



OptQuest® creando más valor al análisis predictivo

Elaborado por

Luis Francisco Zaldívar, MSE & CD

Consultor y Facilitador

Oracle Partner - febrero 2024

Luis.zaldivar@modelospredictivos.com

www.modelacionderiesgos.com

La mayoría de las empresas en LATAM logran realizar predicciones de sus objetivos estratégicos claves, como niveles de ventas, participación de mercado de sus líneas y productos, márgenes, utilidades, flujos de efectivo, dividendos, entre otros. Estas predicciones, cuando son confiables, motivan el cumplimiento de metas, planes operativos y estratégicos, a pesar de la incertidumbre que se experimenta en los mercados y países.

Muchas empresas en LATAM han logrado implementar modelos predictivos, ya que desde hace más de 20 años existe una amplia gama de tecnologías disponibles, como software de riesgos, estadísticos e investigación de operaciones. Una de las técnicas popular empleada en los modelos predictivos es la simulación Monte Carlo. La simulación posee grandes beneficios ya que elimina la falla de los promedios, elimina el uso de escenarios discretos, toma en cuenta las interdependencias entre las variables, brinda proyecciones con niveles de confiabilidad, crea nuevas métricas de riesgos, y facilita la mitigación de los riesgos, entre otros.

Los modelos y técnicas predictivas han ganado popularidad y se utilizan cada día más y más. La mayoría de las escuelas de negocios han realizado una excelente labor difundíendolas con sus estudiantes. Sin embargo, existe una buena oportunidad de seguir creciendo en la analítica de negocios al complementar el análisis predictivo con el análisis prescriptivo.

Si ya se ha desarrollado la parte predictiva en la analítica de negocios, ¿por qué no seguir creciendo con los modelos prescriptivos? Los modelos prescriptivos usualmente cambian los perfiles de riesgo respecto a los cuatro momentos estadísticos que se obtienen después de realizada la simulación Monte Carlo.

El análisis prescriptivo es crucial en la actualidad, dado que muchas empresas en LATAM deben adaptarse a las condiciones futuras del mercado. Es decir, muchas características del mercado son difíciles que cambien, el futuro predictivo ya está dado. Sin embargo, se pueden aprovechar las imperfecciones no detectadas en el mercado y realizar cambios en las variables decisorias de las cuales se tiene control dentro de las empresas. Ejemplos de los modelos prescriptivos incluyen la gestión del crecimiento de los ingresos (Revenue Growth Management) a través de la gestión óptima de precios en la cartera de líneas de productos, precios dinámicos (Dynamic Pricing), la gestión de la cartera de préstamos a través de las participaciones sectoriales óptimas en un banco comercial, entre otros. Es de hacer énfasis que siempre en las decisiones hay un trueque (trade-off) que resolver dado que hay recursos limitados o no se puede hacer todo a la vez. Es aquí donde los modelos prescriptivos o de optimización resuelven el acertijo o encrucijada cuando la parte predictiva presenta sus limitaciones.

Usualmente, se percibe que la gestión de carteras se aplica únicamente a carteras de títulos valores. Sin embargo, existen industrias tales como las industrias de la minería, del gas y petróleo, que llevan utilizando gestión de carteras desde hace muchos años. En un mundo de alta incertidumbre lo mejor es diversificarse en todo sentido y los modelos prescriptivos o de optimización lo hacen posible con eficiencia a la medida de la tolerancia del riesgo en la empresa.

Se invita a los empresarios a que incentiven la creación de modelos prescriptivos en sus negocios, para que las decisiones sean más efectivas en la planeación operativa y estratégica y así crear más valor patrimonial.

En este escrito, se hace uso del software Oracle Crystal Ball®, que ha sido pionero mundial en el análisis de riesgo que tiene el módulo de OptQuest®, el cual emplearemos en este escrito junto a la simulación Monte Carlo. En el mercado, Oracle Crystal Ball® es considerado un software de riesgos confiable, práctico, de licencia perpetua, respaldado por Oracle y con el precio más competitivo en el mercado anual. La información del software Oracle Crystal Ball® y OptQuest® se presenta en la bibliografía de este escrito.

Caso de Análisis

En el presente trabajo se tomó un caso básico que se encontró en una publicación técnica. (McMullen, 2005)

La empresa fabrica dos productos denominados X1 y X2, los cuales deben pasar a dos departamentos para ser elaborados: ensamble y terminado. El objetivo es optimizar la utilidad de contribución de los productos teniendo como variables decisorias o de control el número de productos a fabricar de cada uno de los modelos disponibles. Por supuesto, se toman en cuenta los estándares de rentabilidad, el número de horas por producto en cada departamento, las horas disponibles y las restricciones de no aceptar en las variables decisorias fracciones de productos o números negativos.

A continuación se presenta la información específica del caso básico:

Tabla 1: Variables y recursos disponibles

Caso de Negocios

Descripción	Producto	Producto
Función Objetivo Z	X1	X2
Utilidad de Contribución	\$7.00	\$5.00

Estándares de producción por producto	Producto X1	Producto X2	Horas disponible por departamento
# horas por Ensamble	2	1	1,600
# por Terminado	6	7	8,400

Siempre se debe de partir de un modelo determinístico y luego se construye el modelo predictivo y finalmente el prescriptivo.

El caso de análisis determinístico se va a resolver por medio del empleo de la programación básica lineal y el optimizador determinístico Solver®.

A continuación se presenta el modelo de optimización lineal determinística:

- Variables: C47:D47
 Objetivo: E45 (maximizar)
 Restricciones: E50 <= F50
 E51 <= F51
 C47:D47 >= 0, entero

Tabla 2: Modelo de Programación Lineal

A	B	C	D	E	F	G
32	Modelo de Optimización Lineal Solver ©					
33						
34						
35	Entradas	Producto	Producto			
36	Función Objetivo Z	X1	X2			
37	Utilidad de Contribución	\$7.00	\$5.00			
38						
39	Estándares de producción por producto	Producto X1	Producto X2	Horas disponible por departamento		
40	# horas por Ensamble	2	1	1,600		
41	# por Terminado	6	7	8,400		
42	Modelo LP MS Excel					
43		Producto X1	Producto X2	Total Z		
44						
45	Utilidad de Contribución Z	\$2,450.00	\$4,500.00	\$6,950.00		
46						
47	Unidades a Producir	350	900			
48	Utilidad de contribución	\$7.00	\$5.00			
49	Sujetos a			Horas Planificadas	Horas Disponibles	
50	Horas departamento ensamble	700	900	1,600	1,600	
51	Horas departamento terminado	2100	6300	8,400	8,400	
52	Características Productos					
53	Enteros	Entero	Entero			
54	Dominio igual o mayor de cero	>= 0	>= 0			
55	Formulación					
56	1 -Variables de Decisiones:					
57	C47 (Producto X1), D47 (Producto X2)					
58	2- Función objetivo:					
59	Total Z= E45 =C47 * C48 + D47 * D48					
60	3- Restricciones:					
61	# Horas ensamble E50 = C47 *C40 + D47 * D40 <= F50					
62	# Horas terminado E51 = C47 *C41+ D47 *D41 <= F51					
63	4- Características productos					
64	X1, X2 = Entero					
65	X1, X2 >=0					

