

## EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONFIABILIDAD OPERACIONAL EN EL DISEÑO Y GESTIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

INCERTIDUMBRE,  
VARIABILIDAD Y RIESGO

SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA PARA  
LA TOMA DE DECISIONES

MODELACIÓN DE SISTEMAS  
PRODUCTIVOS

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS  
INDUSTRIALES

INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD EN LA  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA





## *Presentación*

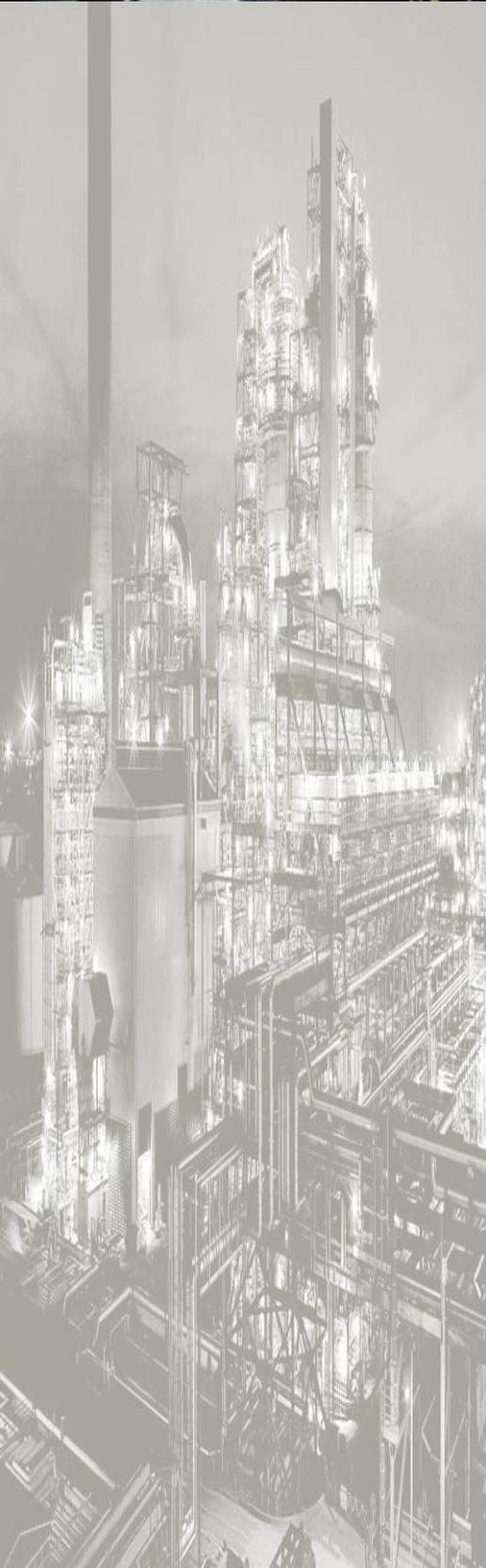
CGS, empresa chilena de consultoría desarrolladora de R-MES y ORACLE Corporación, compañía estadounidense fabricante de Crystal Ball, le invitan a este curso de formación que tiene como objetivo fortalecer conocimientos y entregar herramientas necesarias para la evaluación e ingeniería de grandes proyectos de inversión.

En el campo empresarial, Crystal Ball es utilizado como soporte para la toma de decisiones por más del 85% de la compañías que forman parte de FORTUNE TOP 500 empresas como Petrobras, Repsol YPF, PVDSA, GE, CVRD VALE, Minera Collahuasi, Motorola, Telefónica, Wal-Mart, Shell, Texaco, Exxon, BHP Billiton, Rio Tinto, IBM, Johnson & Johnson, Bayer, Pfizer, NASA, Xerox, Boeing, Embraer, CPFL, Duke-Energy, Banco Central de Chile, Banco ITAU, Banco Santander. En el campo académico, Crystal Ball se enseña en Universidades como Harvard, UCLA, MIT, Princeton, Oxford, Universidad Adolfo Ibáñez, Pontificia Universidad Católica de Chile, Inacap, Fundacao Getulio Vargas, IBMEC Brasil entre otras.

