

MODELADO Y SIMULACIÓN POR EVENTOS DISCRETOS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

J. Boix⁽¹⁾, G. Mallo⁽¹⁾, J. M. Tiscar⁽¹⁾, J.I. Cantero⁽¹⁾, A. Olmedilla⁽¹⁾, M. Vinaroz⁽¹⁾

S. Herrando⁽²⁾, P. Alcoriza⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Tecnología Cerámica. Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas

⁽²⁾ Nexus Integra

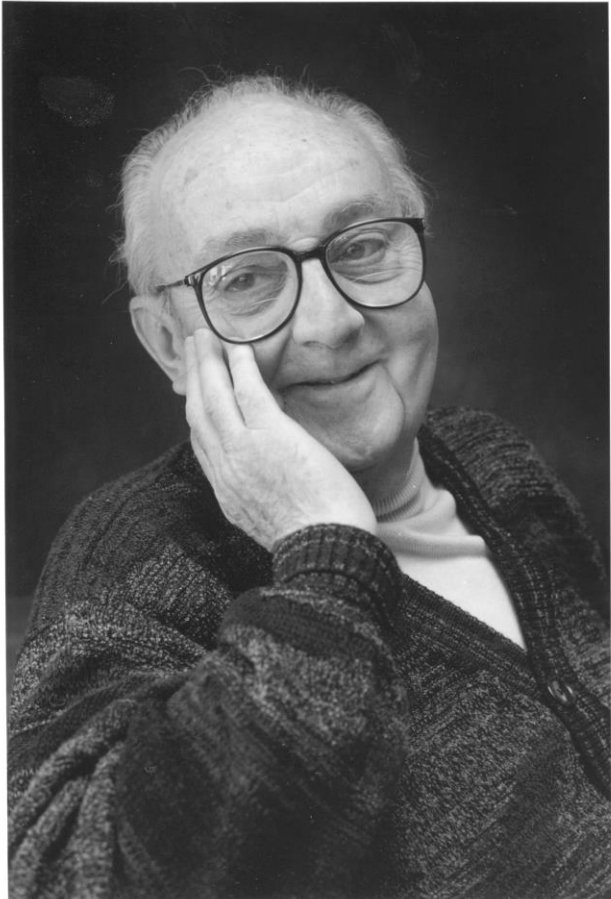
 **QUALICor 2020**



Proyecto financiado por:



Una manera de hacer Europa



*“Essentially, all models are wrong,
but some are useful”*

George E.P. Box (1951)

>> OBJETIVO

- >> **Validar** el uso de la técnica de **simulación por eventos discretos (DES)** para generar un “modelo digital” del proceso de fabricación de baldosas cerámicas que abra las puertas a la consecución de su “gemelo digital”

Mejorar la toma de decisiones en la planificación y control de la producción

Mejorar la gestión y adaptación de operaciones en planta

Evaluar el impacto de variables de proceso en la calidad y coste del producto fabricado

Evaluar la incidencia del mantenimiento de los elementos productivos

Plan de la presentación

» Introducción

» Implementación del modelo de simulación

» Aplicabilidad del modelo desarrollado

» Conclusiones y trabajo futuro

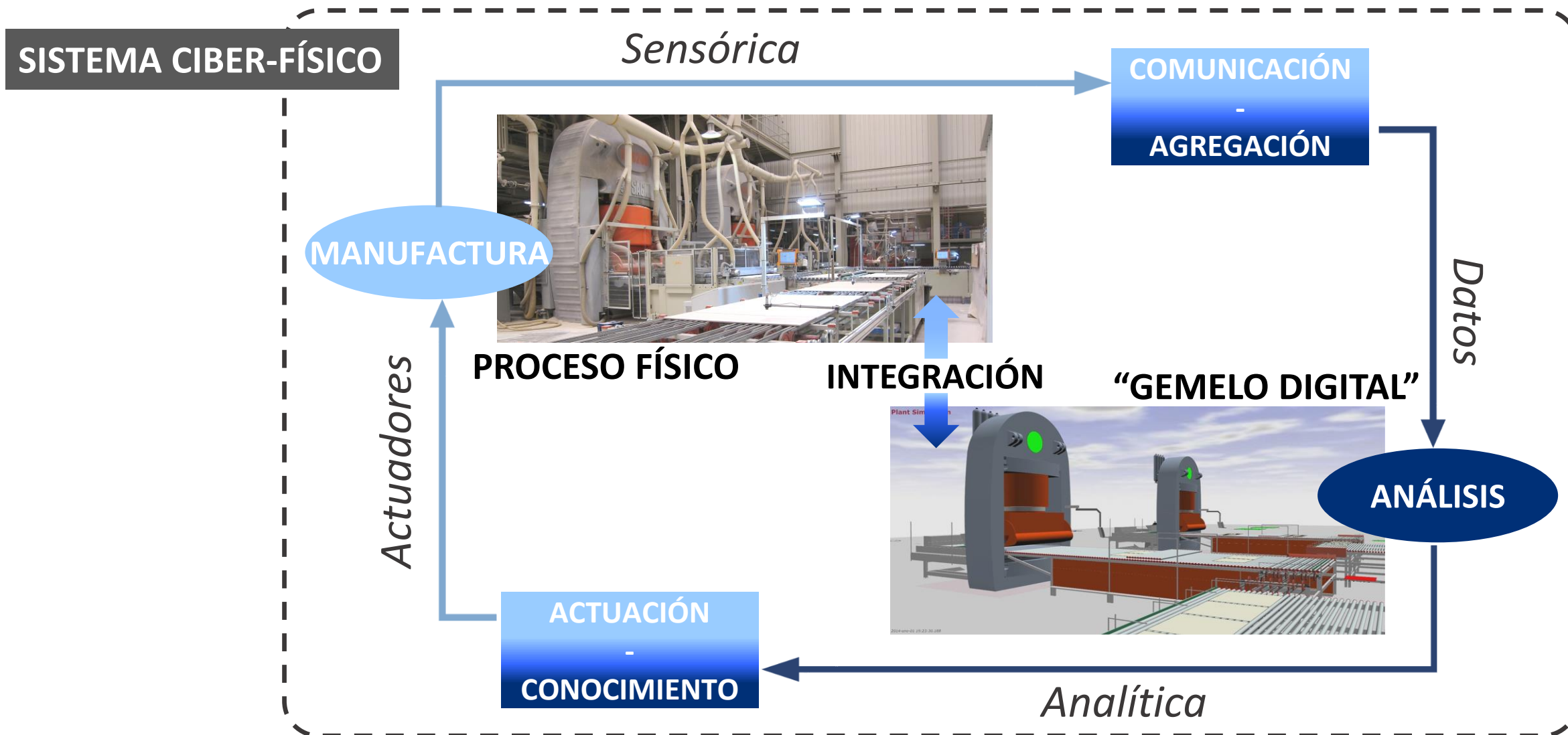
>> Introducción

El “gemelo digital”, ¿qué es?