La solución que brinda el optimizador determinístico Solver® es fabricar 350 unidades de X1 y 900 unidades de X2. Los recursos de horas disponibles para ensamble y terminado se proyecta usarlos al 100%. Debemos saber de antemano, que el algoritmo Solver® siempre brinda una solución local y se deben de hacer diferentes entradas iniciales para estar seguros de que la solución encontrada es la global.

Seguidamente, conociendo el número de productos que se deben de fabricar en un entorno determinístico, se hace uso del modelo predictivo de simulación. Los modelos de simulación necesitan que a las variables de entrada consideradas se les configuren distribuciones de probabilidad que pueden ser, como en este caso, basadas en opinión de expertos. Si existen interdependencias justificadas se debe tomar en cuenta las relaciones entre las variables de entrada del modelo. Las variables del modelo predictivo de simulación se presentan a continuación:

Tabla 3: Caracterización de variables Oracle Crystal Ball (R)

Definición de Variables del Modelo Predictivo de Simulación

Variable	Tipo de Variable	Referencia	Celda
Pronósticos Utilidades Z	Previsión	Utilidades Z	E80
Utilidad de contribución producto X1	Supuesto	UCX1	C83
Utilidad de contribución producto X2	Supuesto	UCX2	D83
Pronostico Horas Ensamble	Previsión	Horas Ensamble Empleadas	E85
Pronostico Horas Terminado	Previsión	Horas Terminado Empleadas	E86
# Horas ensamble productos X1	Supuesto	X1ES	C75
# Horas ensamble productos X2	Supuesto	X2ES	D75
# Horas terminado productos X1	Supuesto	X1TE	C76
# Horas terminado productos X2	Supuesto	X2TE	D76

Las caracterizaciones de los supuestos e interdependencias son las siguientes:

Tabla 4: Descripción de supuestos e interdependencias

117 Distribuciones de Probabilidad & Interdependencias

118

Descripción	Distribución de Probabilidad	Parametro1	Parametro2	Parametro3	Celda	
Utilidad de contribución producto X1	CB.Normal (7,0.5)	7.0	0.5		C83	
Utilidad de contribución producto X2	CB.Normal (5,0.5)	5.0	0.5		D83	
# Horas ensamble productos X1	CB.Triangular (1.9,2,2.2)	1.9	2.0	2.2	C75	
# Horas ensamble productos X2	CB.Triangular (0.9,1,1.2)	0.9	1.0	1.2	D75	
# Horas terminado productos X1	CB.Triangular (5.9,6,6.2)	5.9	6.0	6.2	C76	
# Horas terminado productos X2	CB.Triangular (6.9,7,7.2)	6.9	7.0	7.2	D76	
Matriz de Interdependencias Spearman						
	UCX1	UCX2	X1ES	X2ES	X1TE	X2TE
UCX1	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
UCX2		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
X1ES			1.00	0.75	0.40	0.40
X2ES				1.00	0.40	0.40
X1TE					1.00	0.85
X2TE						1.00
Promedio Correlaciones Spearman		0.27				

135

136

137

Es importante recordar que hoy en día el mundo está interconectado y es vital siempre analizar la interacción entre las variables. Si se omite este análisis, se puede estar sub o sobre estimando los extremos en el perfil de riesgo del objetivo estratégico o previsión.

En el caso básico, se ha calculado el promedio de las interrelaciones o correlación de rango Spearman que es del 0.27. Al no configurar interdependencias se estaría subestimando el riesgo en las colas del perfil de riesgo o previsión del objetivo estratégico Utilidad Z.

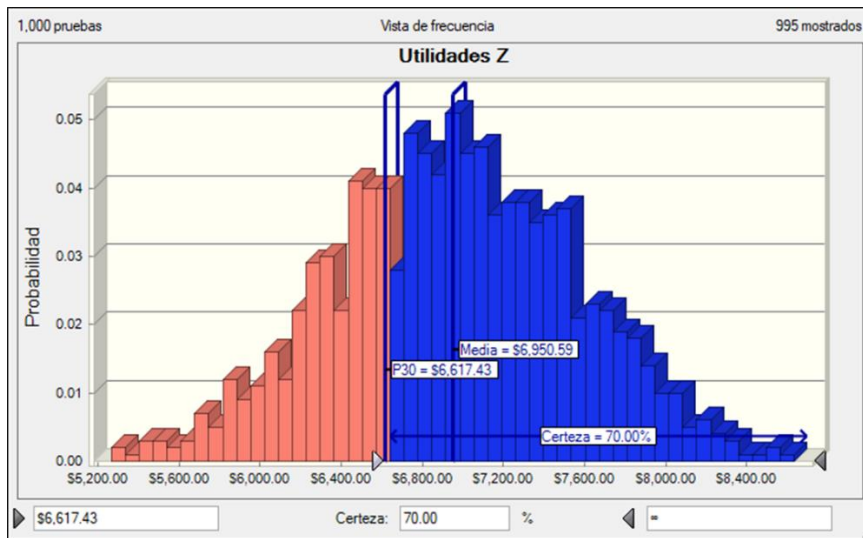
El objetivo estratégico o previsión es la Utilidad Z que se genera a través de la venta y fabricación de los productos X1 y X2. El modelo predictivo de simulación se presenta a continuación:

Tabla 5: Modelo Predictivo Oracle Crystal Ball (R)

