

Segundo avance del proyecto final de simulación

En esta segunda etapa del proyecto, el equipo ya debe pasar de la idea general del problema a la construcción técnica del modelo. Aquí comienza realmente el trabajo de simulación: transformar un sistema real en un modelo lógico, matemático y computacional capaz de apoyar la toma de decisiones.

h) Identificación de variables del sistema

¿Qué debe contener?

Consiste en identificar todos los elementos que influyen en el comportamiento del sistema y que serán representados en la simulación.

Las variables pueden ser:

- Variables de entrada.
- Variables de salida.
- Variables de control.
- Variables aleatorias.
- Variables de estado.

También deben clasificarse como:

- Cuantitativas o cualitativas.
- Determinísticas o probabilísticas.
- Continuas o discretas.

Preguntas guía

- ¿Qué elementos modifican el comportamiento del sistema?
- ¿Qué variables cambian con el tiempo?
- ¿Qué factores son aleatorios?
- ¿Qué variables afectan directamente los indicadores?
- ¿Cuáles son controlables y cuáles no?
- ¿Qué datos se requieren para cada variable?
- ¿Qué relación existe entre las variables?

Herramientas recomendadas (utiliza al menos una de ellas)

- Diagramas causa-efecto.
- SIPOC.
- Diagramas de relaciones.
- Tablas de variables.
- Mapeo de procesos.
- Excel.

i) Recolección y análisis de datos necesarios para el modelo**¿Qué debe contener?**

Debe explicarse:

- Qué datos serán recolectados.
- Cómo serán obtenidos.
- Cuántas observaciones se tomarán.
- Qué unidad de medida se utilizará.
- Cómo se garantizará la confiabilidad de los datos.

La simulación sin datos confiables produce conclusiones inútiles. En ingeniería industrial, “suposiciones cómodas” suelen terminar en malos resultados.

Ejemplo de datos comunes:**- Manufactura**

- Tiempos de proceso.
- Tiempos muertos.
- Fallas.
- Capacidades.
- Tamaños de lote.
- Producción por turno.

- Servicios

- Tiempos de espera.
- Llegadas de clientes.

- Duración de atención.
- Tasas de abandono.

- **Montecarlo**

- Probabilidades.
- Riesgos.
- Costos variables.
- Demanda.
- Fallas financieras u operativas.

Preguntas guía

- ¿Qué datos son indispensables?
- ¿Existen registros históricos?
- ¿Se realizará muestreo?
- ¿Qué periodo de tiempo será analizado?
- ¿Cómo se validará la calidad de los datos?
- ¿Qué variables requieren mayor cantidad de observaciones?
- ¿Qué hacer si faltan datos reales?

Herramientas recomendadas

- Cronometraje industrial.
- Estudios de tiempos.
- Formularios digitales.
- ERP.
- Hojas de observación.
- Minitab.

j) Análisis estadístico y determinación de distribuciones probabilísticas

¿Qué debe contener?

Los datos recolectados deben analizarse estadísticamente para determinar:

- Tendencias.
- Variabilidad.
- Distribuciones probabilísticas.
- Comportamiento del sistema.

Aquí se define si las variables siguen distribuciones:

- Normal.
- Exponencial.
- Uniforme.
- Triangular.
- Poisson.
- Weibull.
- Lognormal, etc.

Preguntas guía

- ¿Qué comportamiento presentan los datos?
- ¿Existe variabilidad significativa?
- ¿Qué distribución representa mejor los datos?
- ¿Qué parámetros tiene la distribución?
- ¿Qué pruebas estadísticas se aplicarán?
- ¿La muestra es suficiente?

Herramientas recomendadas

- [Minitab](#)
- [FlexSim](#)
- Stat::Fit.
- Input Analyzer.
- Excel.
- Histogramas.
- Pruebas de bondad de ajuste.

Ejemplos típicos

Variable	Distribución común
Llegada de clientes	Poisson
Tiempo entre llegadas	Exponencial
Tiempo de servicio	Normal o triangular
Fallas de máquinas	Weibull
Demanda	Normal

k) Construcción del modelo conceptual

¿Qué debe contener?

El modelo conceptual representa la lógica del sistema antes de programarlo.

Debe incluir:

- Flujo del proceso.
- Recursos.
- Restricciones.
- Decisiones.
- Interacciones.
- Entradas y salidas.

Aquí se define como funcionará la representación del sistema a través del modelo, que en principio estará configurado con las condiciones actuales del sistema.

Preguntas guía

- ¿Cuál será la secuencia del proceso?
- ¿Qué recursos participan?
- ¿Dónde existen colas?
- ¿Qué reglas de operación existen?
- ¿Cómo interactúan los elementos?

- ¿Qué eventos generan cambios?
- ¿Qué simplificaciones se harán?

Herramientas recomendadas

- Diagramas de flujo.
- Diagramas entidad-relación.
- Process Flow de FlexSim.

I) Desarrollo del modelo computacional (Montecarlo y/o FlexSim)

¿Qué debe contener?

Es la implementación computacional del modelo conceptual.

Montecarlo

Debe incluir:

- Variables aleatorias.
- Generación de escenarios.
- Corridas.
- Probabilidades.
- Riesgos.

FlexSim

Debe incluir:

- Layout.
- Objetos.
- Conexiones.
- Lógica.
- Recursos.
- Dashboards.
- Variables estadísticas.