>> Introducción

El “gemelo digital”, ¿qué es?

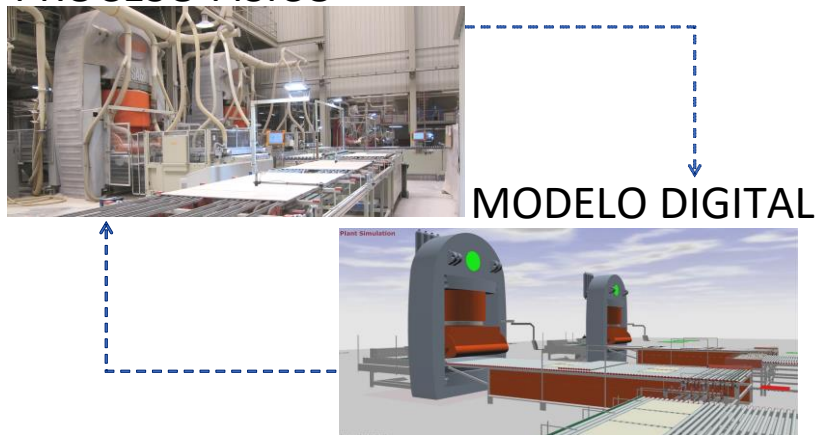


>> Introducción

La modelización como base del “gemelo digital”

MODELO DIGITAL

PROCESO FÍSICO



Integración: Manual
Visualización y modelización: Diferida
Actuación: Indirecta

SOMBRA DIGITAL

PROCESO FÍSICO



Integración: Semi-automática
Visualización y modelización: Tiempo Real
Actuación: Indirecta

GEMELO DIGITAL

PROCESO FÍSICO



Integración: Automática
Visualización y modelización: Tiempo Real
Actuación: Directa

—> Flujo automático de datos

- -> Flujo manual de datos

Plan de la presentación

» Introducción

» Implementación del modelo de simulación

» Aplicabilidad del modelo desarrollado

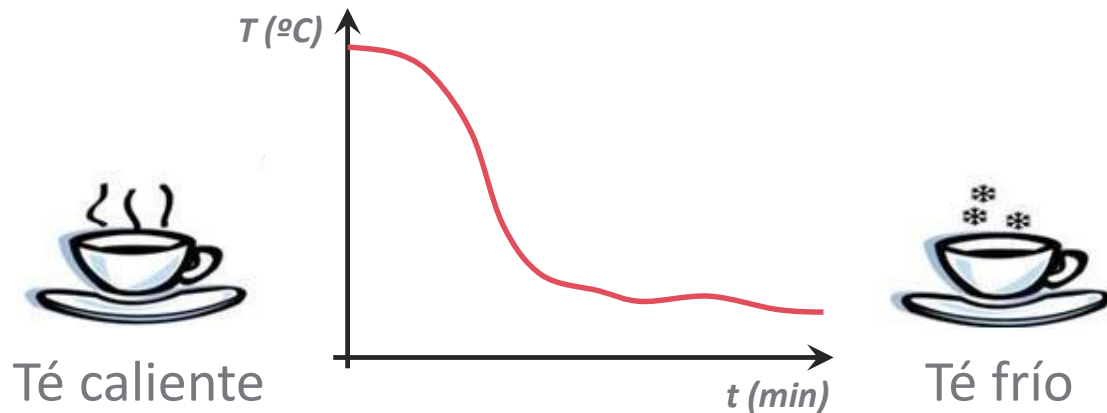
» Conclusiones y trabajo futuro

>> Implementación del modelo de simulación

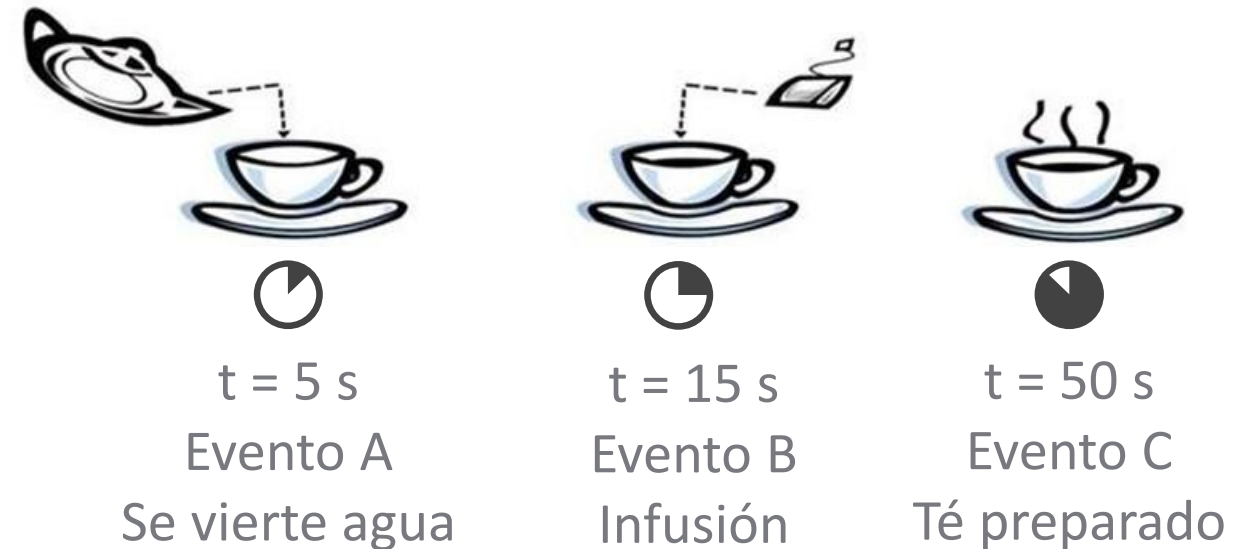
Simulación dinámica por Eventos Discretos (DES)

Una simulación por eventos discretos (**Discrete-Event Simulation (DES)**) modela el comportamiento de un sistema como una secuencia (discreta) de **eventos en el tiempo**. Cada evento ocurre en un determinado instante de tiempo y marca un cambio de estado en el sistema.