Por otra parte, la Plataforma R-MES es utilizada tanto para la gestión de activos en sistemas de producción como para apoyar, a través de la ingeniería de confiabilidad, el diseño de proyectos intensivos en activos. Entre las empresas que han obtenido los beneficios de R-MES destacan Codelco, Escondida, Antamina, BHP Billiton, Freeport McMoran, Xstrata Copper, Barrick, Yamana Gold, Anglo American, Quadra FNX, SQM, Teck, SNC-Lavalin, SKM, Fluor, Hatch, Ferrovie dello Stato, EDAS, Ternium, Tenaris, entre otros. En el ámbito académico R-MES ha sido utilizado en programas de pre y postgrado en el Politecnico di Milano, Universidad de Chile, Universidad Austral de Buenos Aires, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Universidad Federico Santa María.

El programa ha sido diseñado para demostrar una amplia variedad de aplicaciones orientadas a la evaluación de proyectos de mejora y optimización de procesos industriales, dando énfasis en conceptos como riesgo, probabilidades, confiabilidad y mantenibilidad. Los asistentes recibirán material de apoyo incluyendo licencias de entrenamiento de ambos software por el período del curso.

El programa es dirigido a ejecutivos y profesionales particularmente de áreas como ingeniería, proyectos, estudios, mejoramiento continuo, finanzas mantenimiento y producción, principalmente de unidades que continuamente evalúen mejoras e inversiones en los sistemas productivos o en nuevos proyectos. Está especialmente orientado a aquellos profesionales interesados en mejorar la toma de decisiones a través de fundamentos cuantitativos que consideren elementos como probabilidad de ocurrencia o comportamiento de falla de los equipos, con el objetivo de maximizar la rentabilidad sobre los activos bajo escenarios con incertidumbre.





## ***Introducción***

La competitividad de las empresas intensivas en activos fijos se sustenta en la eficiencia, y por lo tanto en la capacidad de éstas para rentabilizar su inversión. Este aspecto obliga a analizar de forma rigurosa nuevos proyectos de mejora, desde su etapa de concepción, con el objetivo de maximizar los beneficios en el ciclo de vida de los activos a través de herramientas que permitan mejorar los niveles de producción y disminuir tanto la inversión como los costos operacionales. Dado que la disminución en un tipo de costo puede incidir en el aumento de otro, es necesaria una visión integral de sistemas productivos que permita identificar el mejor escenario con una probabilidad de ocurrencia o riesgo dado.

## ***Alcance del programa***

El curso se centra en la aplicación de técnicas de simulación estocástica, pronósticos, optimización y modelación RAM (reliability, availability y maintainability) para la evaluación del diseño de ingeniería de procesos industriales. Además entrega conocimientos teóricos y prácticos de ingeniería de plantas como base para determinar la seguridad de funcionamiento y producción estimada de un sistema productivo a partir del comportamiento de detención de los equipos. De este modo, el primer módulo entrega los fundamentos básicos para medir riesgo y profundiza, con soporte de Crystal Ball, en la utilización de herramientas para la estimación de costos en escenarios de incertidumbre y volatilidad. Como complemento, el segundo módulo proporciona los conocimientos de ingeniería de confiabilidad y mantenibilidad necesarios para optimizar el diseño de un proceso y mejorar la rentabilidad sobre los activos de un proyecto, en su ciclo de vida, a partir de modificaciones en su configuración lógico funcional. Además, este último módulo facilita, con el soporte de la modelación en R-MES, las herramientas prácticas para estimar el nivel de producción, utilización y disponibilidad de distintos escenarios en base a la confiabilidad sistémica y la probabilidad de ocurrencia dada para cada caso. En resumen, la integración de ambos módulos entrega metodologías para estimar la rentabilidad y riesgo de un proyecto a partir de la simulación de costos y producción.