	A	B	C	D	E	F
66						
67						
68		Modelo Predictivo - Simulación Monte Carlo				
69						
70		Entradas	Producto	Producto		
71		Función Objetivo Z	X1	X2		
72		Utilidad de Contribución	\$7.00	\$5.00		
73						
74		Estándares de producción por producto	Producto X1	Producto X2	Horas disponible por departamento	
75		# horas por Ensamble	2	1	1,600	
76		# horas por Terminado	6	7	8,400	
77		Modelo LP MS Excel				
78			Producto X1	Producto X2	Total Z	
79						
80		Utilidad de Contribución Z	\$2,450.00	\$4,500.00	\$6,950.00	
81						
82		Unidades a Producir	350	900		
83		Utilidad de contribución	\$7.00	\$5.00		
84		Sujetos a			Horas Planificadas	Horas Disponibles
85		Horas departamento ensamble	700	900	1,600	1,600
86		Horas departamento terminado	2100	6300	8,400	8,400
87						
88						
89						
90		Formulación				
91						
92						
93		1-- Función objetivo: Pronósticos				
94		Total Z= E80 =C82*C83 + D82 * D83				
95		2- Pronósticos				
96		# Horas ensamble = E85 = C82 * C75 + D82 * D75				
97		# Horas terminado E86 = C82 * C76 + D82 *D76				
98		3- - Características productos				
99		X1, X2 = Entero				
100		X1, X2 >=0				

El perfil de riesgo produciendo 350 unidades del producto X1 y 900 del producto X2 es el siguiente:

Ilustración 1: Perfil de riesgo o previsión Utilidad Z



La Utilidad Z de \$6,950,059 es la proporcionada por la solución determinística del Solver®, pero su fiabilidad es limitada al tratarse de un promedio. Para obtener una estimación más precisa, utilizando el modelo predictivo de simulación con una confiabilidad del 70%, se proyecta que la Utilidad Z sea de \$6,617.43.

Sin embargo, se debe cuestionar si los recursos disponibles de horas de ensamble y terminado serán suficientes por los riesgos que se presentan en los estándares del # de horas por producto en los dos centros de trabajo. Los perfiles de riesgos de ambos centros de producción se presentan a continuación:

Ilustración 2: Perfil de riesgo horas disponibles ensamble

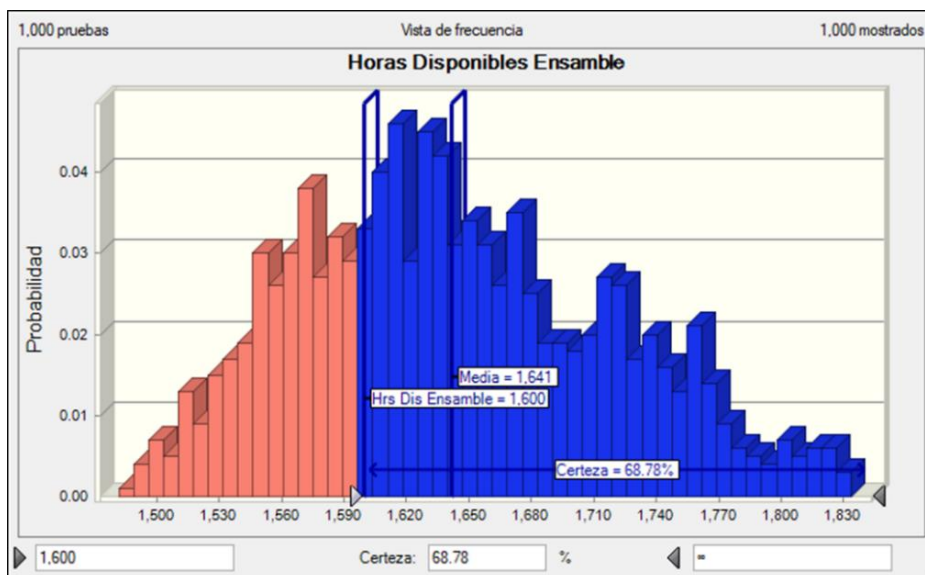
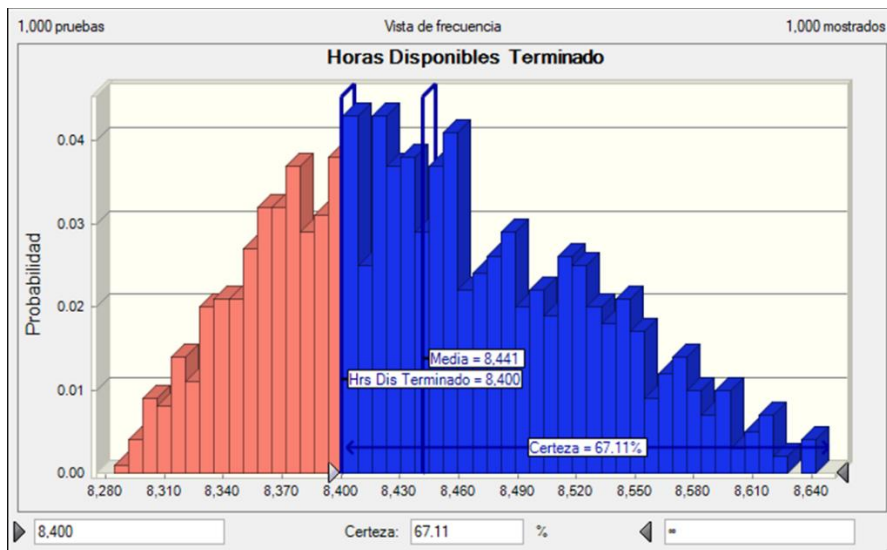


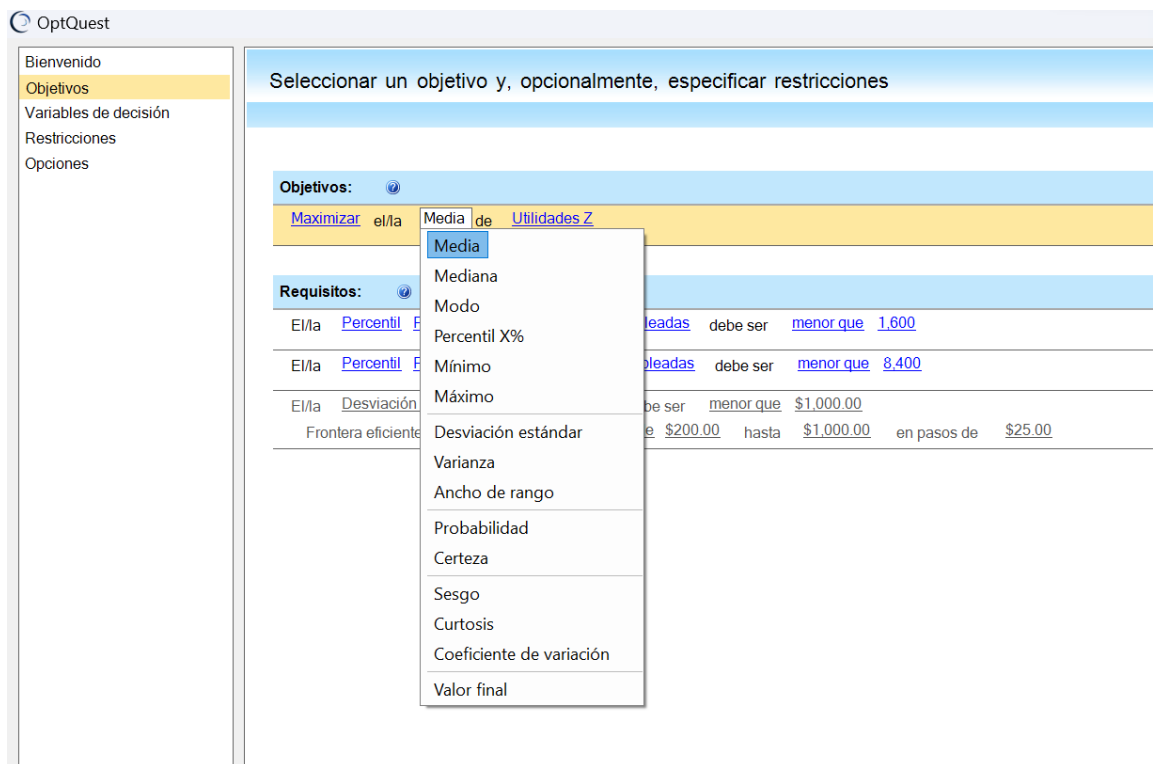
Ilustración 3: Perfil de riesgo horas disponibles terminado



En ambos perfiles de riesgos o previsiones de los centros de trabajos de ensamble y terminado arriba presentados, se aprecia la región de color azul que es el riesgo de no tener la disponibilidad de horas para poder fabricar la proyección que nos brindó el algoritmo Solver®, 350 unidades del producto X1 y 900 unidades del producto X2. Estas circunstancias de falta de recursos para implementar planes se presentan a menudo en la vida real de recursos limitados.

La solución es construir un modelo prescriptivo que va a complementar el modelo predictivo de simulación. Esto se realiza incorporando las variables decisorias o de control y hacer uso del OptQuest®. OptQuest® realiza optimización probabilística, metaheurística y brinda soluciones globales dado que ha sido construido con tecnología de punta tales como: tabú search, scatter search y redes neuronales. OptQuest® optimiza funciones de buscar objetivo, maximizar y minimizar. Lo interesante es que puede optimizar una gran gama de parámetros como se presenta en la siguiente pantalla:

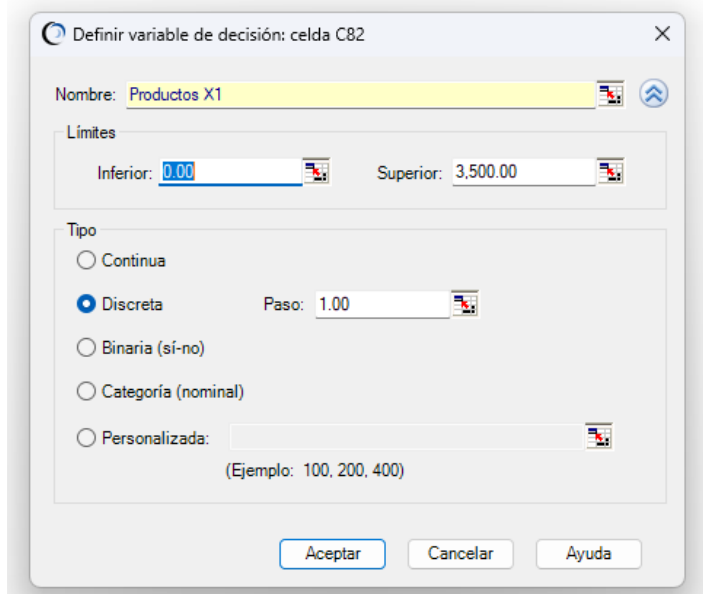
Ilustración 4: Pantalla de OptQuest (R): selección de parámetro a optimizar



OptQuest® acepta funciones lineales o no lineales en restricciones y función objetiva. Además, tiene incluido la frontera eficiente desarrollada por el Dr. Harry Markowitz. La función objetiva puede emplearse en funciones denominadas multiobjetivo para simplificar la resolución de modelos complejos. Mayor información sobre OptQuest® se brinda en la bibliografía. Las variables decisorias pueden ser discretas, continuas, binarias, personalizadas o categóricas. En estos casos serán discretas y enteras.

La pantalla de las variables decisorias y de control se presenta para el producto X1 a continuación:

Ilustración 5: Configuración de variables decisorias en OptQuest (R)



La formulación de la optimización probabilística se presenta a continuación:

Variables: C82, D82

Objetivo: E80 (maximizar la media)

Requerimientos: Percentil 90% E85 \leq F85

Percentil 90% E86 \leq F86

Restricciones:

C82, D82: ≥ 0 & $\leq 3,500$, discreta, paso 1

Se puede apreciar en la formulación que se han incluido requerimientos, los cuales podemos pensar como restricciones probabilísticas dado que restringen a objetivos estratégicos o previsiones y no así restricciones. En este caso, se usaron los percentiles al 90% como requerimiento. La solución de la mezcla de productos debe cumplir para ser factible.

Solamente se permite pasar estos requerimientos de recursos disponibles en un 10%. El nivel de percentiles a emplear en la optimización probabilística en la vida real dependerá de la diversificación, patrimonio, tolerancia de riesgo aceptable por los tomadores de decisiones en la empresa.

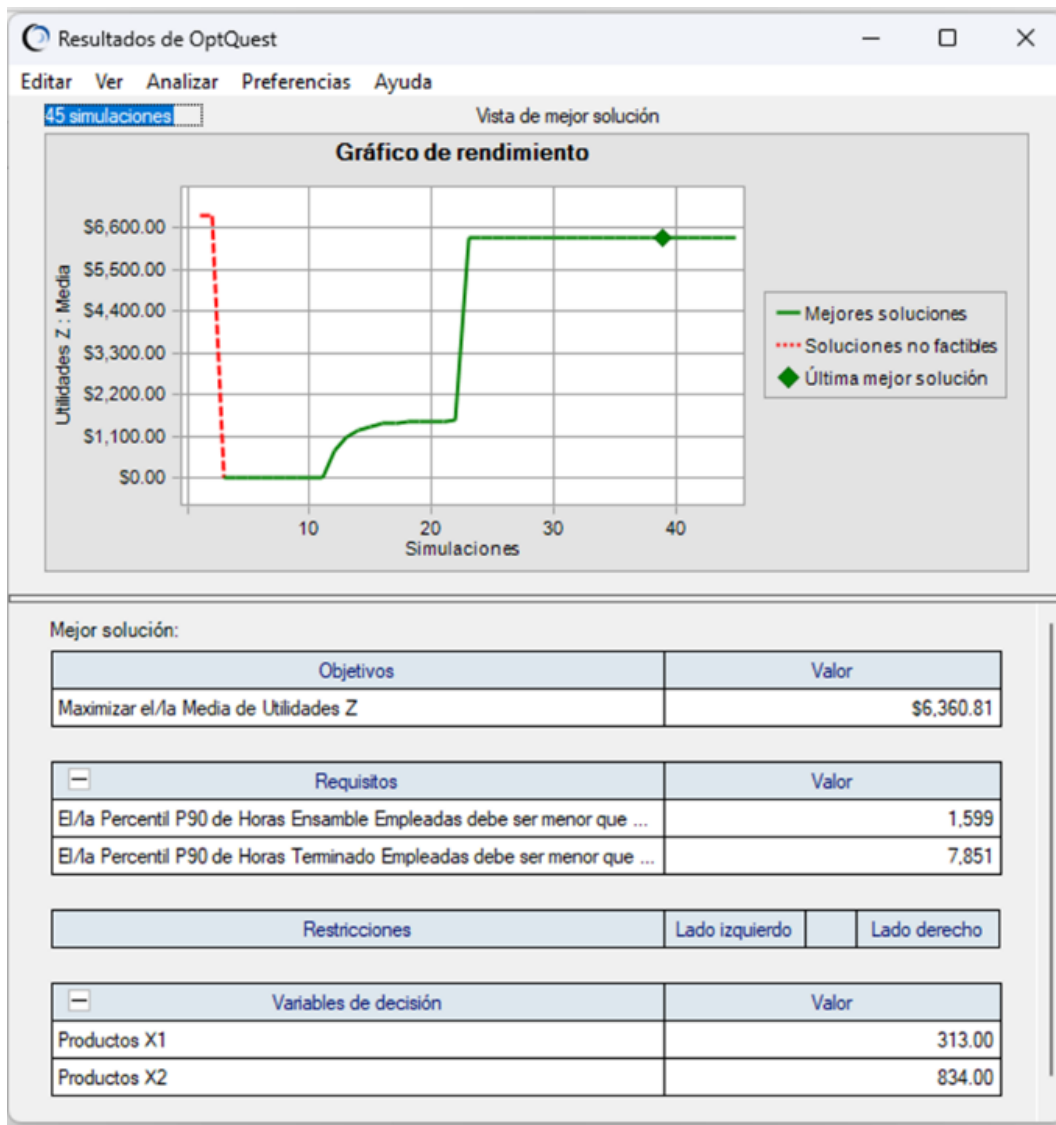
El modelo de optimización probabilística se presenta a continuación:

Tabla 6: Modelo prescriptivo configurado con OptQuest (R)

Modelo Prescriptivo OpQuest® - Simulación Monte Carlo					
	Entradas	Producto	Producto		
	Función Objetivo Z	X1	X2		
	Utilidad de Contribución	\$7.00	\$5.00		
	Estándares de producción por producto	Producto X1	Producto X2	Horas disponible por departamento	
	# horas por Ensamble	2	1	1,600	
	# horas por Terminado	6	7	8,400	
	Modelo LP MS Excel				
		Producto X1	Producto X2	Total Z	
	Utilidad de Contribución Z	\$2,359.00	\$3,950.00	\$6,309.00	
	Unidades a Producir	337	790		
	Utilidad de contribución	\$7.00	\$5.00		
	Sujetos a			Horas Planificadas	Horas Disponibles
	Horas departamento ensamble	674	790	1,464	1,600
	Horas departamento terminado	2022	5530	7,552	8,400
	Características Productos				
	Enteros	Discreto , paso 1 unidad	Discreto , paso 1 unidad		
	Dominio igual o mayor de cero	>= 0 & 3,500<=	>= 0 & 3,500<=		
	Formulación				
	1 -Variables de Decisiones:				
	C82 (Producto X1), D82 (Producto X2)				
	2- Función objetivo: Pronósticos				
	Total Z= E80 =C82*C83 + D82 * D83				
	3- Pronósticos				
	# Horas ensamble = E85 = C82 * C75 + D82 * D75				
	# Horas terminado E86 = C82 * C76 + D82 *D76				
	4- Características productos				
	X1, X2 = Entero				
	X1, X2 >=0				

La pantalla de la optimización probabilística de OptQuest® se comparte a continuación:

Ilustración 6: Pantalla de Optimización Probabilística de OptQuest (R)



Los valores que toman las variables decisorias o de control son 313 unidades del producto X1 y 834 del producto X2, como se aprecia en la parte final de pantalla anterior.

OptQuest® permite al tomador de decisiones analizar todas las soluciones que se presentan en el caso. El tiempo a utilizar para correr la optimización y la simulación se puede establecer y el software tiene también el nivel de precisión que se desea para detenerse si se logra el nivel deseado.

A continuación se presentan las diferentes soluciones factibles y no factibles.

Ilustración 7: Soluciones factibles al 20% de OptQuest (R)

Editar Ver Analizar Preferencias Ayuda

85 soluciones totales Vista de análisis de solución

Rango	Nº de solución	Objetivo		Requisitos		Variables de decisión	
		Maximizar Media Utilidades Z	Percentil P90 <= 1.600 Horas Ensamble Empleadas	Percentil P90 <= 8.400 Horas Terminado Empleadas	Productos X1	Productos X2	
1	39	\$6.360.81	1.599	7.851	313.00	834.00	
2	38	\$6.355.81	1.598	7.844	313.00	833.00	
3	44	\$6.352.81	1.598	7.836	314.00	831.00	
4	37	\$6.350.81	1.597	7.837	313.00	832.00	
5	45	\$6.347.81	1.597	7.829	314.00	830.00	
6	23	\$6.345.81	1.596	7.830	313.00	831.00	
7	41	\$6.338.81	1.594	7.824	312.00	831.00	
8	28	\$6.328.81	1.591	7.809	312.00	829.00	
9	34	\$6.206.06	1.573	7.690	296.00	824.00	

Estadísticas: T - Solución de poca confianza (los valores son aproximados)

	Objetivo	Requisito 1	Requisito 2	Var X1	Var X2
Mínimo	\$6.206.06	1.573	7.690	296.00	824.00
Media	\$6.331.95	1.593	7.816	311.11	830.56
Máximo	\$6.360.81	1.599	7.851	314.00	834.00
Desv est	\$48.14	8	49	5.71	2.88

Mostrar mejor: 10 soluciones, 20 % de soluciones, Todas las soluciones (45), Nuevas mejores soluciones (17)

Incluir: Soluciones factibles (9), Soluciones no factibles (0)

Los perfiles de riesgos o previsiones de los recursos de horas disponibles limitados se presentan a continuación:

Ilustración 8: Perfil de riesgo ensamble con requerimientos establecidos

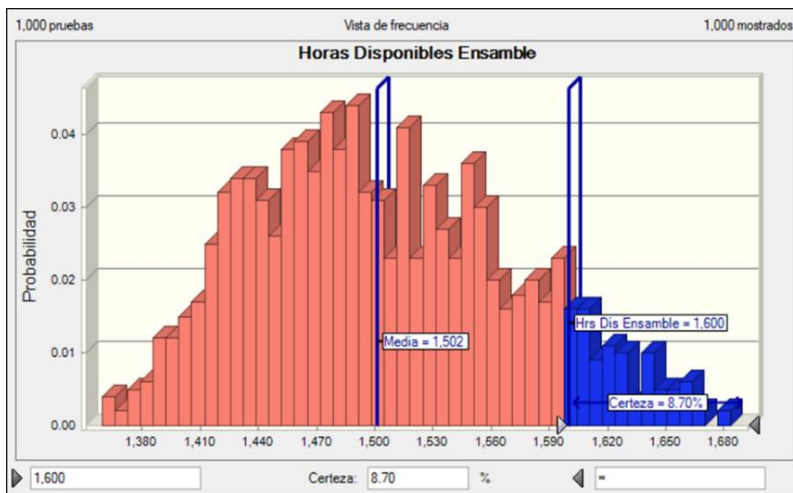
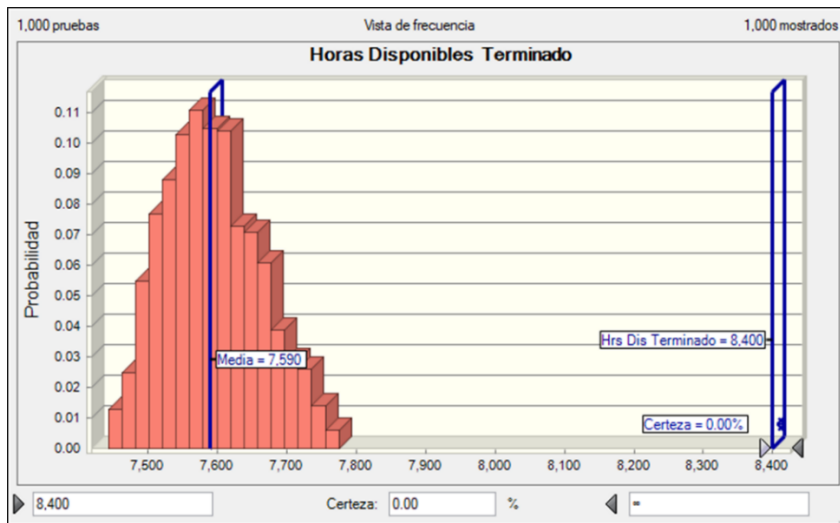
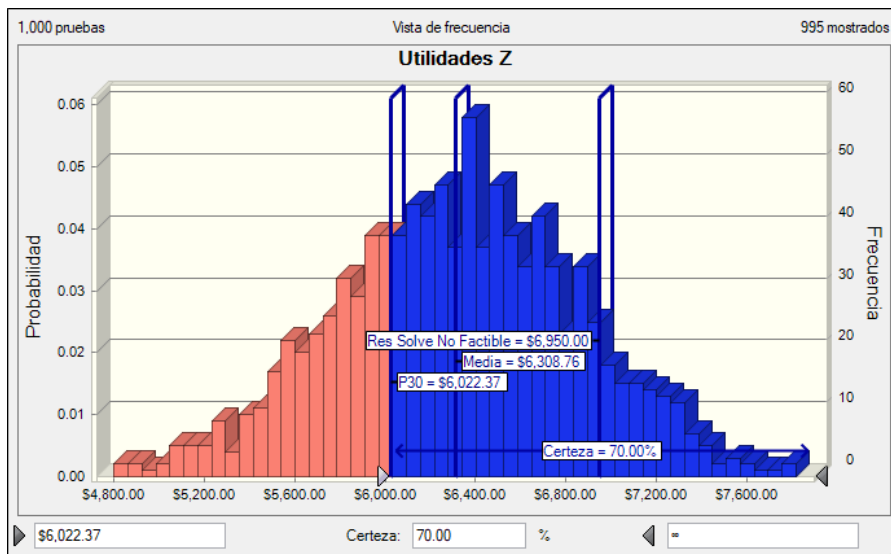


Ilustración 9: Perfil de riesgo terminado con requerimientos establecidos



En ambas previsiones podemos ver que OptQuest® ha cumplido con las restricciones usando los percentiles al 90% como requerimientos. El perfil de riesgo de la Utilidad Z que es factible lograr con los recursos de ensamble y terminado disponibles es el siguiente:

Ilustración 10: Perfil de riesgo Utilidad Z factible



Un estimado conservador y confiable en un 70% sería de US\$ 6,033.94, el mostrado en la distribución de salida anterior, siendo la región de color azul la probabilidad que se tiene que el estimado pueda ser aún mayor que el brindado.

La herramienta OptQuest® puede sensibilizar qué pasaría en cuanto cambios de mezcla de producción, Utilidad Z versus cambios en el nivel de riesgo medido por la desviación estándar. A esto se le llama la Frontera Eficiente desarrollada por el Doctor Harry Markowitz, quien compartió el premio nobel con William F. Sharpe y Merton H. Miller en 1990. La estadística descriptiva que brindan los cuatro momentos respecto a la media, se presenta en la siguiente tabla.

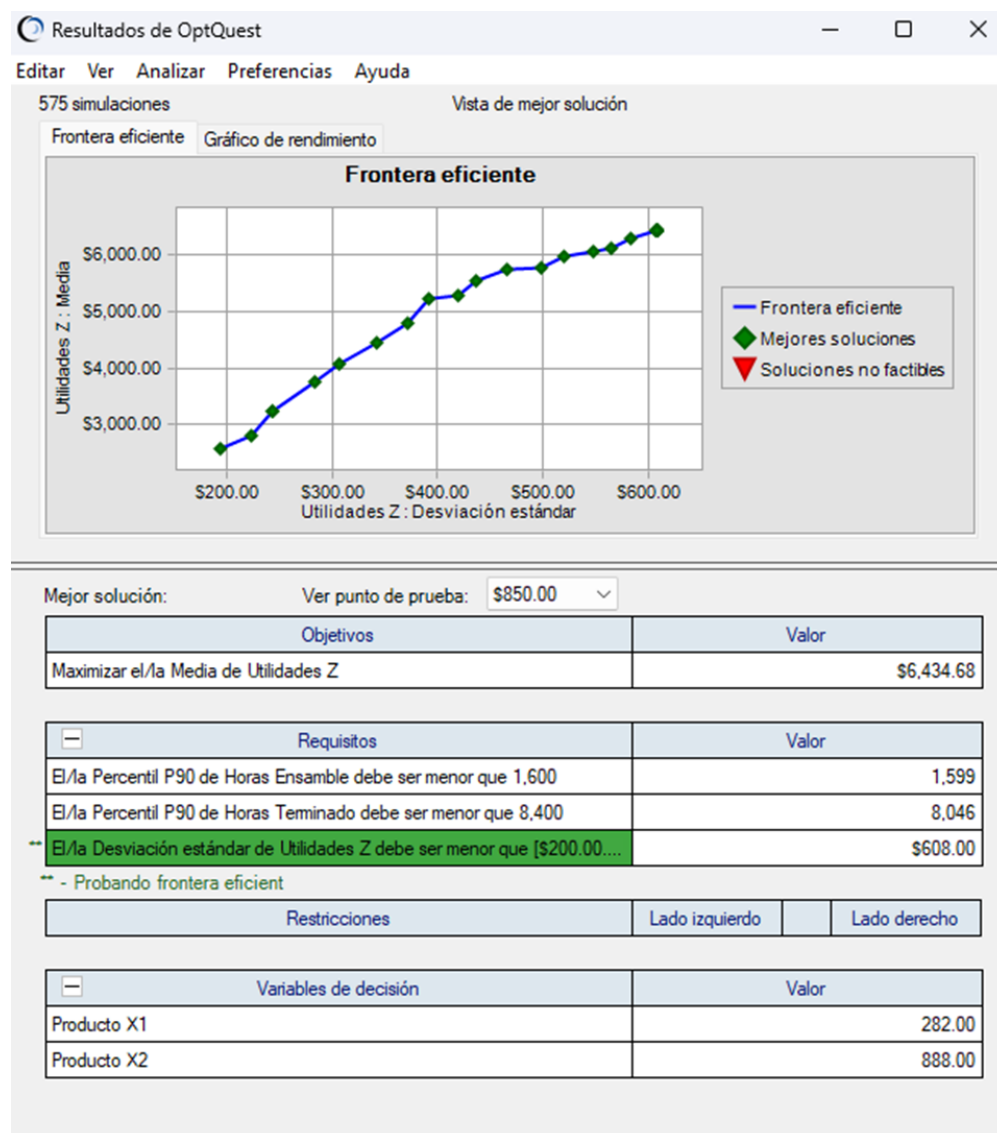
Ilustración 11: Estadística descriptiva de la Utilidad Z

1.000 pruebas		Vista de estadísticas	995 mostrados
Estadística	Valores de previsión		
Pruebas	1.000		
Caso base	\$6.309.00		
Media	\$6.308.76		
Mediana	\$6.324.78		
Modo	---		
Desviación estándar	\$538.70		
Varianza	\$290.200.26		
Sesgo	-0.0173		
Curtosis	2.98		
Coefficiente de variación	0.0854		
Mínimo	\$4.517.16		
Máximo	\$8.140.72		
Error estándar medio	\$17.04		

Se va construir la Frontera Eficiente haciendo variar la desviación estándar de la función objetivo Utilidad Z desde US\$ 200 hasta un máximo de US\$1,000 si es factible.

Los resultados de la Frontera Eficiente son los siguientes:

Ilustración 12: Frontera Eficiente generada por OptQuest (R)

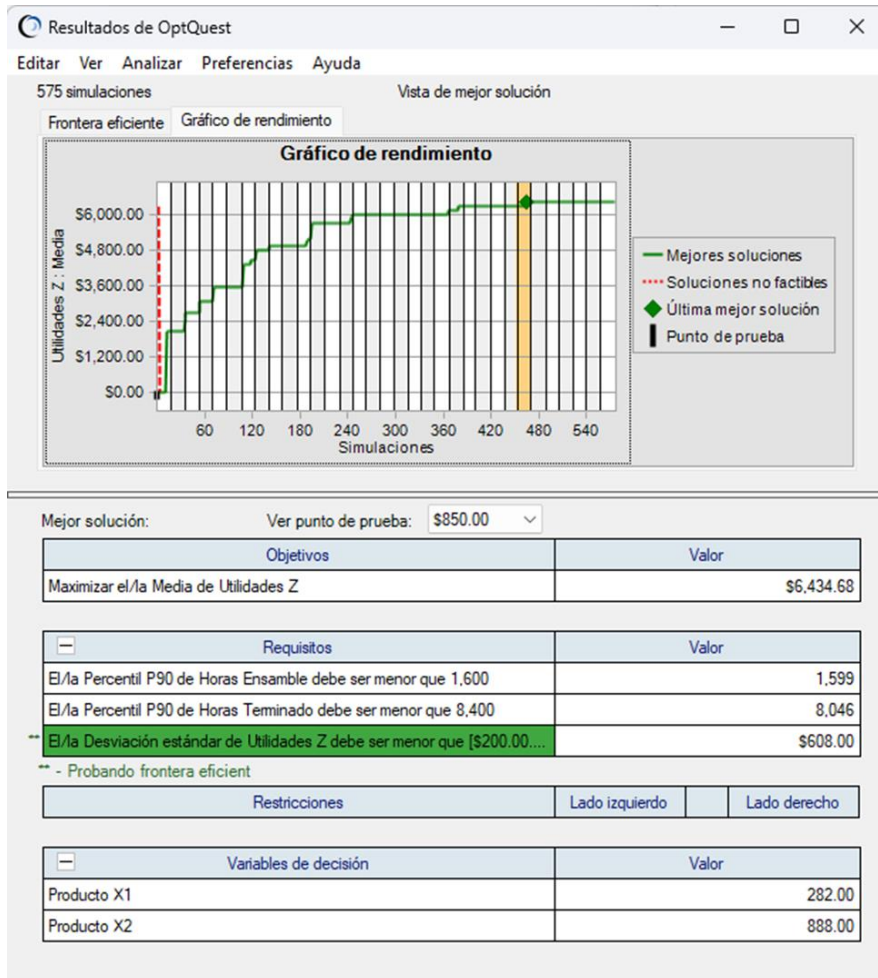


En el gráfico de la Frontera Eficiente podemos tener los mínimos y máximos de Utilidades Z y el nivel de riesgo medido por la desviación estándar o sigma. El tomador de decisiones debe seleccionar el punto que satisfaga su tolerancia de riesgos y que haga sentido en el contexto de trueque beneficio a riesgos (trade-off). La métrica de riesgos de desviación estándar o sigma puede ser cambiada por un valor a riesgo % Var.

Es importante recalcar que todas las soluciones que se marcan con un rombo verde son factibles y cumplen con los requerimientos de las previsiones de los recursos de ensamble y terminado limitados.

Otra manera que OptQuest® permite ver las opciones realizadas se comparte en la siguiente pantalla:

Ilustración 13: Soluciones Frontera Eficiente de OptQuest (R)



A manera de conclusión, los modelos prescriptivos son complementos de alto valor de la analítica de los negocios que hace que las empresas y tomadores de decisiones le puedan hacer frente a los resultados predictivos y mejorar el nivel de valor a una exposición de riesgo aceptable para la empresa. Oracle Crystal Ball® y OptQuest®, sin lugar a duda, son herramientas que fortalecerán aún más la planeación operativa y estratégica en tiempo de incertidumbre en todas partes del globo.

Bibliografía

- Better, M., & Glover, F. (n.d.). *www.optkek.com*. Retrieved from <https://www.opttek.com/white-papers/scenario-based-risk-management-and-simulation-optimization/>
- Bravo Mendoza , O., & Sánchez Celis, M. (2012). *Gestión Integral de Riesgos Tomo II*. Bogotá: Bravo & Sánchez , EU.
- Charnes, J. (2012). *Financial Modeling with Oracle Crystal Ball (R) and Excel (R)*. WILEY FINANCE.
- Evans, V. (2015). *Estrategias de Negocios*. Trillas.
- Hawawini, G., & Viallet, C. (2022). *FINANCE FOR EXECUTIVES Managing for Value Creation*. CENGAGE.
- Markowitz, H. M. (2006). *Portafolio Selection*. Blackwell Pubshing.
- Markowitz, H. M., Sharpe, W. F., & Miller, M. H. (1991). *The founders of Modern Finance: Their Prize-winning Concepts and 1990 Nobel Lectures*. The Research Foundation of The Institue of Chartered Financial Analysts.
- McMullen, P. R. (2005). Using Correlation Matrices and Optimization to Add Practical Functionality to Spreadsheet Simulation form MBA- Level Quantitative Analysis Courses. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*.
- Phillips, R. L. (2005). *Pricing and Revnue Optimization*. Stanford Business Books.
- Powell, S. G., & Baker, K. R. (2014). *Management Science*. WILEY.
- Ragsdale, C. T. (2012). *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis*. CENGAGE.
- Revello de Toro Cabello, J. M. (2022). *LA VALORACION DE LOS NEGOCIOS*. Almuzara Universidad.
- Savage, S. L. (2009). *The Flaw of Averages*. WILEY.
- Shmueli, G., & Bruce, P. C. (2016). *Data Mining For Business Analytics*. WILEY.

Simon, H., & Fassnacht, M. (2019). *Price Management*. Springer.

Tierney, B. (2014). *Predictive Analytics Using Oracle Data Miner*. Oracle Press.

Vose, D. (2008). *Risk Analysis*. John Wiley & Sons, Ltd.

www.opttek.com. (n.d.). Retrieved from <https://www.opttek.com/white-papers/project-portfolio-selection-efficient-frontier-approach/>

www.oracle.com/crystalball. (n.d.). Retrieved from <https://www.oracle.com/applications/crystalball/>

Hoja de vida de Luis Francisco Zaldívar, MSE

Consultor con más de 30 años de experiencia especializado en Análisis de Riesgos, Finanzas, Inversiones, Valoración de Empresas, Fusiones y Adquisiciones, Reestructuras, APP, Inversiones, Gestión de Ingresos, Construcción de Modelos Predictivos y Prescriptivos, Riesgos Financieros Bancarios, Seguros y Minería de Datos.

Participó en la alta dirección en dos bancos comerciales por 8 años, empresas de manufactura de exportación por 16 años en El Salvador.

Ha dictado cátedras en Simulación Monte Carlo, Optimización, Valorización de Empresas, Finanzas Corporativas, Inversiones en Carteras, Minería de Datos, Pronósticos, Economía Aplicada, Riesgos Financieros, Estrategias Financieras y F&A en los programas de maestría en Finanzas y Administración de Empresas en LATAM.

Ha realizado entrenamientos en Análisis de Riesgo utilizando simulación de Monte Carlo y Optimización Probabilística con el software Oracle Crystal Ball®. Los entrenamientos durante los últimos trece años han sido aplicados a las siguientes industrias: Petróleo, Gas, Minería, Energías Renovables, Industria Eléctrica, Manufactura, Agroindustria, Banca Comercial y Central, Educación y en Empresas Corporativas en los siguientes países: México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana, Colombia, Perú, Chile, Bolivia, Paraguay y Venezuela.

Facilitador y Consultor Certificado en Análisis de Riesgos empleando el software Crystal Ball® por Crystal Ball Global Unit, Denver, Colorado y ModelRisk® por Vose Software de Bélgica.

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.

Actualmente, estudia cuarto semestre del Doctorado en Economía y Finanzas DEF en la Universidad Benito Juárez de Puebla, México.