Simulación Continua

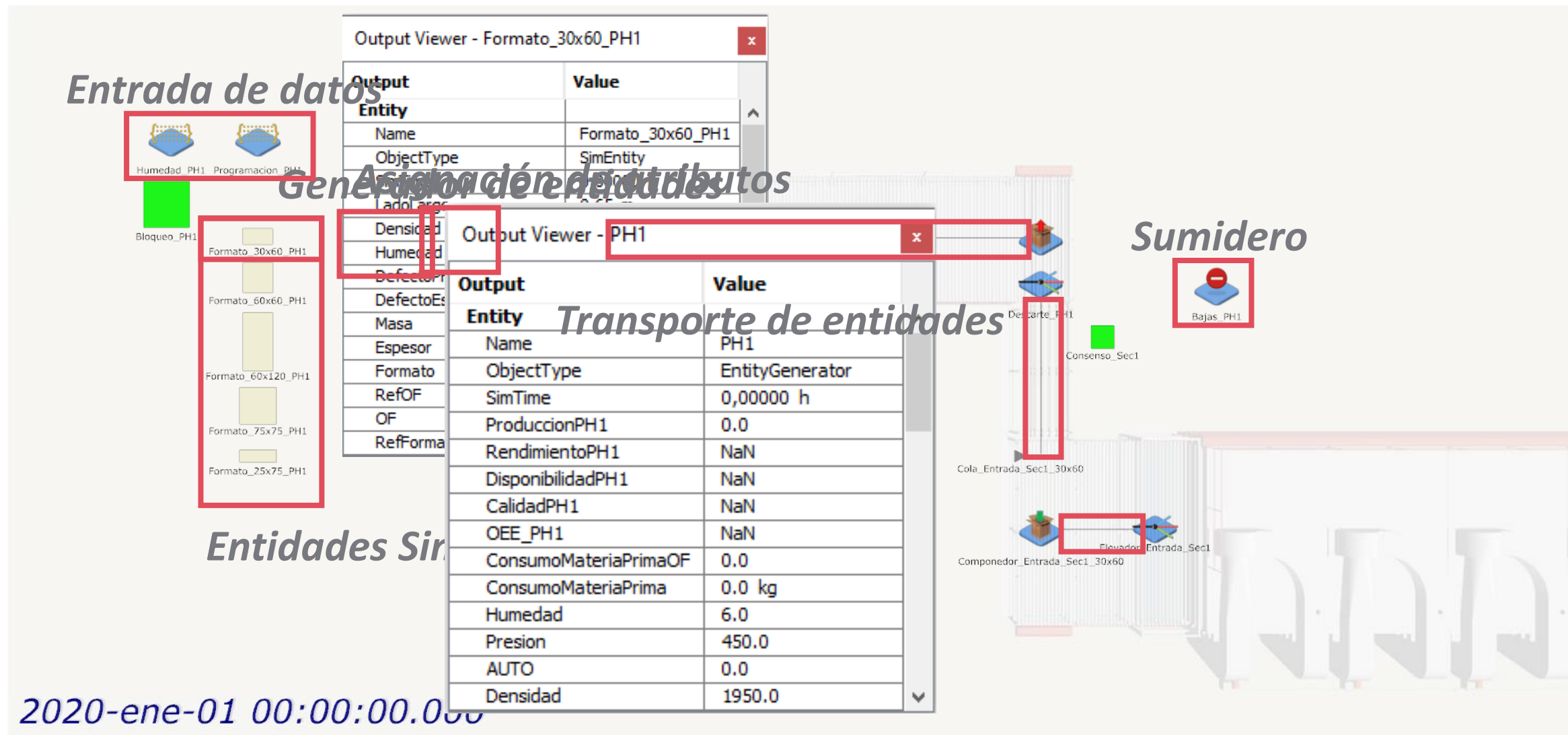


Simulación por Eventos Discretos



>> Implementación del modelo de simulación

Aplicación de la técnica DES a la modelización del proceso cerámico



>> Implementación del modelo de simulación

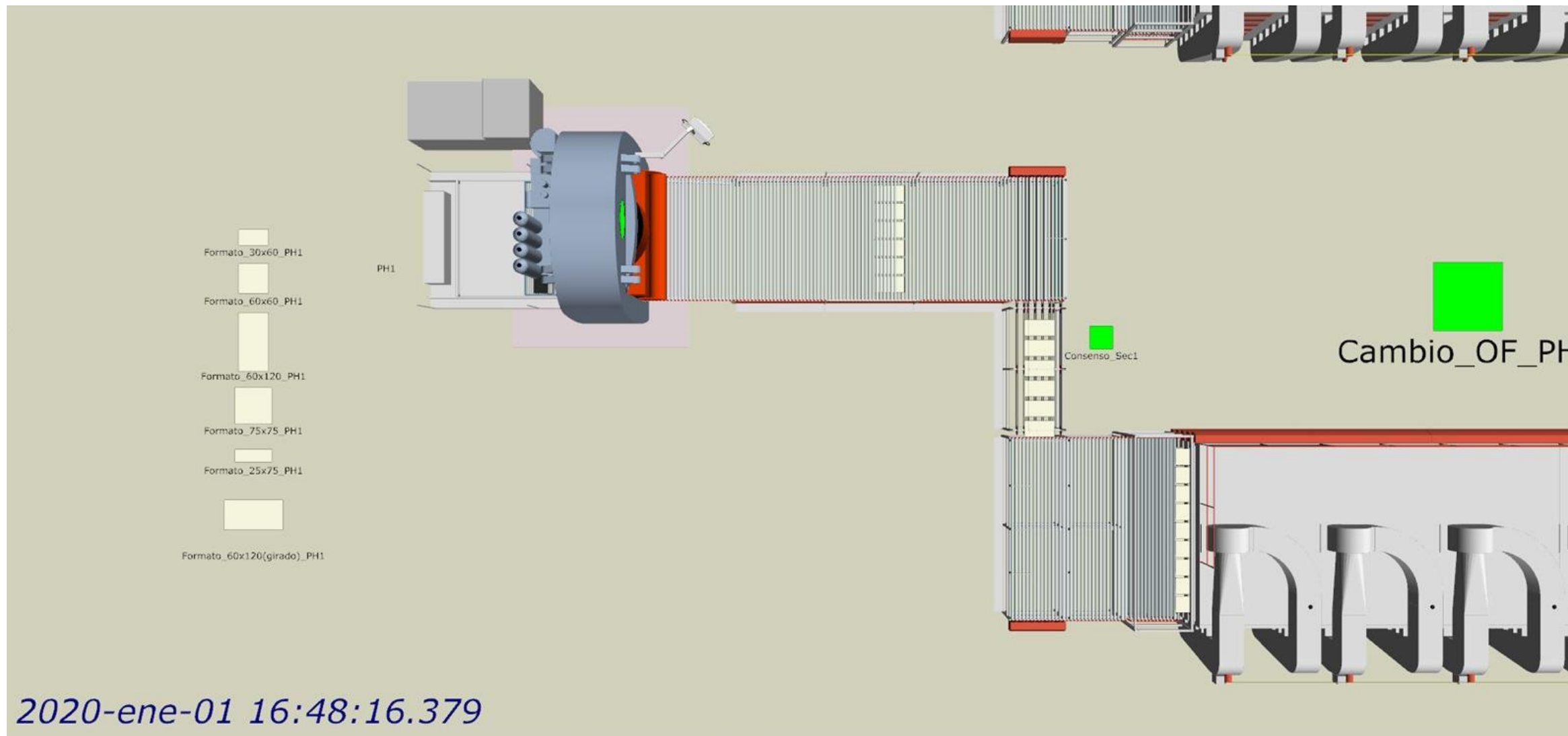
Aplicación de la técnica DES a la modelización del proceso cerámico