## ***Metodología***

- Creación de ambientes que promueven la interacción con el relator
- Potencia el desarrollo del pensamiento crítico mediante debates
- Fomenta el trabajo en equipo
- Entrega conocimientos teóricos y prácticos
- Recrea la realidad a través de casos aplicados
- Considera la utilización de herramientas informáticas
- Facilita el entendimiento a través de la exposición de casos reales por parte de los relatores o de expositores invitados

## **Beneficios**

Al término del curso, los participantes habrán aprendido a:

- Ampliar conocimiento en técnicas de modelación.
- Conocer y aplicar la estadística de riesgo y sus métricas.
- Convertir modelos estáticos en modelos dinámicos de simulación.
- Desarrollar el proceso de análisis de riesgos.
- Realizar pronósticos de variables.
- Configurar modelos de optimización estocástica.
- Calcular métricas de riesgos como volatilidad, variabilidad, %Var y %CVAR.
- Profundizar conocimientos de ingeniería de confiabilidad y mantenibilidad.
- Modelar procesos desde la óptica lógico-funcional.
- Interpretar KPIs como disponibilidad, utilización, costo de falta, throughput-ability
- Determinar la disponibilidad sistémica de un proceso productivo
- Mejorar el diseño de un proceso productivo a partir de su configuración lógico-funcional
- Evaluar un proyecto de mejora integrando riesgo operacional y costos.
- Analizar escenarios desde una óptica que considere la probabilidad de ocurrencia.
- Estimar el nivel de producción considerando el comportamiento de falla de los equipos.

## **Estructura del programa**

**Módulo 1.** Evaluación de riesgos y optimización en proyectos de mejoras  
[16 horas]

Relator: [8 horas] **Eduardo Herrera**

Casos prácticos: [8 horas] **Eduardo Herrera**

**Módulo 2.** Confiabilidad y riesgo operacional en la evaluación LCC de mejoras  
[16 horas]

Relatores: [8 horas] **Fredy Kristjanpoller**

Casos prácticos: [8 horas] **Ignacio Bustamante**

### **Eduardo Herrera**

Ingeniero Civil de la Universidad Técnica de Loja, Ecuador y MBA de la Escuela Politécnica Nacional de Quito. Adicionalmente se ha perfeccionado en Canadá en Evaluación de Inversiones y Análisis de Riesgo. En el campo de la docencia tiene una experiencia de quince años como Profesor Universitario con cátedras como Estadística, Técnicas de Simulación, Simulación Financiera, Evaluación de Proyectos y Métodos Cuantitativos. Además ha dictado seminarios relacionados con Análisis de Riesgo, Manejo de Incertidumbre y Decisiones Efectivas, Riesgos en Proyectos de Inversión y Gerencia de Proyectos en países como Argentina, Bolivia, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, México, Panamá, Perú, Trinidad y Tobago y Venezuela. Es autor del Libro Riesgos en Proyectos de Inversión. En el ámbito empresarial es fundador de Cydhem S.A y ha asesorado el desarrollo de importantes proyectos de inversión en las áreas académica, de infraestructura, ingeniería, producción y petróleo.

## *Días 1 y 2. Evaluación de riesgos y optimización en proyectos de mejoras*

### Introducción y fundamentos básicos

- Incertidumbre, variabilidad y riesgos
- Análisis de escenarios
- Análisis de sensibilidad
- Simulación Monte Carlo

### Evaluación económica y perfiles de riesgo en proyectos de mejora e inversión

- Modelación de incertidumbres técnicas y económicas
- Ajuste a distribuciones de probabilidad
- Correlaciones entre supuestos
- Preferencias de simulación
- Modelación y simulación de costos e ingresos para la evaluación de proyectos
- Evaluación y estimaciones probabilísticas de VAN y TIR
- Identificación de variables críticas - Análisis de sensibilidad multidimensional
- Valor en Riesgo (VaR) en Proyectos de Inversión y perfiles de pronóstico (CVar)

### Simulación y toma de decisiones

- Análisis estadístico-probabilístico
- Manejo de gráficos: forecast, overlay, trend, sensitivity, scatter
- Generación de reportes de simulación
- Extracción de datos
- Herramientas de Crystall Ball
- Interpretación estadística y gráficos de simulación

### Pronósticos de series temporales

- Tendencia y Estacionalidad
- Ajuste de valores extremos
- Regresión múltiple
- Reportes y extracción de datos

### Optimización de portafolios de proyectos de mejora

- Proyectos con restricción presupuestaria
- Modelación de rentabilidad y éxito esperado
- Modelación para la selección de proyectos
- Optimización determinista
- Optimización probabilística
- Reportes de Optimización

### Caso aplicado 1. Evaluación estocástica de proyecto de mejora

- Modelación de variables técnicas
- Modelación de variables económicas (precio del metal, costos de capital y costos de operaciones)
- Simulación LCC de VAN y TIR para decisión de inversión
- Identificación de variables críticas

### Caso aplicado 2. Selección de proyectos de mejora

- Modelación para la selección de proyectos
- Definición de la función objetivo (VAN, TIR u otra)
- Optimización con incertidumbre y restricción presupuestaria

### *Fredy Kristjanpoller*

Ingeniero Civil Industrial y Magíster en Gestión de Activos de la Universidad Técnica Federico Santa María. Profesional con una vasta experiencia en ingeniería de mantenimiento, particularmente en el modelación y análisis sistémico de plantas y flotas de equipos de la gran minería. Ha trabajado en el desarrollo de aplicaciones informáticas para la Ingeniería de Confiabilidad, entre las que se destaca R-MES y como consultor ha participado en la evaluación y modelación de confiabilidad y mantenibilidad de importantes proyectos mineros.

## **Días 3 y 4. Confiabilidad y riesgo operacional en la evaluación LCC de mejoras**

### **Fundamentos de confiabilidad y mantenibilidad**

- Confiabilidad operacional y fundamentos de gestión de activos
- Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (RAM)
- Enfoque Life Cycle Cost en la evaluación de mejoras y diseño de proyectos

### **Ingeniería de confiabilidad en la evaluación LCC y toma de decisiones**

- Ingeniería de plantas y fundamentos de la teoría de la confiabilidad
- Comportamiento de falla de los equipos: ajuste de curvas de confiabilidad
- Análisis sistémico de procesos y configuración lógico-funcional
- Relación lógica entre equipos/sistemas: serie, paralelo, stand-by, k/n, fraccionamiento
- Importancia y manejo del dato para el análisis en la etapa de ingeniería
- Consecuencia de falla v/s frecuencia de falla: equipos críticos, agudos y crónicos
- Mejoramiento y toma de decisiones en base a análisis RAM: caso aplicado

### **Confiabilidad y mantenibilidad en la evaluación LCC de inversiones**

- Confiabilidad y riesgo operacional en gestión y proyectos:
- Incertidumbre en el desempeño de una planta o flota
- Utilización esperada de un proceso: enfoque bottom up v/s top down
- Seguridad de funcionamiento: sistemas tipo pulmón y *throughput-ability*
- Costos globales: inversión, costos directos y costos de falta
- Evaluación de oportunidades de mejora: VAN, TIR
- Análisis estocástico: definición de riesgos y probabilidades de ocurrencia

### **Plataforma R-MES y simulación RAM**

- Modelación lógico-funcional de plantas y flotas
- Modelación de sistemas tipo pulmón: stock-piles, estanques, etc.
- Requerimientos de información y calidad de la data
- Simulación RAM: histórica, probabilística y estocástica
- Análisis de KPIs (MTTR, MTBF, U, A, T, LCC) y reportes de confiabilidad

### **Análisis de riesgo y seguridad de funcionamiento en procesos industriales**

- Simulación estocástica de confiabilidad
- Análisis LCC y toma de decisiones en base a riesgo e impacto sobre el negocio
- ¿Cuánto invertir en confiabilidad? ¿Qué riesgo debo aceptar en el nivel de producción?
- Incidencia de sistemas de acopio y obtención de curva de *throughput-ability*
- Estimación de niveles de producción y análisis de riesgo en presencia de acumuladores

### **Caso aplicado 1. Evaluación LCC y análisis de riesgo de una planta**

- Modelación y simulación RAM del diseño de ingeniería
- Cálculo de KPIs: Disponibilidad, Utilización, Costos
- Análisis de criticidades e identificación de oportunidades
- Seguridad de funcionamiento y estimación niveles de producción
- Simulación de cambios en niveles fraccionamiento y capacidades ociosas
- Evaluación LCC de escenarios y análisis de riesgo operacional

### **Caso aplicado 2. Optimización de un sistema stock-pile**

- Modelación y simulación del proceso utilizando R-MES
- Análisis de sensibilización para dimensionamiento de stock-pile
- Evaluación LCC y análisis de riesgo para distintos capacidades
- Análisis de escenarios: trade-off velocidad de llenado v/s capacidad
- Ajuste de curva, evaluación LCC y optimización utilizando Crystal Ball

### **Caso aplicado 3. Análisis de flota de equipos**

- Análisis de disponibilidad de equipos
- Análisis de costos directos y de la falta
- Evaluación LCC en base a modelos determinísticos y estocásticos



### **Ignacio Bustamante**

Ingeniero Civil Industrial de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Consultor de CGS, especialista en simulación T-RAM (Reliability, Availability, Maintainability & Throughput) de plantas en desarrollo de ingeniería, bajo la metodología Reliability Blocks Diagram (RBD).

Ha participado en diversas simulaciones de plantas mineras con la plataforma ingeniería de confiabilidad R-MES, dirigidas tanto a empresas de la industria minera como empresas de ingeniería para la evaluación de sus diseños. Experto en modelamiento de sistemas y simulación de procesos.

Como especialista en Ingeniería de Confiabilidad ha participado como relator en diversos programas de formación en esta materia desarrollados en Chile.



## Información General

Fecha: por definir  
Horario: 09:00 a 13:30 hrs. y 15:00 a 18:30 hrs.  
Duración: 32 hrs.  
Lugar: por confirmar  
Valor: \$750.000.- por el programa completo. Se aplica un descuento de 10% por dos o más participantes inscritos de la misma empresa.  
Incluye: Almuerzos, coffee-breaks, material didáctico exclusivo en español, Certificado de Participación.

Inscripciones: Fonos: (+56) (32) 2688987 / 2882909 - (+56)(9) 84791821  
e-mail: [empresa@cgssa.com](mailto:empresa@cgssa.com) / [jaraya@cgssa.com](mailto:jaraya@cgssa.com)

**Observación: Para inscribirse es necesario que complete y envíe la Ficha de Inscripción.**

## Notas

- I. CGS y Oracle se reservan el derecho de no realizar el curso, en la eventualidad que cuatro días antes de su inicio haya menos del quórum mínimo necesario de participantes inscritos en el mismo. En este caso se hará devolución del 100% del valor de la inscripción.
- II. En caso que un participante desista antes de diez días del inicio del curso, se hará devolución del 80% del valor de la inscripción. Si lo hace después de ese período no habrá devolución.
- II. Si se suspendiera la realización del curso, se avisará por e-mail a los participantes con al menos cinco días de anticipación al inicio del mismo.

## Información Adicional

La sustitución de participantes será permitida hasta 5 días antes de la fecha de inicio del evento.

El hospedaje no está incluido en el valor de la inscripción y tanto CGS como Oracle no se responsabilizan por costos asociados a reservas de hoteles y compra de tickets aéreos u otros costos de transporte.

El valor de la inscripción contempla todos los módulos del programa, incluyendo el material de apoyo, Certificado de Participación, coffee-break y almuerzos.

## Ficha de Inscripción

DATOS DEL PARTICIPANTE	
NOMBRE:	RUT:
E-MAIL (S):	TELÉFONOS:
DATOS DE LA EMPRESA DEL PARTICIPANTE	
NOMBRE DE LA EMPRESA:	
DIRECCIÓN:	
CIUDAD:	PAÍS:
TELÉFONOS:	
DATOS PARA EMISIÓN DE FACTURA	
RAZÓN SOCIAL:	RUT:
DIRECCIÓN:	
GIRO:	TELÉFONO:
ENVIAR FACTURA A:	E-MAIL:
DIRECCIÓN:	TELÉFONO:
FORMA DE PAGO	
<b><u>Depósito Bancario o Transferencia Electrónica a:</u></b> <b>Centro de Desarrollo de Gestión Empresarial</b> <b>Banco de Chile / Ag. Viña del Mar / Cta. Corriente: 00-148-01036-09</b> <b>Para consultas favor comunicarse a <a href="mailto:empresa@cgssa.com">empresa@cgssa.com</a> o al teléfono: 56-32-2688987/ 2882909</b>	

Para mayor información contactarse con:

- Juan Araya: 56 (32) 268 8987/ 56 (9) 8479 1821. [juan.araya@cgssa.com](mailto:juan.araya@cgssa.com)
- Macarena Rodriguez: 56 (32) 2882909 / 56 (9) 82597217. [macarena.rodriguez@cgssa.com](mailto:macarena.rodriguez@cgssa.com)
- 



[www.cgssa.com](http://www.cgssa.com)  
E-mail: [empresa@cgssa.com](mailto:empresa@cgssa.com)  
(56) (32) 2688987/ 2882909

ORACLE®