aquí donde el gobierno de turno trata con medidas sectoriales apoyar al sector para poder revertir estas tendencias que afectan a las variables macroeconómicas tales como el nivel de actividad económica y bursátil, empleo, ingresos de la población, beneficios a las empresas e ingresos al estado.

La Industria de la Construcción es un sector que en la actualidad se ve definitivamente afectado por muchas variables que están fuera de su control. Podemos mencionar unas variables fuera del control de las empresas tales como: regulaciones gubernamentales, demanda de los clientes, niveles de tasa de interés e inflación, condiciones climatológicas, financiamientos bancarios, impuestos, seguridad, huelgas, etc. Otros sectores como la Industria del Petróleo y Gas, Minería y Bancario presentan también muchas variables que no controlan, incluyendo expropiación del estado que se ha dado en algunos países en Sur América. Sin embargo, estas industrias se han entrenado y tecnificado en el tratamiento del riesgo a través de la Simulación Monte Carlo y el Análisis de Riesgos. Esto le ha permitido a la Industria, crecer en niveles de inversión y generar rentabilidad con flujos de efectivo ante los riesgos que siempre crecen con el tiempo. Es cierto que hoy en día el riesgo tiene las dos caras: una de peligro o pérdida y la otra de oportunidad o ganancias con cash-flow. Sin embargo, para tomar el lado de la oportunidad se debe de contar con técnicas como la Simulación Monte Carlo y el Análisis de Riesgos. Temas sobre los cuales CASALCO impartirá capacitaciones y asesorías en los próximos meses.

Los beneficios que se tendrán a la vista al impulsar estas temáticas en la industria de la construcción son:

1. Construir mejores modelos en las inversiones a través de tomar en cuenta todo lo que impactara la inversión: macroeconomía, regulaciones gubernamentales, producción y operación, comercialización y ventas, financiamiento, etc.
2. Saber qué variables de entrada se deben de tratar como riesgos dado que afectan los resultados de la inversión. Adicionalmente, hay que tomar en cuenta la interacción o relación entre estas variables. La modelación de los riesgos se desarrolla por medio de opinión de expertos y si se tiene información, se encuentran las distribuciones estadísticas idóneas.
3. Poder realizar el número de escenarios necesarios con la Simulación Monte Carlo que nos permita cuantificar los riesgos de una forma eficiente en las inversiones y responder a las siguientes preguntas:
  - 3.1 ¿Cuál es la probabilidad de lograr los estimados de Superávit de la inversión?
  - 3.2 ¿Cuál es la probabilidad de perder dinero en la inversión?
  - 3.3 ¿Existe posibilidad de eventos extremos en esta inversión? ¿Cuánto podría ser el peor resultado?
  - 3.4 ¿Cuál sería un estimado de los superávit de la inversión con un nivel de confianza alto, posiblemente del 70%, 80%, etc?
  - 3.5 ¿Cuál es la volatilidad de la inversión?
  - 3.6 ¿Cuánto podría ser el pésimo escenario empleando el 99% Var (Valor a Riesgos) en la duración de la inversión?
4. Después de la medición de riesgos, estaríamos en la posición de realizar un análisis de impacto de los riesgos, identificando los riesgos que más afectan el objetivo estratégico seleccionado que

podiera ser utilidades, superávit, flujos finales, etc. Teniendo el listado de riesgos, con nuestro cuerpo gerencial podemos ver la posibilidad de realizar mitigación o transferencias de estos riesgos. Algunas de las estrategias de mitigación de riesgo muy empleadas en el sector de la construcción son: desarrollar proyectos entre varias empresas, tercerizar partidas críticas de la obra, seleccionar diseños oportunos, apalancamiento financiero, aseguramiento, compra anticipada de materiales, número de etapas, número de diseños disponibles, etc.

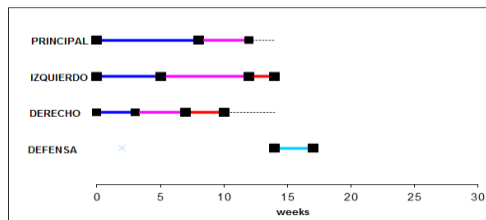
5. Poder presentar a las instituciones financieras el Análisis de Riesgos en las solicitudes, para que los financiamientos puedan tener mejores condiciones en cuanto a tasa de colocación, mayores montos de financiamiento, aceptación de mayores niveles de apalancamiento financiero, menores niveles de hipotecas. etc.

Haremos una demostración de la cuantificación de riesgos (literal # 3) y mitigación de riesgos (literal #4) en la construcción de un Silo que debe realizar una empresa de la construcción a un cliente industrial. Las actividades para construir el Silo son las siguientes: Edificio principal (2 partidas); ala Izquierda (3 partidas); ala derecha (3 partidas); y construcción de defensa (1 partida). Se estima que la obra se terminará probablemente en 17 semanas pero también existe un escenario óptimo de 11 semanas y uno pésimo de 32 semanas. Recordemos que se deben de terminar todas las 3 partes de construcción del Silo para poder iniciar la construcción de la defensa.

## CONSTRUCCIÓN DE UN SILO.

Trabajo	Semanas			
	Optimo	Esperado	Pésimo	CB Risk
<b>Edificio Principal</b>				
Construir paredes EP	6	8	14	8 000
Construir techo Ep	3	4	6	4 000
<b>Ala Izquierda</b>				
Construir paredes AI	3	5	9	5 000
Construir techo AI	5	7	12	7 000
Platificar paredes AI	1	2	5	2 000
<b>Ala Derecha</b>				
Construir paredes AD	2	3	7	3 000
Constuir Techo AD	2	4	8	4 000
Platificar Paredes AD	3	4	5	4 000
<b>Construcción Defensa</b>	2	3	6	3 000
<b>Duración Total 1</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>32</b>	<b>17.000</b>

A continuación, presentamos el **Diagrama de GANTT**, el cual demuestra la secuencia de las partidas de la obra y el tiempo estimado de finalización:



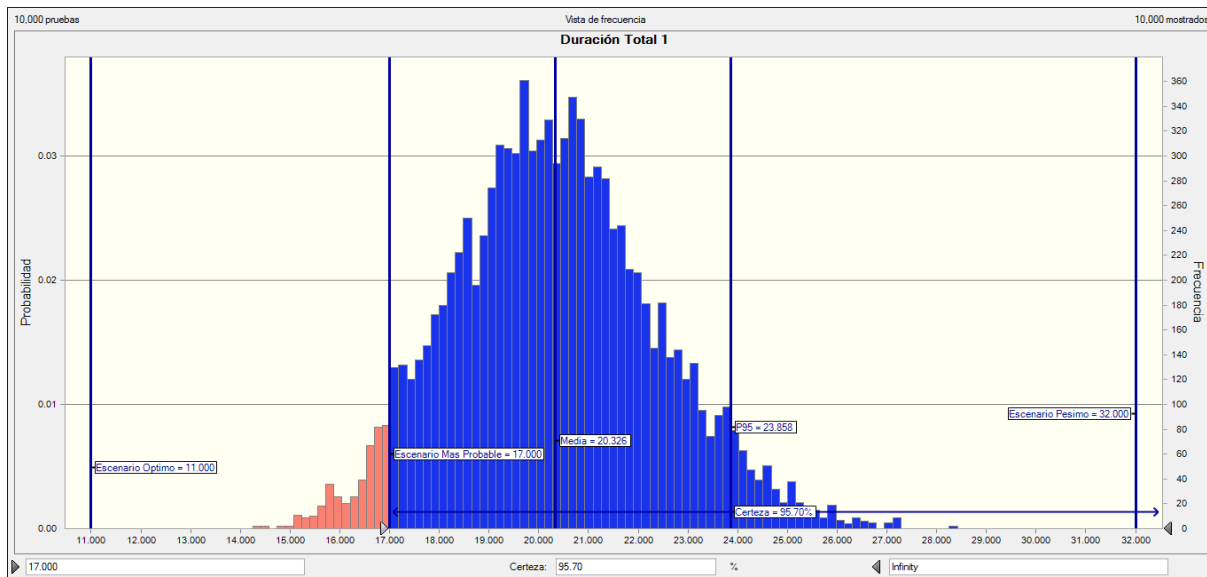
■ CONSTRUIR PAREDES  
■ CONSTRUIR TECHO  
■ PLASTIFICAR PAREDES  
■ CONSTRUIR DEFENSA

Recordemos que la tecnología que estaremos empleando es Simulación de Monte Carlo, para la cual podemos encontrar una gran gama de software; unos pagados y otros de forma gratuita tales como Oracle Crystal Ball®, ModelRisk®, @Risk®, RiskSimulator®, Simular®, RISKEASY® entre otros.

Usualmente, lo que se hace en la evaluación de tiempo es emplear el esquema que se ha planteado en la construcción del Silo utilizando escenarios. Otra forma de evaluar este tipo de inversiones es a través de mejores estimados o esquemas What-IF. La Simulación Monte Carlo es superior a todos estos métodos básicos dado que genera escenarios y permite emplear las combinaciones de todas las variables de entrada de los modelos.

Imaginémonos que tenemos un proyecto con 20 actividades y 3 escenarios, para esto deberíamos hacer 3,486,784,401 ( $3^{20}$ ) combinaciones, lo cual se hace imposible. Es aquí donde al utilizar la Simulación Monte Carlo se generan escenarios de forma rápida y con excelente precisión. En el cuadro donde tenemos el Modelo de Escenario, podemos ver los 3 estimados por partida, los cuales han sido estimados por la dirección técnica. Empleando esa información, se ha logrado configurar con el software Crystal Ball la distribución de probabilidad triangular.

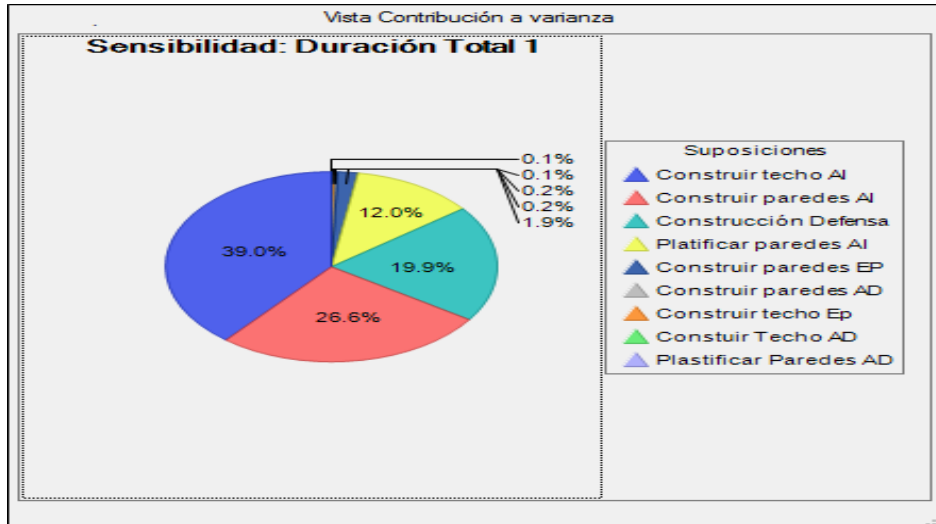
En este ejemplo haremos 10,000 escenarios, iteraciones o corridas de Simulación con el software Crystal Ball®, que significa que estaremos desarrollando esta obra 10,000 veces. Los resultados de pronóstico o distribución de salida de la **Duración Total** son los siguientes:



En el Pronóstico de la Duración de Obra podemos ver que la estimación de 17 semanas tiene una probabilidad de cumplimiento del 4.30% y la contingencia o riesgo que se tiene de sobrepasar las 17 semanas, que nos brinda el planeamiento determinístico o estático, es del 95.70%. Otro aspecto importante de esta gráfica es que la probabilidad de tener el escenario óptimo de 11 semanas y pésimo de 32 semanas es cero, no son realistas. Si no tenemos capacidad de poder mitigar los riesgos, nuestro estimado de tiempo con una confianza del 95% podría ser de 23.85 semanas. Sin embargo, estos tiempos pueden no ser competitivos, para lo cual se necesita hacer un análisis de mitigación de los riesgos. Por otra parte, debemos de realizar el análisis de impacto de los riesgos en la duración de la obra.

Presentamos a continuación los resultados del Analisis de Sensibilidad o Impactos de los riesgos para que podamos mitigarlos:

Los porcentajes representan cuál nivel de variación en tiempos se tiene por cada una de las actividades para desarrollar la obra.



Del cuadro anterior podemos ver que tres actividades del Ala Izquierda (AI) son las que concentran el riesgo de duración en un 77.56% y son las de la ruta crítica, las cuales son:

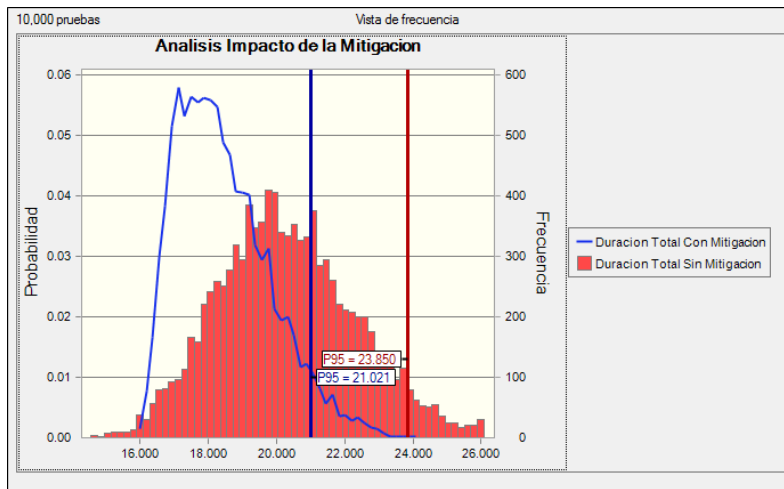
Construir techo AI (Ala Izquierda)	:	39.00%
Construir paredes AI (Ala Izquierda)	:	26.66%
Plastificar Paredes AI (Ala Izquierda)	:	12.00%

Entre las estrategias de mitigación podríamos listar varias acciones tales como: subcontratar toda el Ala Izquierda (AI) con una constructora que brinde mejores tiempos y costos, incrementar el costo del Ala Izquierda (AI), compartir con el cliente los incrementos de los Costos del Ala Izquierda (AI), etc.

Asumamos que toda el Ala Izquierda del edificio fue subcontratada a otra empresa constructora, los resultados de esta acción los podemos ver en el siguiente cuadro comparativo:

ANALISIS DE RIESGOS DE CONTRUCCION DEL SILO		
Metricas de Riesgos	Riesgos Con Mitigación en Ala Izquierda	Riesgos Sin Mitigación Ala Izquierda
Probabilidad de No Cumplir en 17 Semanas -%	86.16055956	95.70332324
95% Valor a Riesgo- Semanas	21.02112997	23.8579191
Desviación Standard- Semanas	1.365360369	2.036155967

Podemos concluir que la transferencia de riesgos que realizamos con el Ala Izquierda del Edificio nos ha disminuido el estimado al 95% de Confiabilidad de 23.85 a 21.02 semanas. Sin embargo, la contingencia de realizar la construcción del Silo en 17 semana no es realista, se debe de ajustar el presupuesto de la construcción a realizarse en 21.02 semanas y con esta estimación estamos en un 95% que nuestro presupuesto no experimentará variaciones. Adicionalmente, vemos que la acción de mitigar el riesgo ha reducido la variabilidad de 2.03 a 1.36 semanas. Gráficamente, el impacto de la acción de mitigación realizada a través de negociar los tiempos más probables en un subcontrato con otra constructora lo podemos apreciar en ella siguiente gráfica:



En la gráfica, la mitigación ha hecho que la distribución que se expresa como una línea azul, se le haya cortado el extremo derecho o los riesgos extremos de duración.

Si no medimos los riesgos en la construcción de forma integral y no se pueden mitigar los riesgos críticos que pueden ser transferidos o neutralizados, lo que sufrirá en las inversiones de la construcción será la rentabilidad accionaria, el nivel del patrimonio y posibilidades de crecimiento de la empresa en la industria. Es por esto que es vital que todos los dirigentes de las empresas de la construcción se capaciten en el uso de la tecnología de la Simulación Monte Carlo y la aplicación del Análisis de Riesgos. Ya otros sectores como la Industria del Petróleo y Gas, Minería y Bancario lo han hecho y sus desempeños son más altos y estables que los respectivos en la Industria de la Construcción.

## **HOJA DE VIDA de Luis Francisco Zaldívar, MSE**

www.modelacionderiesgos.com

l.zaldivar@modelacionderiesgos.com

Graduado de Licenciatura en Administración de Empresas con concentración en Gerencia Industrial de The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee.

Posee Maestría en Ciencias Económicas con concentración en Finanzas y Estadística Aplicada de North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

Entrenado por Oracle Crystal Ball en Denver en Crystal Ball Introductorio y Avanzado, Opciones Reales y Seis Sigma.

Presidente de Inversiones Carrousel, S.A. de C.V. fundada en 1992.

Facilitador y Consultor Certificado en Análisis de Riesgos empleando Crystal Ball por Crystal Ball Global Unit, Denver, Colorado.

Además, es Facilitador y Consultor Certificado usando el software de riesgo más avanzado del mundo ModelRisk® de Vose Software BVBA de Bélgica.

Profesor de Simulación Monte Carlo y Optimización en los programas de maestría en Finanzas y Administración de Empresas de la Universidad José Simeón Cañas of El Salvador (UCA), Universidad de El Salvador, y Universidad Rafael Landívar en Guatemala (URL), Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM BUSINESS SCHOOL) en Santa Cruz ,Bolivia (UARGM) .

Dirigió Bancos Comerciales por 8 años y empresas de manufactura de exportación por 16 años en El Salvador.

Participó en Juntas Directivas en empresas manufactureras de exportación.

Conferencista en Simulación, Pronósticos y Optimización Estocástica para Oracle USA en América Latina.

Consultor especializado en Finanzas, Inversiones, Análisis de Riesgos y en Minería de Datos en América Latina.

Ha realizado entrenamientos en Análisis de Riesgo con Crystal Ball aplicado a las siguientes industrias durante los últimos nueve años : Petróleo, Gas, Minería, Banca Comercial y Central, Educación y en Empresas Corporativas. Los países donde se han realizado los entrenamientos son en los siguientes : México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana, Colombia, Perú, Chile, Bolivia , Paraguay y Venezuela.