2020-ene-01 00:10:45.248

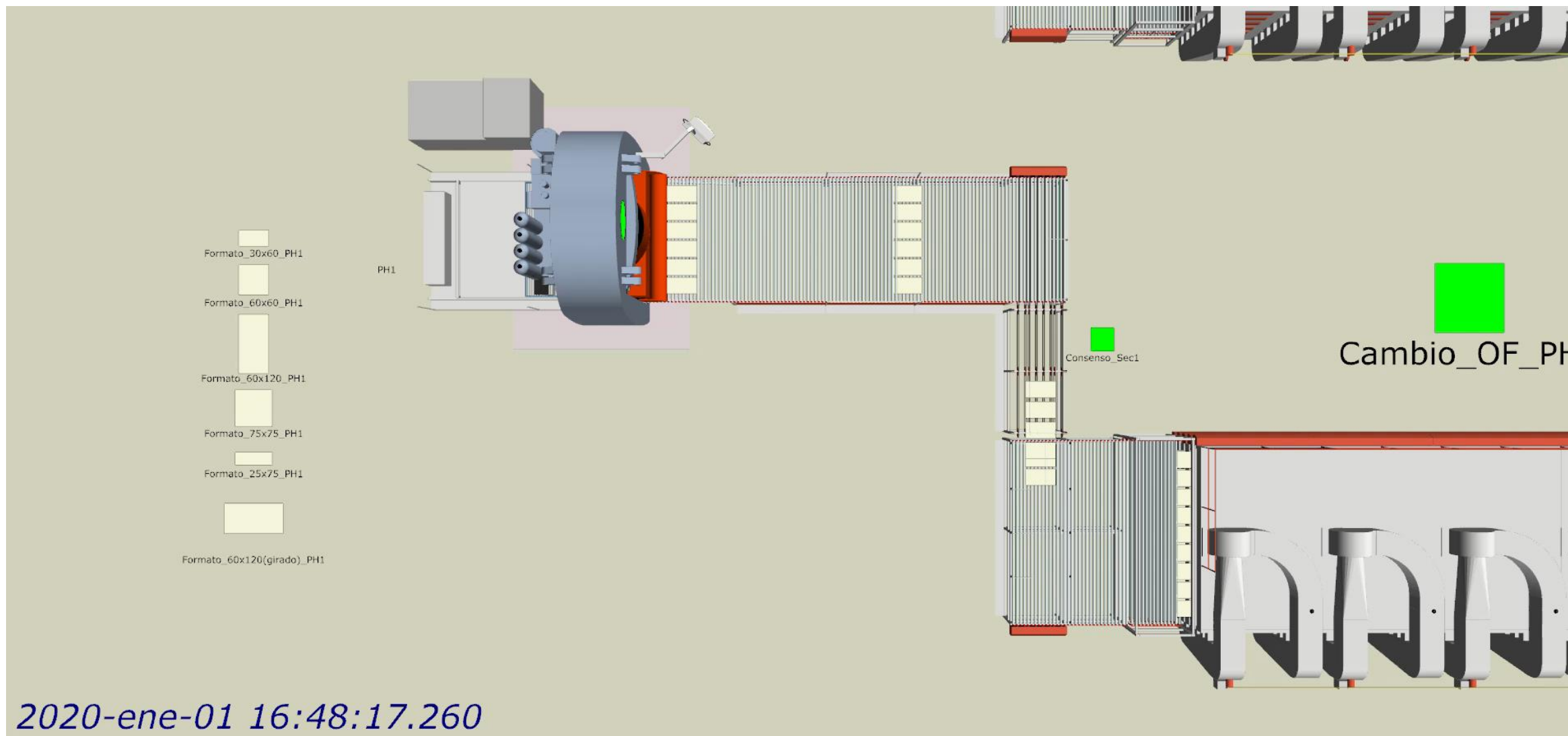
>> Implementación del modelo de simulación

Aplicación de la técnica DES a la modelización del proceso cerámico



>> Implementación del modelo de simulación

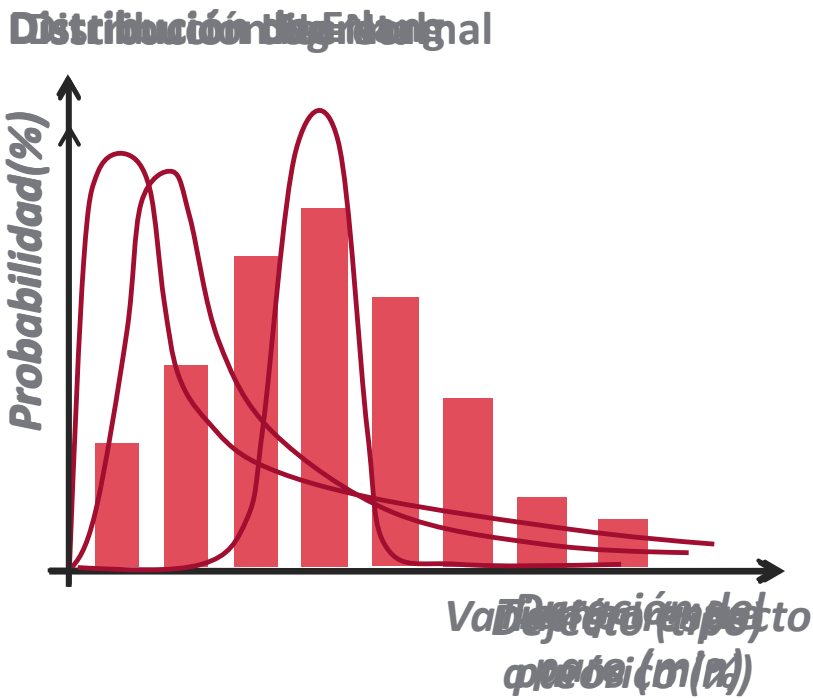
Aplicación de la técnica DES a la modelización del proceso cerámico



>> Implementación del modelo de simulación

Incorporación de variabilidad a la simulación

Variabilidad	Variables simuladas	Funciones de probabilidad
Variabilidad en tiempos muertos	- Paros imprevistos - Averías	Frecuencia de paro: Distribución de Erlang Duración de paro: Distribución log-normal
	- Mantenimientos programados - Cambios de modelo y de formato	Frecuencia de paro: Series temporales Duración del paro: Distribución log-normal