Preguntas guía

- ¿El modelo representa correctamente el sistema?

- ¿Qué lógica fue programada?
- ¿Qué simplificaciones se hicieron?
- ¿Qué parámetros son configurables?
- ¿Cómo se generan los eventos aleatorios?
- ¿Qué indicadores se registrarán automáticamente?

Herramientas recomendadas

- [FlexSim](#)
- Excel.
- Simulación Montecarlo en hojas electrónicas.
- Experimenter de FlexSim.
- Dashboards.

m) Verificación del modelo

¿Qué debe contener?

La verificación busca comprobar y responder a la pregunta; ¿El modelo fue construido correctamente?

Aquí se revisa:

- Errores lógicos.
- Errores matemáticos.
- Configuración incorrecta.
- Fallos de programación.
- Flujo de entidades.

Preguntas guía

- ¿El modelo funciona sin errores?
- ¿Las entidades siguen la lógica correcta?
- ¿Las colas operan adecuadamente?
- ¿Los resultados parecen coherentes?
- ¿Las variables cambian correctamente?
- ¿Existen bloqueos o pérdidas no esperadas?

Herramientas recomendadas

- FlexSim.
- Trazas.
- Corridas piloto.
- Validación visual.
- Tablas de resultados.
- Sensibilidad de variables.
- Verificación paso a paso.

n) Validación del modelo respecto al sistema real**¿Qué debe contener?**

La validación busca responder; ¿El modelo representa adecuadamente la realidad? Se comparan resultados simulados contra datos reales.

Preguntas guía

- ¿Los resultados son similares al sistema real?
- ¿Qué porcentaje de error existe?
- ¿El comportamiento general coincide?
- ¿Qué variables presentan diferencias?
- ¿El modelo es suficientemente confiable?
- ¿Qué ajustes deben realizarse?

Herramientas recomendadas

- Comparación estadística.
- Error porcentual.
- Intervalos de confianza.
- Opinión de expertos.
- Validación histórica.
- Gráficos comparativos.

o) Diseño de escenarios y experimentación

¿Qué debe contener?

Consiste en probar alternativas de mejora mediante simulación.

Los escenarios deben ser:

- Realistas.
- Medibles.
- Comparables.

Ejemplos de tipos de escenarios

- **Manufactura**
 - Más operarios.
 - Cambio de layout.
 - Nuevas máquinas.
 - Cambios de turnos.
 - Balanceo de línea.
- **Servicios**
 - Más cajas.
 - Nuevos horarios.
 - Prioridades.
 - Reducción de tiempos.
- **Montecarlo**
 - Riesgo alto.
 - Riesgo moderado.
 - Diferentes demandas.
 - Variaciones de costos.

Preguntas guía

- ¿Qué escenarios serán evaluados?
- ¿Qué variables cambiarán?

- ¿Qué indicadores se compararán?
- ¿Qué restricciones existen?
- ¿Cuál escenario es más viable?
- ¿Qué beneficios aporta cada alternativa?

Herramientas recomendadas

- Experimenter de FlexSim.
- Diseño de experimentos.
- Tablas comparativas.
- Sensibilidad.
- Análisis multicriterio.
- Dashboards.
- Excel.
- Power BI.

Recomendación general para el desarrollo del proyecto

Semana Actividad

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 | Recolección y análisis de datos |
| 2 | Distribuciones y modelo conceptual |
| 3 | Desarrollo del modelo computacional |
| 4 | Verificación, validación y escenarios |

Errores más comunes que deben evitar

- Inventar distribuciones sin análisis estadístico.
- Saturar FlexSim con detalles innecesarios.
- No validar el modelo.
- Usar muestras pequeñas.

- Confundir verificación con validación.
- Diseñar escenarios irreales.
- Modelar procesos que no comprenden completamente.

Rúbrica de evaluación del segundo avance

Criterio	Excelente (100-90)	Bueno (89-80)	Regular (79-70)	Deficiente (<70)	Ponderación
Identificación de variables	Variables claramente clasificadas y justificadas	Variables adecuadas	Variables incompletas	Variables incorrectas	10%
Recolección de datos	Datos suficientes, reales y bien documentados	Datos adecuados	Datos limitados	Datos sin sustento	15%
Análisis estadístico	Excelente análisis y ajuste probabilístico	Buen análisis	Análisis parcial	Sin análisis adecuado	15%
Modelo conceptual	Lógica clara y bien estructurada	Modelo entendible	Modelo incompleto	Modelo confuso	10%
Modelo computacional	Implementación funcional y coherente	Modelo adecuado	Modelo parcial	Modelo deficiente	15%
Verificación	Evidencia clara de	Verificación aceptable	Verificación limitada	Sin evidencia	10%

Criterio	Excelente (100-90)	Bueno (89-80)	Regular (79-70)	Deficiente (<70)	Ponderación
	revisión del modelo				
Validación	Comparación sólida con sistema real	Validación adecuada	Validación parcial	Sin validación	10%
Escenarios y experimentación	Escenarios bien diseñados y comparables	Escenarios adecuados	Escenarios limitados	Sin análisis de escenarios	10%
Redacción y presentación técnica	Documento profesional y técnico	Buena presentación	Presentación regular	Documento desordenado	5%