© ITC-AICE, 2020

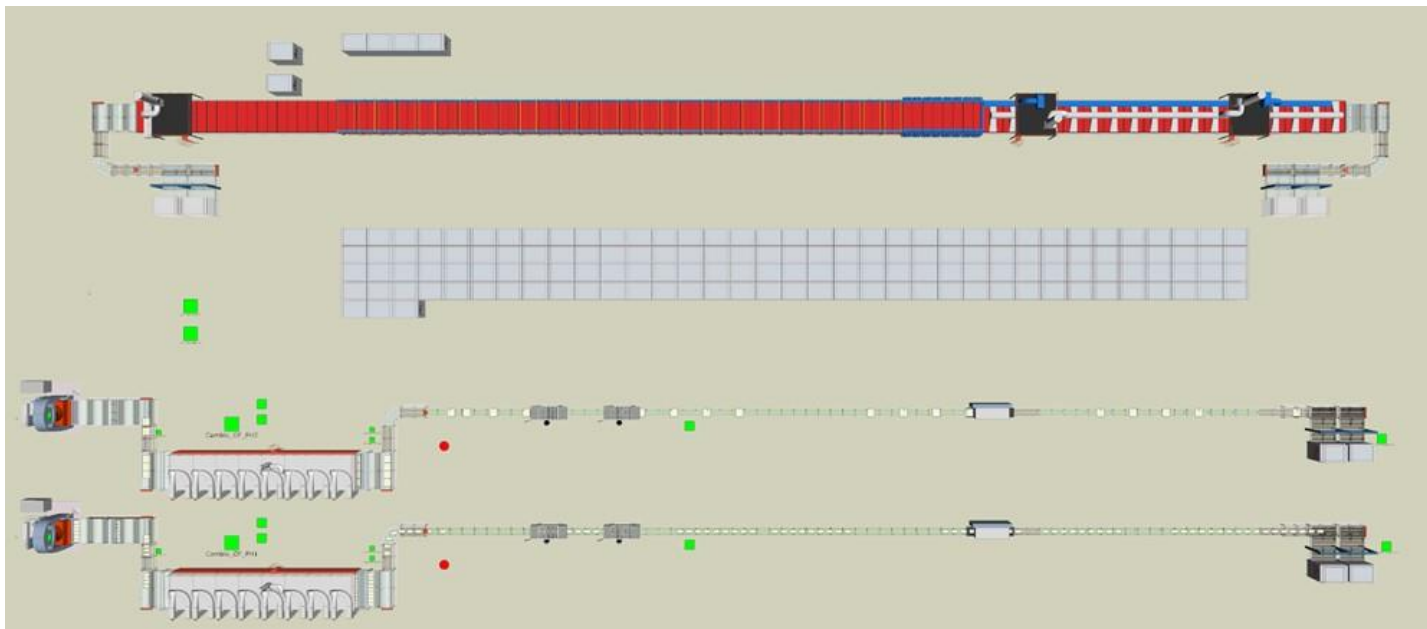
Plan de la presentación

- Introducción
- Implementación del modelo de simulación
- Aplicabilidad del modelo desarrollado
- Conclusiones y trabajo futuro

>> Aplicabilidad del modelo

Características generales de la planta estudiada

Lay-out



Turnicidad

Crudo 3 turnos/día; 5 días/semana

Horno 3 turnos/día; 7 días/semana

Capacidad

8.000 m²/día

Equipamiento

Conformado

2 x PH 64000 KN

2 x Secadero horizontal

Longitud: 20 m

Ancho útil: 2,7 m

Decoración

2 x líneas esmaltado

Cocción

1 x Horno monoestrato de rodillos

Longitud: 135 m

Ancho útil: 3,7 m

>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 1: Simulación de productividad en línea de conformado y decoración

Entorno simulado: 1 línea de conformado + decoración

Tamaño piezas: 60 cm x 60 cm

Periodo simulado: 1 semana

Planificación:

LOTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total (m ²)
Planificado (m ²)	5.500	3.500	4.000	3.500	5.500	4.500	4.500	2.000	2.500	35.500

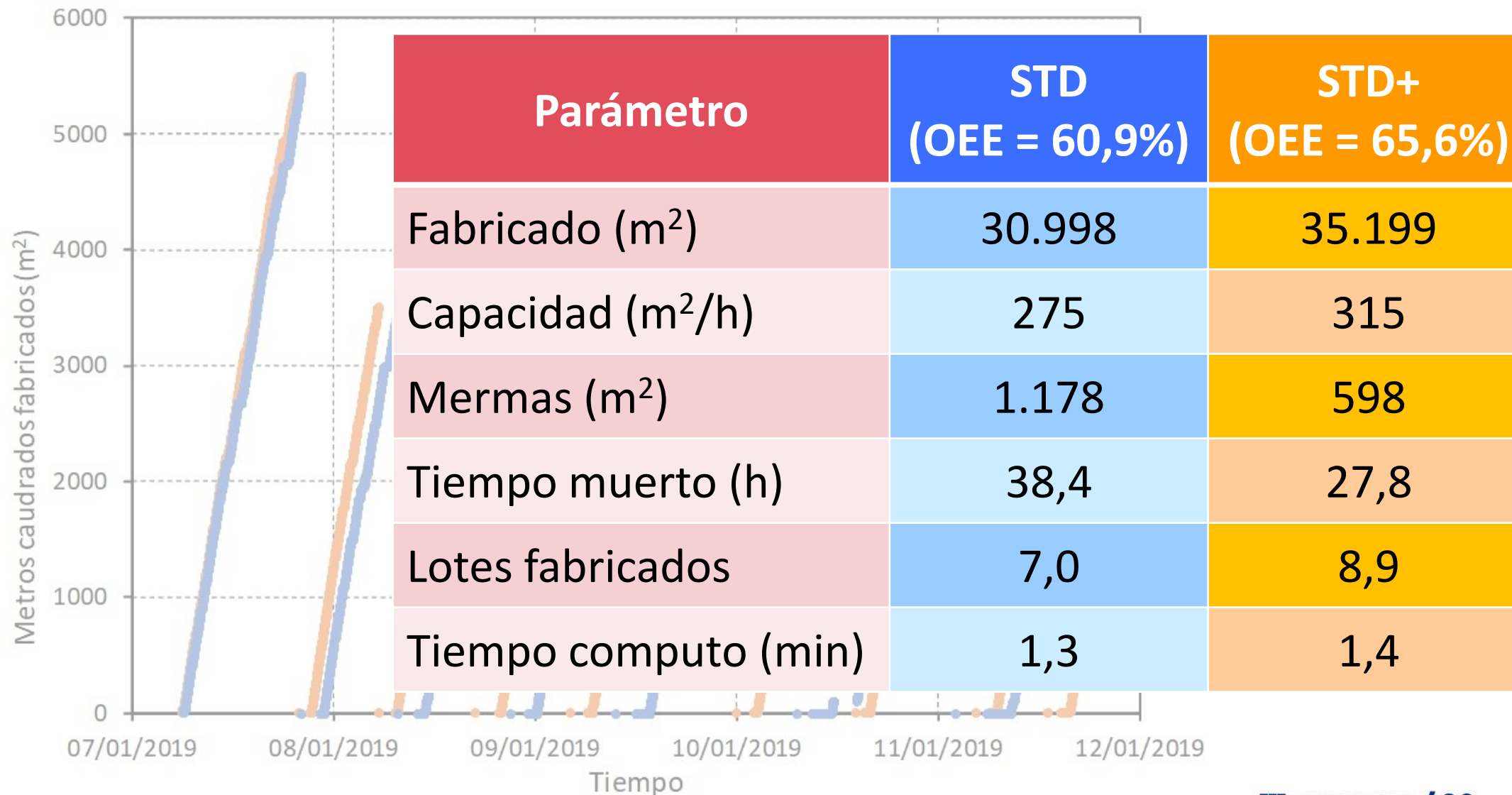
Condiciones de operación simuladas:

Condición	KPIs productivos		
	Disponibilidad (%)	Mermas (%)	OEE (%)
STD	65,3	3,8	60,9
STD+	68,8	1,7	65,6

Rendimiento constante = 97,0%

>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 1: Simulación de productividad en línea de conformado y decoración



>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 2: Simulación de la incidencia de “cuellos de botella” en la planta

Entorno simulado: 2 líneas de conformado y decoración + pulmón + 1 horno

Periodo simulado: hasta finalizar planificación (aproximadamente 4 semanas)

Planificación: 200.000 m² a salida de horno

PH1: 30 lotes de tamaños 60 cm x 60 cm (aprox. 100.000 m²)

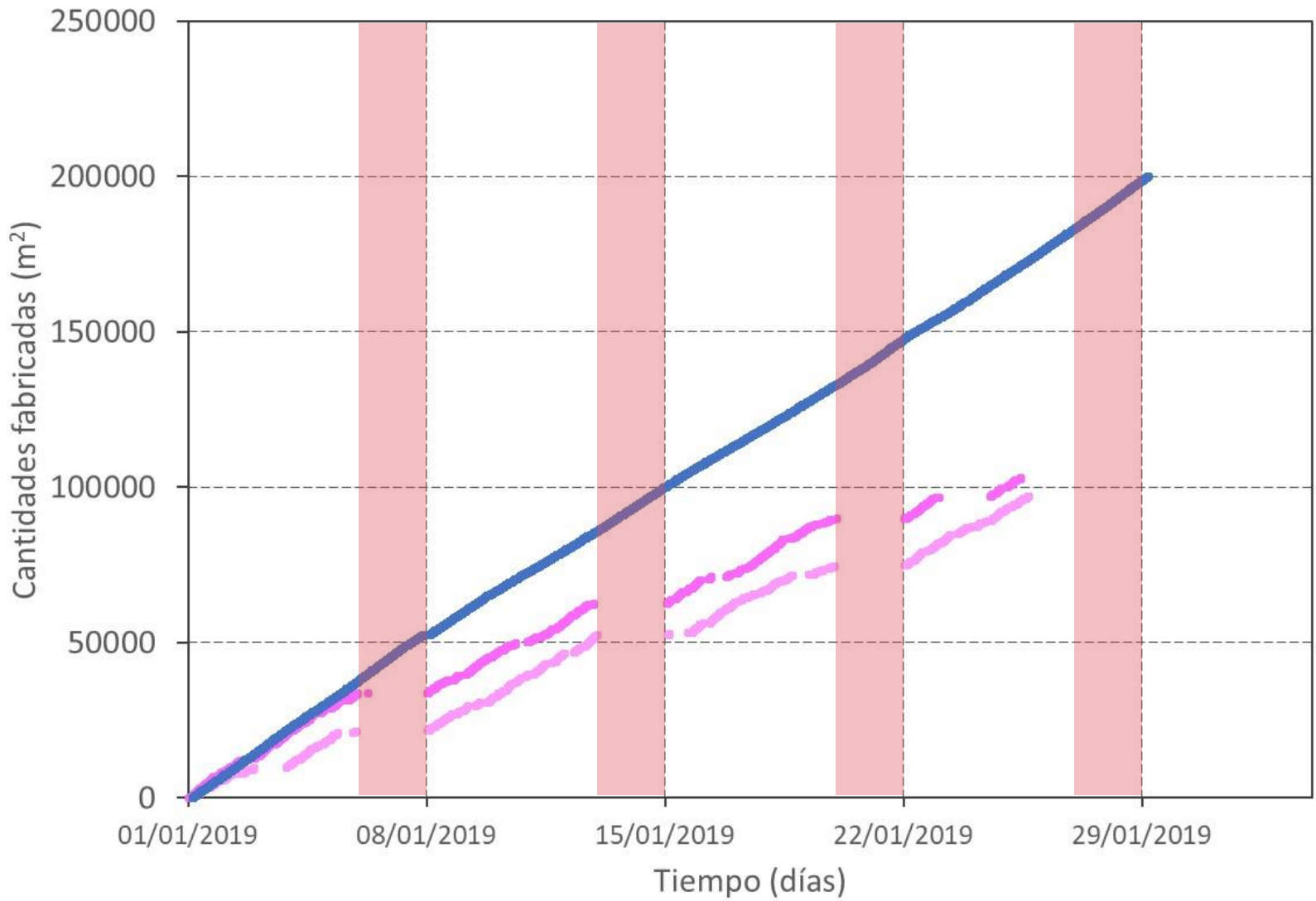
PH2: 30 lotes de tamaños 30 cm x 60 cm (aprox. 100.000 m²)

Condición	Longitud horno (m)	Incidencia paros
Base	135	Normal
Base+	170	Normal
Base++	170	Baja

Rendimiento y mermas no modificadas

>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 2: Simulación de la incidencia de “cuellos de botella” en la planta



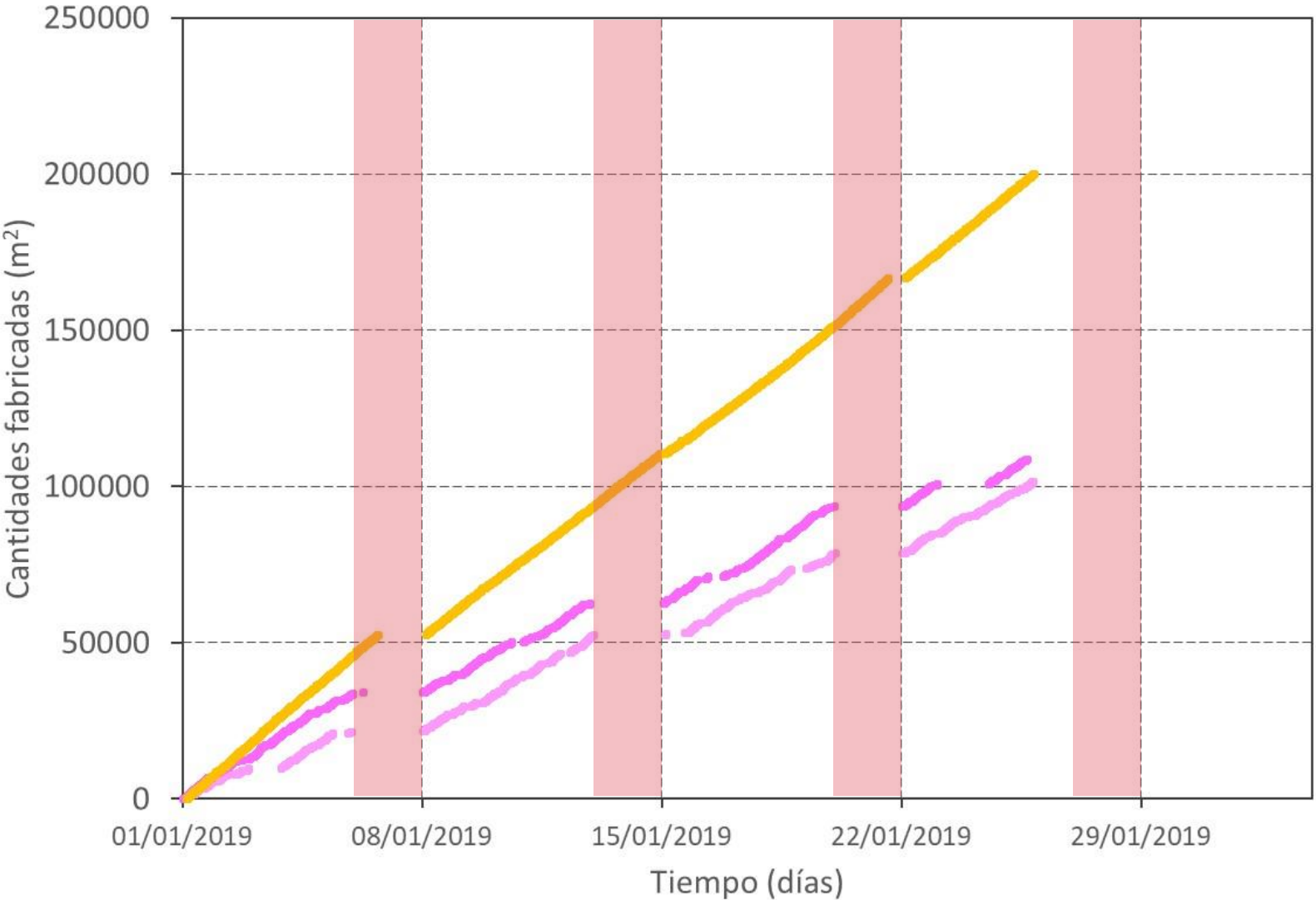
Condición Base

Disponibilidad líneas = 48,1%
Disponibilidad Horno = 98,5%
Capacidad = 7100 m²/día
Tiempo ejecución = 28,2 días

- Horno
- Línea 1
- Línea 2

>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 2: Simulación de la incidencia de “cuellos de botella” en la planta



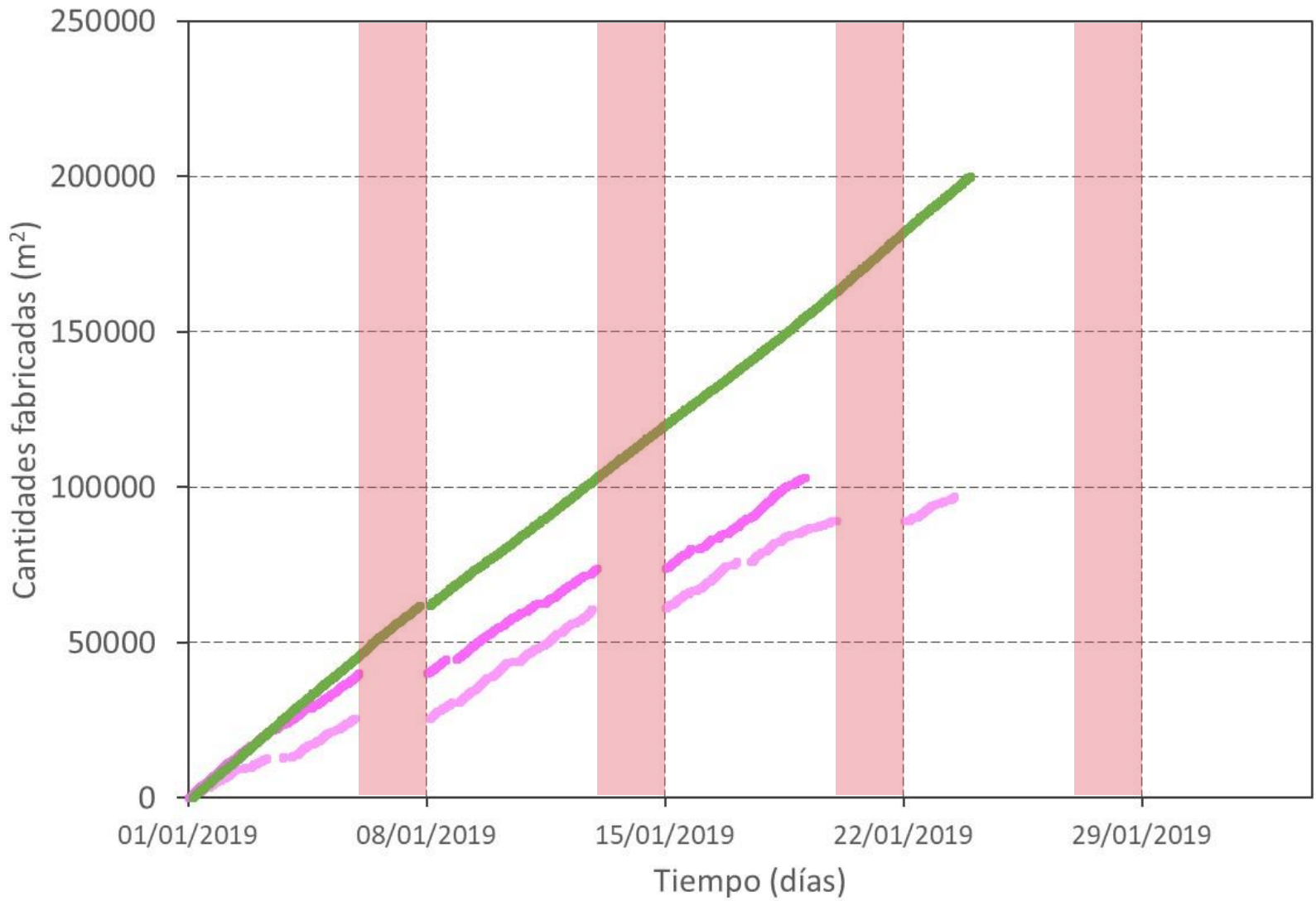
Condición Base +

Disponibilidad líneas = 50,0%
Disponibilidad Horno = 92,6%
Capacidad = 8050 m²/día
Tiempo ejecución = 24,9 días

■ Horno
■ Línea 1
■ Línea 2

>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 2: Simulación de la incidencia de “cuellos de botella” en la planta



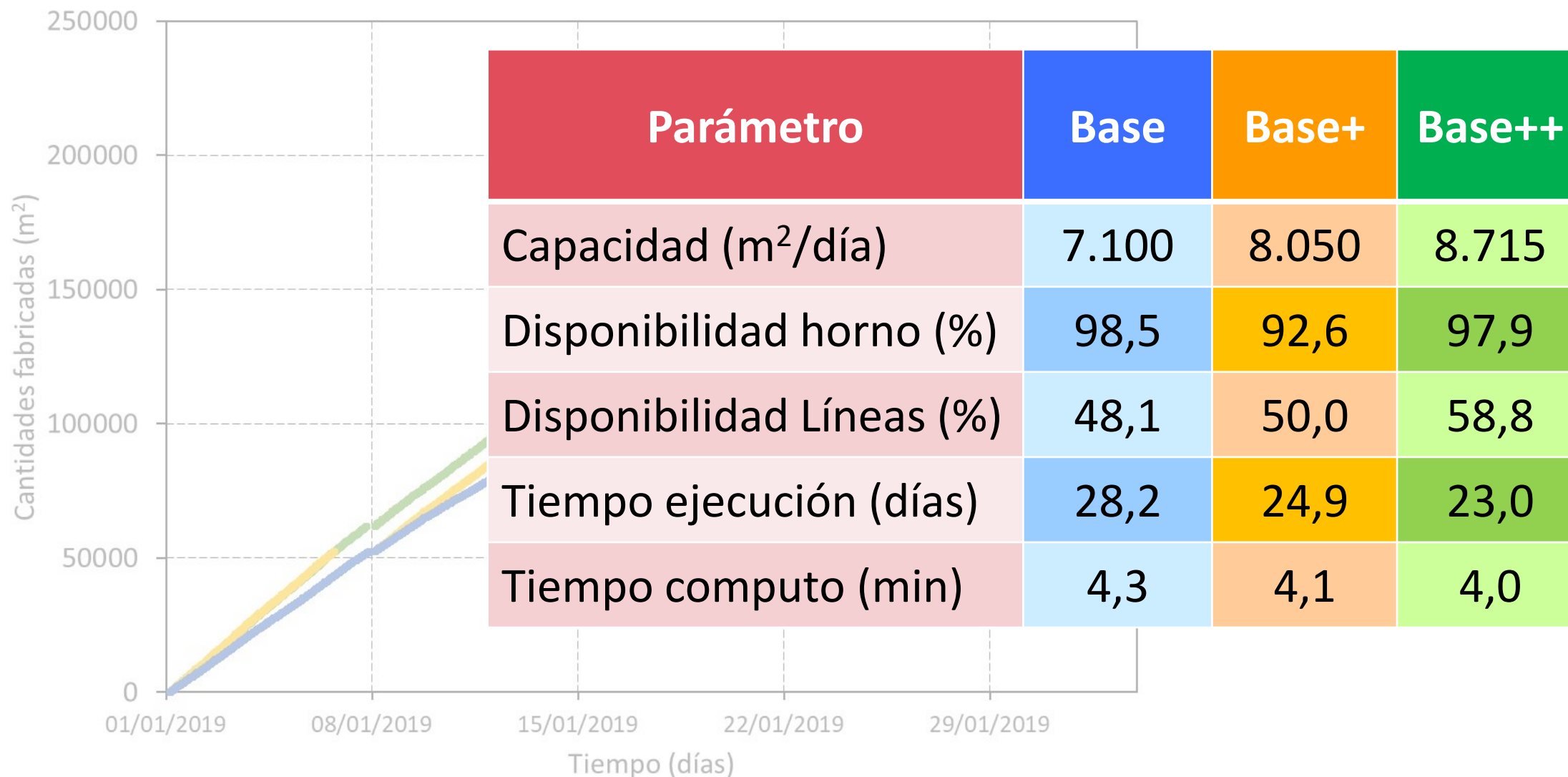
Condición Base ++

Disponibilidad líneas = 58,8%
Disponibilidad Horno = 97,9%
Capacidad = 8715 m²/día
Tiempo ejecución = 23 días

- Horno
- Línea 1
- Línea 2

>> Aplicabilidad del modelo

Ejemplo 2: Simulación de la incidencia de “cuellos de botella” en la planta



Plan de la presentación

- » Introducción
- » Implementación del modelo de simulación
- » Aplicabilidad del modelo desarrollado
- » Conclusiones y trabajo futuro

>> CONCLUSIONES

- >> Se ha desarrollado un **modelo de simulación** del proceso de fabricación de baldosas cerámicas basado en la técnica de **Simulación por Eventos Discretos**
- >> Se ha comprobado la **aplicabilidad del modelo** desarrollado estudiando la productividad de las líneas de conformado y la gestión de una planta completa **en diferentes condiciones** de operación
- >> La técnica de Simulación por Eventos Discretos ha demostrado ser válida para simular **situaciones complejas** en el entorno de fabricación de productos cerámicos y es, por tanto, susceptible de ser empleada en la consecución de “gemelos digitales” en el **proceso cerámico**.

>> TRABAJO FUTURO

- >> Aplicar la técnica de Simulación por Eventos Discretos para modelizar una **planta real completa** y **conectar el modelo** con el proceso productivo para recibir “inputs” del proceso en tiempo real
- >> **Validar la capacidad predictiva** de las simulaciones e incorporar variables adicionales referentes a producto, costes, consumos energéticos y recursos

GRACIAS

Juan Boix Palomero

Área de Procesos Industriales

juan.boix@itc.uji.es



 **QUALI**Cor 2020

Proyecto financiado por:

