

Integración del DPP en gemelos digitales

Marcos García Alberti

Profesor Titular y Adjunto al Director
para la Innovación en Materias
Digitales.

ETSI Caminos, Canales y Puertos
(UPM)

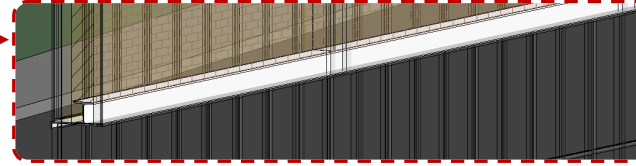
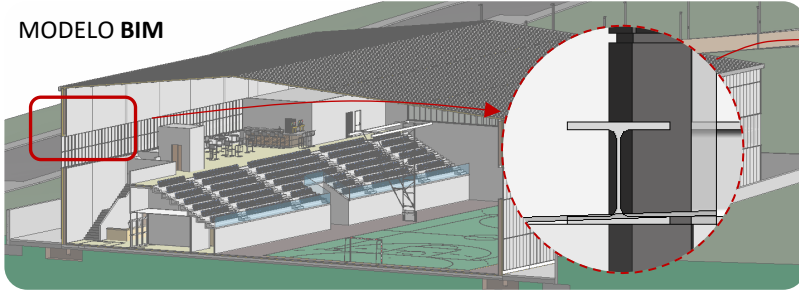


01

Integración de DPP en Gemelos Digitales y su relación con BIM e IFC

LA IMPORTANCIA DE UNA DECLARACIÓN DE PRESTACIONES COMÚN

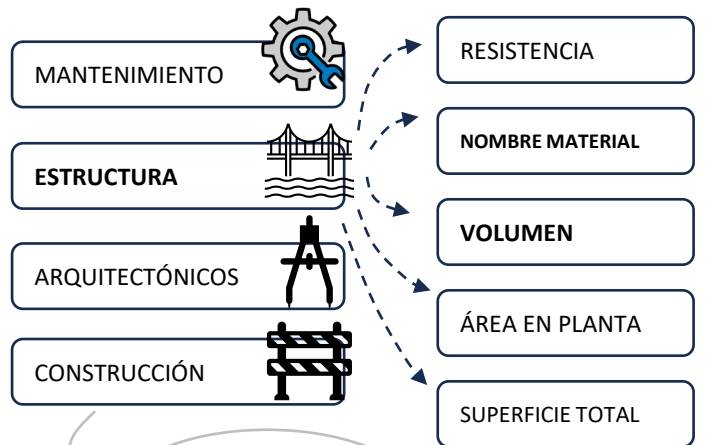
MODELO BIM



PERFIL ACERO ESTRUCTURAL
HEB 220
Perfil de ala ancha

EXPORTACIÓN

PARÁMETROS INCLUIDOS



¿Están todos los **parámetros** definidos por el modelado BIM?

SOFTWARE ORIGEN



¿Afectará el **Software utilizado** para la definición de parámetros?

¿La **nomenclatura** que define a un elemento o sus parámetros es común?

NOMBRE MATERIAL



Cotas	
Longitud	43.9580
Volumen	0.388 m³
Elevación en parte...	6.2700
Elevación en parte...	6.0500

VOLUMEN MATERIAL

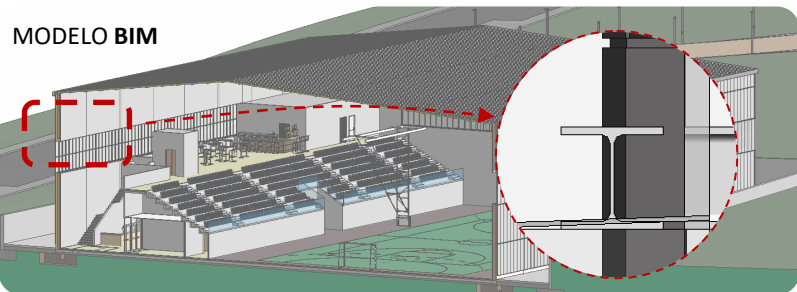
EXPORTACIÓN



¿Varía la **estructura** del IFC generado en función del software origen del modelo?

ORIGEN BIM & NORMATIVA

MODELO BIM



Norma Española
UNE 36916-1
Junio 2023

Declaración de prestaciones digital para productos de
acero utilizados en estructuras

Parte 1: Aceros laminados en caliente conforme a la Norma
UNE-EN 10025-1:2006

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico
CTN-UNE 36 Siderurgia, cuya secretaria desempeña
CALIDAD SIDERÚRGICA, S.R.L.



PROPIEDADES A DEFINIR

INTENDED USE

NOMBRE

DIRECCIÓN

MANUFACTURER

CIUDAD

TELÉFONO

WEB

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES

ESPESOR

RESISTENCIA

ELONGACIÓN

QUÍMICA

HUELLA CARBONO

XML RESULTANTE

```
<IntendedUse>Metal structures or composite metal  
and concrete structures</IntendedUse>
```

```
<EssentialCharacteristic>  
  <Name>Nominal Thickness</Name>  
  <Property>  
    <Name>Thickness</Name>  
    <Declaration>  
      <Value>Input</Value>  
      <Unit>mm</Unit>  
    </Declaration>  
  </Property>  
</EssentialCharacteristic>
```

```
<EssentialCharacteristic>  
  <Name>Durability</Name>  
  <Property>  
    <Name>Chemical Composition</Name>  
    <Declaration>  
      <Value>C: 0.24, Si: 0.55, Mn: 1.60, P: 0.040, S: 0.040</Value>  
      <Unit>unitless</Unit>  
    </Declaration>  
  </Property>  
</EssentialCharacteristic>
```

PROPIEDADES
EXPORTADAS A
IFC



AENOR
Confía

Certificado de la Marca AENOR N Sostenible

N^S

AENOR

017/000920

AENOR certifica que la organización

Nombre

con domicilio social en

suministra

Productos básicos de acero

conforme con el

Anexo 2 del Código Estructural aprobado por Real Decreto 470/2011 UNE 96903-2:01B

Producción de

Perfiles de acero estructural

Centro de producción

Esquema de certificación

Se han evaluado adecuadamente los aspectos de la sostenibilidad sociales, económicos y ambientales. Este producto tiene el derecho de usar la Marca AENOR NS, cumple también las normas de calidad aplicables según los certificados de la Marca AENOR N correspondientes y se ha calculado su índice de sostenibilidad.

Fecha de primera emisión

2022-06-15

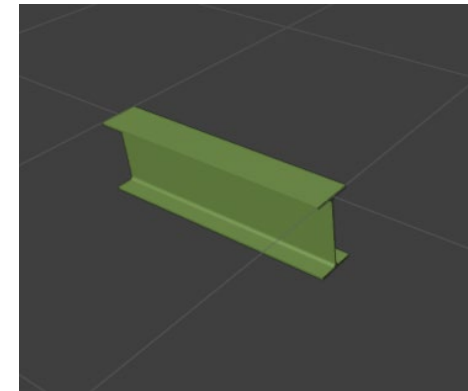
Fecha de expiración

2027-06-15

Características esenciales		Prescripciones		Exposición Norma armonizada
Tensiones dimensionales y de forma	Angulos	EN 10056-2		
	Perfiles 1 y 4	EN 10054		
	12 y 13 (ver tabla 1)	EN 10057		
	14	EN 10059		
	UPF, LPS y LPS	EN 10079		
Límite elástico	Exposición control (mm)	Valores (MPa)		
	10	365		
	14	345		
	40	435		
	60	525		
Resistencia a la tracción	Exposición control (mm)	Valores (MPa)		
	10	460		
	14	440	588	
	100	540	690	
	140	640	800	
Aseguramiento	Exposición control (mm)	Valores (%)		EN 10054 + 2005-4
	10	70		
	14	70		
	40	70		
	60	70		
Resistencia a la flexión por choque	Exposición control (mm)	Valores (J)		
	10	27		
	14	27		
	100	148		
	140	148		
Soldabilidad	≤ 10	2,7 > 20°C		
	14	2,7		
	40	2,7		
	60	2,7		
	100	2,7		
Dureabilidad (Climática química)	Exposición control (mm)	Valores (%)		
	10	10		
	140	C ₁ C ₂	C ₁ 95 C ₂ 95	
	14	C ₁ 95 C ₂ 95	C ₁ 95 C ₂ 95	
	140	M ₁ 1,80 M ₂ 1,80	M ₁ 0,012 M ₂ 0,012	

1. En la tabla 1 se indican los valores de los coeficientes de reducción de la resistencia.
 2. Los valores de la resistencia a la tracción y al alargamiento se refieren a la exposición controlada.
 3. Los valores de la resistencia a la tracción y al alargamiento se refieren a la exposición controlada.
 4. Los valores de la resistencia a la tracción y al alargamiento se refieren a la exposición controlada.
 5. Los valores de la resistencia a la tracción y al alargamiento se refieren a la exposición controlada.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Declarations xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation=" ../xsd/EN_10025-1_2004.xsd">
  <DeclarationOfPerformance xml:lang="en">
    <TemplateId>UNE-EN 10025-1:2006</TemplateId>
    <UniqueIdentificationCodeProductType>abc-S355JR</UniqueIdentificationCodeProductType>
    <DoPNumber>XXX123456XXX</DoPNumber>
    <IntendedUse>Metal structures or composite metal and concrete
structures</IntendedUse>
    <Manufacturer> </Manufacturer>
    <SystemsOfAVCP> <AVCP>2+</AVCP> </SystemsOfAVCP>
    <HarmonisedStandard>UNE-EN_10025-1:2006</HarmonisedStandard>
    <NotifiedBodies> <NB> <NBName>AENOR</NBName> <NBNumber>0099</NBNumber> </NB>
</NotifiedBodies>
    <EssentialCharacteristics>
      _____
    </EssentialCharacteristic>
    <Statement>The performance of the product identified above is in conformity with the
set of declared performance/s. This declaration of performance is issued, in accordance
with Regulation (EU) No 305/2011, under the sole responsibility of the manufacturer
identified above. Signed for and on behalf of the manufacturer by:</Statement>
    <Signed>Signed for and on behalf of the manufacturer by:</Signed>
  </DeclarationOfPerformance>
  <InstructionsAndSafetyInformation><Link></Link></InstructionsAndSafetyInformation>
  <DoPLink></DoPLink>
  <Files>
    <IFCfile> <Link></Link> </IFCfile>
    <EPDfile> <Link></Link> </EPDfile>
    <CertCEfile> <Link></Link> </CertCEfile>
    <CertNfile> <Link></Link> </CertNfile>
    <CertNSfile> <Link></Link> </CertNSfile>
  </Files>
</Declarations>
```



 AENOR	
Certificado de Conformidad del control de producción en fábrica	
0099/CPRA/81/0026	
En cumplimiento del Reglamento de Productor de Construcción (UE) 305/2011, de 9 de marzo de 2011, el organismo notificado AENOR (n.º 0099) ha emitido este certificado a favor de	
con domicilio social en	Nombre
Producto de construcción	Productos de acero estructural laminado en caliente
Norma armonizada	EN 10025-1:2004
Referencias	Detallados en el Anexo al Certificado
Centro de producción	
Exempha de certificación	Se han aplicado todas las disposiciones del sistema 2+ para la evaluación y verificación de constancia de las prestaciones, según lo descrito en el Anexo ZA de la norma armonizada mencionada. El control de producción en fábrica cumple los requisitos establecidos en ella.
Este certificado permanecerá en vigor hasta su fecha de expiración, siempre y cuando no hayan cambiado los métodos de ensayo y las requisitos del control de producción en fábrica incluidos en la norma armonizada para evaluar las prestaciones de las características declaradas, y el producto y las condiciones de fabricación no se hayan modificado significativamente.	
Este certificado anula al AEN-000028 de fecha 2025-03-10	
Primera emisión	2009-11-02
Modificación	2025-03-13
Expiración	2038-03-10

AENOR		
Certificado AENOR de Producto		
 AENOR		
046/000327		
AENOR certifica que la organización		
Nombre		
con domicilio social en		
suministra	Perfiles estructurales de acero laminado en caliente. Perfiles IPE	
conforme con	UNE EN ISO 228-1:2006 (EN 10025-1:2004) UNE EN ISO 228-2:1994 (EN 10025-2:1993)	
Tubos (mm)	160 x 600	
Tipos y grados	S235JR, S235J0, S235J2, S275JR, S275J0, S275J2, S355JR, S355J0, S355J2	
Norma acero	UNE EN 10025-2	
Centro de producción		
Esquema de certificación	Para acceder este Certificado, AENOR ha ensayado el producto y ha comprobado el sistema de la calidad aplicado para su elaboración. AENOR realiza estas actividades periódicamente mientras el Certificado no haya sido anulado, según se establece en el Reglamento Particular RP-046.	
Primera emisión	2013-03-04	
Última emisión	2025-03-04	
Expiración	2030-03-04	

Características esenciales		Prescripciones	Especificación Normativa armonizada
Tolerancias dimensionales y de forma	Angulares	EN 10056-2	
	Perfiles y ± 1	EN 10034	
	Línea recta y ± 0,025	EN 10052	
	Línea recta y ± 0,025	EN 10052	
	Línea recta y ± 0,025	EN 10079	
Límite elástico	Esposar nominal (N)	Valores (N/mm²)	
	> 10	355	
	16	490	
	40	635	
	80	835	
Resistencia a la tracción	Esposar nominal (N)	Valores (N/mm²)	
	> 10	295	
	16	410	
	40	510	
	80	600	
Alargamiento	Esposar nominal (N)	Valores (%)	EN 10052-1:2004
	> 10	25	
	16	22	
	40	20	
	80	18	
Resistencia a la flexión por choque	Esposar nominal (N)	Valores (J)	
	> 10	27	
	16	27	
	40	27	
	80	27	
Soldabilidad	Esposar nominal (N)	Valores (%)	
	> 10	0,4	
	16	0,4	
	40	0,4	
	80	0,4	
Durabilidad	Esposar nominal (N)	Valores (%)	
	> 10	0,2	
	16	0,2	
	40	0,2	
	80	0,2	

A 3D perspective view of a green I-beam. The beam is oriented diagonally across the frame. It features a central vertical web and two horizontal flanges, one on top and one on the bottom. The entire beam is a uniform light green color. It is positioned on a dark gray background with a light gray grid pattern, similar to a CAD software environment.

```

"xml:lang": "en", "encoding": "UTF-8" }
<Declarations xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:nomamespace:schemaLocation=".../xsd/EN_10025-1_2006_xsd">
  <DeclarationOfPerformance xmlns:ns="en">
    <TemplateOfUNE EN_10025-1_2006/TemplateOf>
      <UniqueIdentificationCodeProductType>abc-S155.38</UniqueIdentificationCodeProductType>
      <OrderNumber>XXXX12345XXXX</OrderNumber>
      <IntendendoesMetal structures or composite metal and concrete
structures</Intendendoes>
      <Manufactures> <Manufactures>
        <SystemOfASCC> <ASCC>P></ASCC> </SystemOfASCC>
        <NameOfStandardOfUNE EN_10025-1_2006/NameOfStandard>
        <NameOfStandardOfUNE EN_10025-1_2006/NameOfStandard>
        <IdentificationCode> <ID> <NSName> <ENCLP> <NSName>
        <NSNumber> <OPPR> <NSNumber> </ID>
        </IdentificationCode>
        <EssentialCharacteristics>
          <EssentialCharacteristics>
            </EssentialCharacteristics>
          </EssentialCharacteristics>
        </EssentialCharacteristics>
        <Statement>The performance of the product identified above is in conformity with
        set of declared performance. This declaration of performance is issued, in accordance
        with Regulation (EU) No 305/2011, under the sole responsibility of the manufacturer
        identified above. Signed for and on behalf of the manufacturer by: </Statement>
        <SignedSigned for and on behalf of the manufacturer by: </Signed>
      </DeclarationOfPerformance>
      <InstructionsAndSafetyInformation> <Link> </Link> </InstructionsAndSafetyInformation>
      <DoPDoLink> <DoPDoLink>
        <Files>
          <IFCFile> <Link> </Link> </IFCFile>
          <EPDFile> <Link> </Link> </EPDFile>
          <CertCFile> <Link> </Link> </CertCFile>
          <CertWFile> <Link> </Link> </CertWFile>
          <CertNSFile> <Link> </Link> </CertNSFile>
        </Files>
      </Declarations>
    </Declarations>
  </Declarations>

```



AEOR

Certificado de Conformidad del control de producción en fábrica

0099/CPRI/61/0028

En cumplimiento del Reglamento de Productos de Construcción (RE 395/00/LI
de 19 de marzo de 2011, el organismo notificado AENOR (n.º 0099) ha emitido este Certificado a favor de

Nombre

con domicilio social en

Producto(s) de construcción

Norma armonizada

Referencias

Centro de producción

Productos de acero estructural laminado en caliente

EN 10025-1:2004

Detallados en el Anexo al Certificado

Encomienda de certificación

Se han aplicado todas las disposiciones del sistema 2 para la evaluación
de conformidad de acuerdo a la Norma armonizada mencionada en el Anexo 2
del Anexo 2A de la norma armonizada mencionada. El control de producción
en fábrica cumple los requisitos establecidos en ella.

Este certificado permanecerá en vigor hasta la fecha de expiración,
siempre y cuando se hayan cumplido los requisitos de ensayo y los
requerimientos del control de producción en fábrica incluidos en la norma
armonizada para la evaluación de productos de acero laminado en
caliente, y el producto y las condiciones de fabricación no se hayan
modificado significativamente.

Este certificado amolda AENOR 0099/CPRI/61/0028-01-10

Primeras emisoras:

Notificación:

Expiración:

2009-01-10

2025-01-10

2028-01-10



GlobalEPD
A VERIFIED ENVIRONMENTAL DECLARATION



AENOR
Confía

Declaración
Ambiental de
Producto

EN ISO 14025:2010
UNE 36904-1:2018
EN 15804:2012+A1:2013

Productos largos de acero no aleado
para construcción laminados en caliente
procedentes de horno eléctrico: perfiles
estructurales de uso general, barras y
perfiles comerciales

Fecha de 1ª emisión: 2013-07-31
Fecha de renovación: 2020-07-31
Fecha de expiración: 2025-07-30

Código GlobalEPD: 001-003 renovación 1



Asociación
Sostenibilidad
Siderúrgica

ASOCIACIÓN SOSTENIBILIDAD SIDERÚRGICA

AENOR
Confía

Certificado de la Marca AENOR N Sostenible

017/000920

AENOR certifica que la organización

Nombre

con domicilio social en

suministra

Producto**s** básicos de acero

conforme con el

Anexo 2 del Código Estructural aprobado por Real Decreto 470/2021
UNE 39501:2018

Producción de

Perfiles de acero estructural

Centro de producción

Esquema de certificación

Se han evaluado adecuadamente los aspectos de la sostenibilidad sociales,
económicos y ambientales. Este producto tiene el derecho de usar la Marca
AENOR N, cumple también las normas de calidad aplicables según los
certificados de la Marca AENOR N correspondientes y se ha calculado su
índice de sostenibilidad.

Fecha de primera emisión

2022-06-15

Fecha de expiración

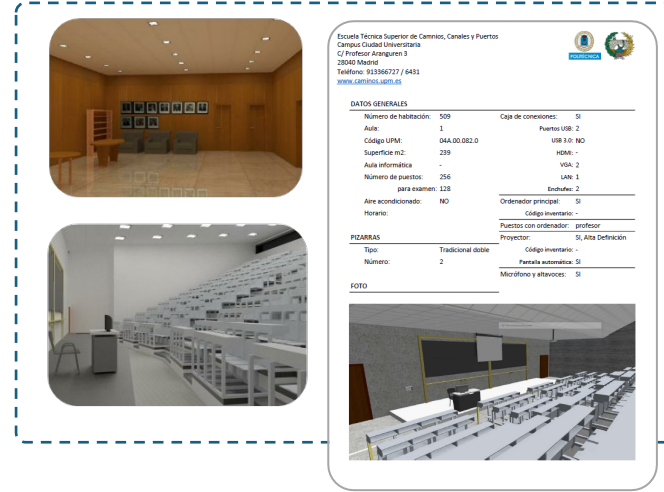
2027-06-15

	
Certificado AENOR de Producto	
	
046/000327	
AENOR certifica que la organización	
Nombre	
con domicilio social en	
suministra	Perfiles estructurales de acero laminado en caliente. Perfiles IPE
conformes con	UNE 90328:2018 UNE EN ISO 12206-1:2006 (EN 10025-1, 2:2004) UNE EN 10034:1994 (EN 10034:1993)
Altura (mm)	160 x 400
Tipo y grados	S235JR, S235D, S235J2, S275JR, S275D, S275J2, S355JR, S355D, S355J2
Norma acero	UNE EN 10025-2
Centro de producción	
Esquema de certificación	
Para obtener este Certificado, AENOR ha ensayado el producto y ha comprobado el sistema de la calidad aplicado para su elaboración. AENOR realiza estas actividades periódicamente muestras de Certificado no haya sido analizado, según se establece en el Reglamento Particular PR-04/01.	
Primera emisión	2013-06-22
Última emisión	2025-01-04
Expiración	2030-03-04

ENTORNO DIGITAL TWIN DE LA ETSICCP



GESTIÓN DE ACTIVOS DOCENTES



POSIBILIDADES

- OCUPACIÓN ESPACIOS
- REGISTRO DE ACTIVOS
- REGISTRO DOCENCIA
- DISPONIBILIDAD
- HERRAMIENTAS DIPONIBLES

A pesar de tener un modelo de gran calidad, ¿tengo todos los **parámetros necesarios** para esta funcionalidad?

ANÁLISIS SOSTENIBILIDAD



ACTUALIZACIONES

- ACTUALIZAR MODELO
- IMPLEMENTACIÓN EN DT
- ACTUALIZACIÓN ALGORITMOS
- ACTUALIZACIÓN ALGORITMOS

NO

SÍ

Si el **modelo** hubiese sido generado **con una Declaración de Prestaciones** Digital mínima, simplemente haría falta el desarrollo software de dicha funcionalidad.
Al no tener DoP, primero se ha de actualizar el modelo, implementarlo en el DT, actualizar los algoritmos y, posteriormente, realizar la nueva funcionalidad.

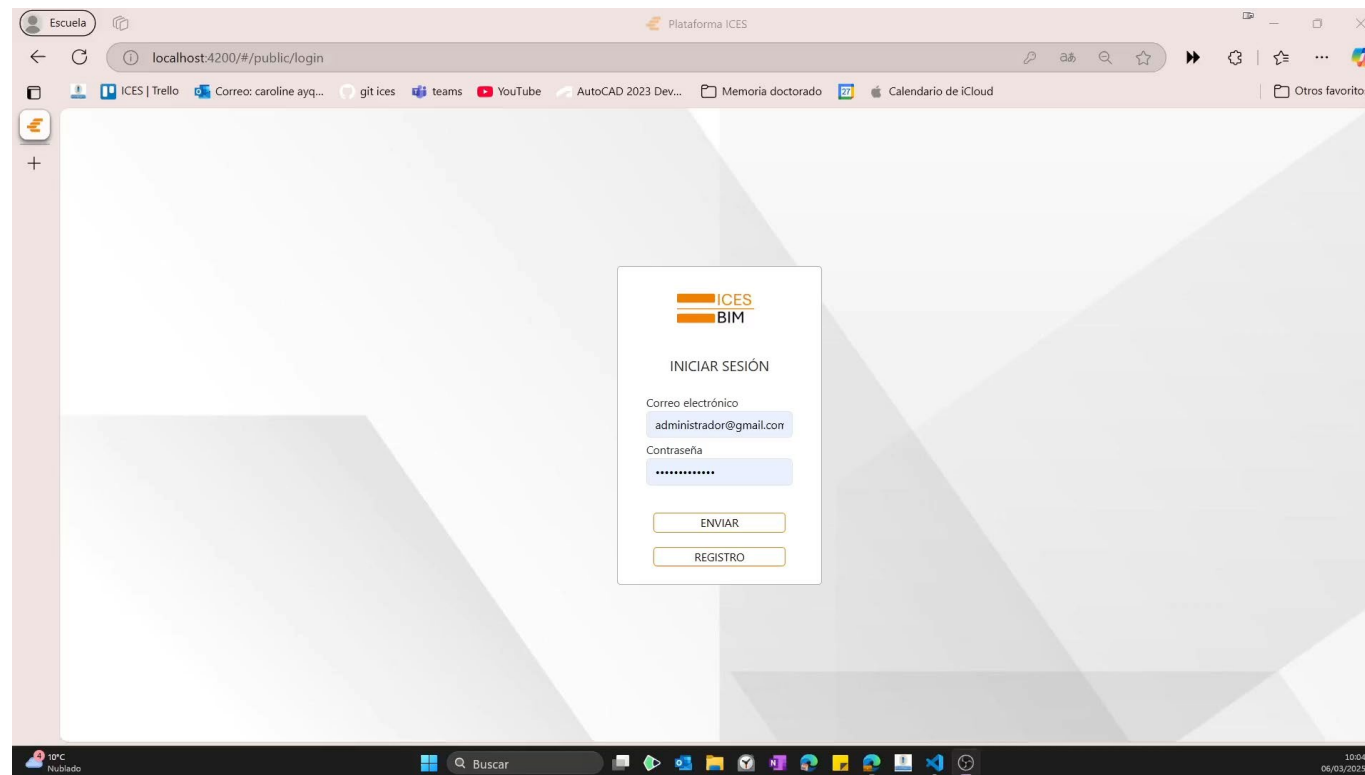
02

Ejemplo: **ICES|BIM**

Proyecto de Calidad Siderúrgica UPM

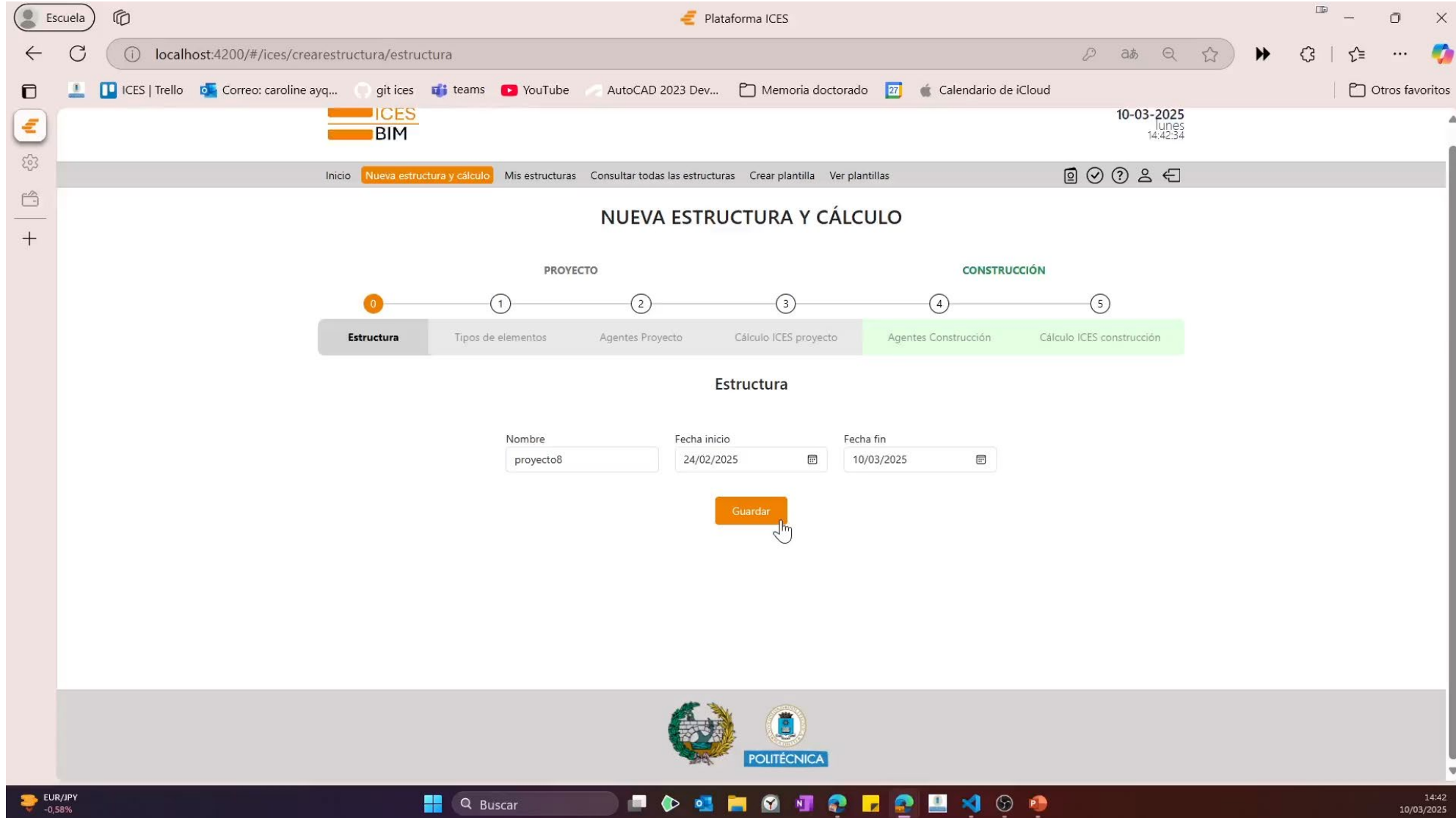
ICES|BIM Proyecto de Calidad Siderúrgica-UPM

1. Plataforma web de acceso libre
2. Lectura automática de modelos BIM con IFC
3. Generación de plantillas conforme a normativa
4. Objetivos de evaluación del Índice de contribución a la sostenibilidad (ICES)
5. Cálculos automáticos, lectura de todos los IFC y detección automática de cualquier parámetro
6. Posibilidades futuras de gestión de datos digitales



ICES|BIM Proyecto de Calidad Siderúrgica-UPM

Lectura automática de información desde el IFC, apertura si es preciso, plantillas..



The screenshot displays the ICES|BIM web application interface. The browser address bar shows the URL `localhost:4200/#/ices/crearestructura/estructura`. The application header includes the ICES|BIM logo, the date **10-03-2025**, and the time **14:42:34**. A navigation menu at the top contains links: Inicio, Nueva estructura y cálculo (highlighted), Mis estructuras, Consultar todas las estructuras, Crear plantilla, and Ver plantillas. The main content area is titled **NUEVA ESTRUCTURA Y CÁLCULO** and features a workflow diagram with six steps: 0 (Estructura), 1 (Tipos de elementos), 2 (Agentes Proyecto), 3 (Cálculo ICES proyecto), 4 (Agentes Construcción), and 5 (Cálculo ICES construcción). The 'Estructura' step is currently active. Below the workflow, the 'Estructura' section contains input fields for 'Nombre' (projecto8), 'Fecha inicio' (24/02/2025), and 'Fecha fin' (10/03/2025). A 'Guardar' button is positioned below these fields. The bottom of the interface shows the UPM logo and the text 'POLITÉCNICA'.

$$ICES = \sum_{i=1}^4 \alpha_i \cdot \sum_{j=1}^{11} \beta_{i,j} \cdot ICPS_{i,j}$$

CÁLCULO DEL ALFA

Tipo (i)	Definición
1	Elementos de hormigón armado in situ
2	Elementos de hormigón pretensado in situ
3	Elementos prefabricados de hormigón
4	Elementos de acero estructural

$$\alpha_i = \frac{\sum_{r=1}^n m_{r,i} \cdot R_{r,i}}{\sum_{r=1}^N m_r \cdot R_r}$$

- α_i : Factor de composición tipológica correspondiente al tipo i , según el apartado A2.1.4
- $\beta_{i,j}$: Factor de contribución correspondiente al tipo i para el proceso o producto j según la tabla A2.2
- $ICPS_{i,j}$: Índice de contribución a la sostenibilidad para el proceso o producto j en el elemento i , según el apartado A2.2.4

- $m_{r,i}$ es la medición de todos los elementos que pertenecen al tipo i , con resistencia característica o límite elástico R_r , expresada en toneladas
- $R_{r,i}$ es la resistencia característica del hormigón o el límite elástico del acero de los elementos asociados al tipo i , expresada en MPa
- n es el número total de resistencias características del hormigón o límites elásticos del acero de los elementos asociados al tipo de elementos i
- m_r es la medición de todos los elementos contemplados en el proyecto con resistencia característica o límite elástico R_r , expresada en toneladas
- R_r es la resistencia característica del hormigón o el límite elástico del acero contemplado por el proyecto, expresada en MPa
- N es el número total de resistencias características del hormigón o límites elásticos del acero contemplados en el proyecto.

CÁLCULO MANUAL

Índice i	Producto	Resistencia	Toneladas	resistencia x toneladas	Σ	Valor α_i
hormigón armado (i_1)	hormigón	35	22,51	787,85	13107,45	0,21
	acero	500	0,03	15		
	hormigón	20	200,61	4012,2		
	acero	400	0,17	68		
	hormigón	40	200,61	8024,4		
	acero	400	0,50	200		
hormigón pretensado (i_2)	hormigón	25	285,24	7131	11442,2	0,18
	acero pasivo	400	0,77	308		
	acero activo	1770	0,77	1362,9		
	hormigón	50	44,31	2215,5		
	acero pasivo	400	0,18	72		
	acero activo	1960	0,18	352,8		
prefabricado hormigón (i_3)	hormigón	35	22,51	787,85	1886,25	0,03
	acero	500	0,03	15		
	hormigón	60	17,79	1067,4		
	acero	400	0,04	16		
acero estructural (i_4)	acero	510	70,64	36026,4	36026,4	0,58
SUMA TOTAL				62462,3		

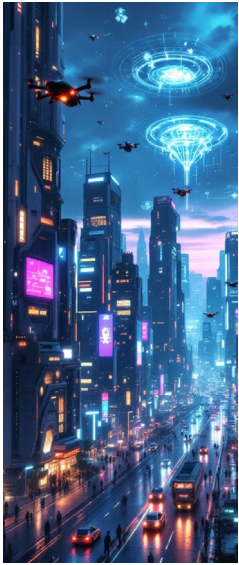
CÁLCULO DE LA PLATAFORMA

Índice i	Producto	Resistencia	Toneladas
hormigón armado (i_1)	hormigón	35	22,51
	acero	500	0,03
	hormigón	20	200,61
	acero	400	0,17
	hormigón	40	200,61
	acero	400	0,50
hormigón pretensado (i_2)	hormigón	25	285,24
	acero pasivo	400	0,77
	acero activo	1770	0,77
	hormigón	50	44,31
	acero pasivo	400	0,18
	acero activo	1960	0,18
prefabricado hormigón (i_3)	hormigón	35	22,51
	acero	500	0,03
	hormigón	60	17,79
	acero	400	0,04
acero estructural (i_4)	acero	510	70,64
Índice i	Producto	Resistencia	Toneladas

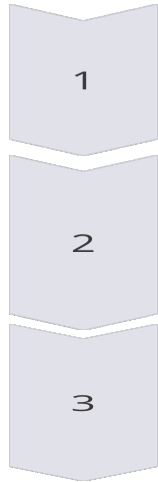
α	Valor
α_1	0.21
α_2	0.183
α_3	0.03
α_4	0.577

03

La formación de nuestros ingenieros y el **Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities**
<https://www.digitwin4ciue.eu/master-digital-twins/>



BIM y Gemelo Digital en el Medioambiente Construido



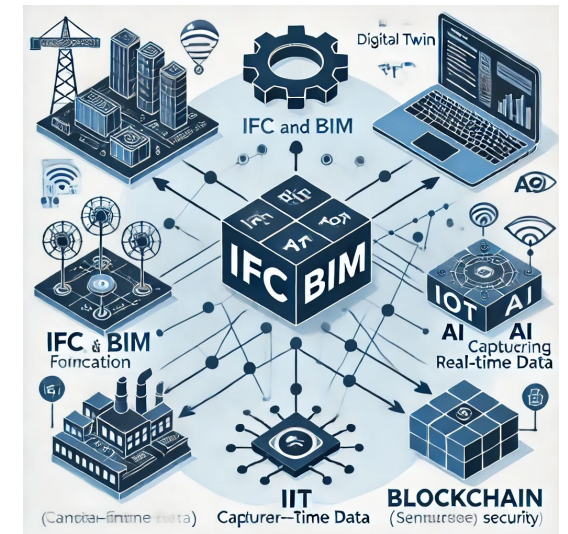
Contexto y Tendencias Globales

- La transformación digital en ingeniería y arquitectura **se dirige** hacia el uso de **gemelos digitales** para optimizar el ciclo de vida de infraestructuras y activos urbanos.
- **El desarrollo normativo avanza**, con referencias clave como **ISO 19650** y el **TR del CEN/TC 442/WG 9**, pero aún persisten desafíos en la formación de profesionales que puedan implementarlos correctamente.
- **Empresas y administraciones públicas necesitan especialistas en interoperabilidad, estandarización de datos y modelado avanzado** para integrar gemelos digitales en BIM, GIS y sistemas de gestión de activos.

Brecha de Conocimiento y Oportunidad Académica

Déficit de Profesionales Cualificados

- **Falta de programas formativos especializados** en gemelos digitales aplicados a ingeniería y arquitectura.
- Empresas y administraciones demandan perfiles con competencias en **integración de BIM, GIS, IoT, IA y análisis de datos** para gestionar activos digitales.
- Se requiere formación en **metodologías normalizadas y estándares** para garantizar la interoperabilidad en el ciclo de vida de infraestructuras.
- La **Escuela de Caminos de Madrid (UPM)**, tiene la oportunidad de **liderar la formación de expertos en gemelos digitales**, alineada con las necesidades del sector.





Conclusiones obtenidas sobre incorporación de competencias digitales y BIM en la ETSICCP-UPM

Formación Continua

Invertir en formación continua en competencias digitales es imprescindible.

Programas de Máster Propios

Actualización Curricular

Incorporar estos contenidos en currículos universitarios y programas de actualización profesional.

Cursos MITMA y otros de Experto.

Preparación para el Futuro

Preparar a los futuros líderes del sector para un entorno cada vez más digitalizado.

Por lo tanto, era necesario **de forma rápida, un Máster para:**

- Formar a los profesionales que ya lo necesitan (Máster Ejecutivo)
- Generar, en un contexto tan cambiante, grupos de expertos para la implantación de procesos, casos de uso, uso de estándares y conceptos normativos, etc.

Y también conseguiremos:

- Fomentar que la Formación se filtre hacia el resto de titulaciones
- Formar futuros profesores
- Fomentar nuevas vocaciones
- Mejorar la visibilidad del sector y sus profesiones
- Mejorar la empleabilidad de nuestros egresados
- Y simultáneamente, generar una nueva línea para de los Ingenieros, arquitectos y otros profesionales del sector.



Impacto y Beneficios de un Máster en Gemelos Digitales

Propuesta de Valor

- Formación avanzada con un enfoque **multidisciplinar y normativo**, combinando **BIM, GIS, IoT, IA y análisis de datos**.
- Desarrollo de competencias en **interoperabilidad, normalización de datos y modelado de activos digitales**.
- Sinergias con empresas y administraciones para resolver retos reales y mejorar la toma de decisiones.
- Impulso a la investigación aplicada en **sostenibilidad, resiliencia urbana y optimización de infraestructuras**.

Tecnologías Clave en el Máster en Digital Twins Ecosistema Tecnológico para la Formación en Gemelos Digitales

• Modelado y Gestión de Datos

- BIM (ISO 19650)
- GIS y geodatos
- Ontologías y semántica de datos
- Bases de datos espaciales

• Interoperabilidad y Normalización, IFC

• Sensórica y Monitorización en Tiempo Real

• Análisis y Simulación Avanzada

- Inteligencia Artificial y Machine Learning
- Simulación de procesos urbanos e infraestructuras
- Modelos predictivos y analítica de datos

• Visualización e Interacción con el Gemelo Digital

- Realidad Virtual y Aumentada
- Entornos colaborativos en la nube
- Plataformas de gestión de infraestructuras

The Executive Master in Digital Twins



Executive

Targeted to professionals
in the built environment

Structured to facilitate
conciliation with work



Blended

Online evening live sessions
(Mon to Wed 6 to 8:30pm CET)

Three onsite
meetings (Thu-Sat)
in Madrid, Budapest & Paris



Joint Diploma

An institutional master
jointly organized by four
leading European
Civil Engineering
universities



Project based

Learning-by-doing
through real capstone
projects under the
mentorship of our
industrial partners.



One year

60 ECTS master
program, from Sep'24
to July'25



Faculty

Combination of
professors and experts
from academia
and industrial partners



Global

Students from all over
the world, not necessarily
from the coordinating
universities countries
Fully taught in English



Networking

Encouraged through
onsite events, capstone
projects, conferences,
team group
tasks...

Academic program: 1-Basic skills

Edition 2024-2025

Digital Basic Skills 27 ECTS

A series of courses to acquire the basic concepts in the disciplines required in the construction and operation of digital twins.

Structured in 3 separate modules, each of them running on different days (ie learners with a solid background in BIM, for example may not take courses lectured on Mondays).

All courses are elective, and students must choose at least 27 ECTS out of the 36 ECTS offered to complete the Digital Skills module.

Module	Days	Subject	ECTS	Lead
Digital models and networks for digital twins	Mon 18-20:30h	Principles of BIM and GIS	3	UPM ¹
		GIS in digital twin cities	3	ITU
		Advanced BIM	3	BME
		Networks design for digital twins	3	UPM ²
Programming and software development	Tue 18-20:30h	Introduction to programming	3	UPM ³
		Python programming	3	ITU
		IoT and signal processing	3	UPM ²
		Relational databases and SQL	3	ITU
Data Science and artificial intelligence for digital twins	Wed 18-20:30h	Big Data technologies and applications for DT	3	ITU
		Cloud computing and cybersecurity	3	UPM ³
		Knowledge representation and semantic interoperability	3	UPM ³
		Machine learning and data analysis *	3	UPB

UPM¹: School of Civil Engineering, UPM

UPM²: School of Computer Science, UPM

UPM³: School of Telecommunication Engineering, UPM

* This course Will be delivered from 17:30 to 20:00

Academic program: 2-Core skills

Edition 2024-2025

Applied Digital Twins: Core Skills – Management and Innovation for Digital Twins

9 ECTS

Core courses that will guide students, on a practical and learning-by-doing basis, through the different phases to design, implement, validate and operate digitally virtualized infrastructures and systems. A combination of managerial and technical skills that will help you adapt and better understand the digital transformation of the industry:

Starting in September and lectured in series of 2-3 weeks on Wednesdays and Mondays until April 2025

Module	Days	Subject	ECTS	Lead
Management and Innovation for Digital Twins	Mon-Wed 18-20:30h	Design and deployment of Digital Twins	3	UPM
		Validation and Operation of Digital Twins	3	ENPC
		Innovation and Industry 5.0	3	ENPC

Academic program: 3- Applied courses

Edition 2024-2025

Applied Digital Skills Specialization courses 6 ECTS

Students will apply the learnings acquired in the previous phases of the program to specific fields of civil engineering, with a compendium of elective courses on applied digital twins, structured in three specialties.

Students will choose 3 of the 9 courses of applied technologies, with flexibility to select courses of different specialties if preferred:

Module	Coord	Subject	ECTS	Lead
DT for Transport and Mobility	Mon to Wed	Intelligent transport systems	2	BME
		Mobility data analysis	2	Nommon
		DT of railways and roads	2	BME
DT for Energy and Water Management	Mon to Wed	DT for desalination and wastewater management	2	UPM
		DT for energy generation	2	ENPC
		DT for management of water resources	2	UPM
DT for Urban Design and Building Management	Mon to Wed	Smart building management	2	ENPC
		Smart cities design	2	ENPC
		Structural sensing and monitoring	2	UPM

Academic program: 4 – The project



Conference cycle

A cycle of 15-20 weekly lectures of 60-90 min by leading experts of the industry and academia, between November and June.

The lectures will address the application of digital twins to different fields of the built environment, especially those not included in the elective courses



Capstone projects

Hands-on real world cases of applied digital twins, proposed and mentored by 1-2 industrial partners, and coordinated by faculty of the Master Program.

Developed in groups of 3-4 students between November and July, with 2 onsite workshops and a final presentation at the closing ceremony in Paris

An excellent sandbox to test your innovation projects

The conferences of 2023:

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities
Master conference cycle

Real-time Digital Twin development of structural assessment of bridges

ATTILA JOÓ
Director of Center for Innovation Management and Cooperation at DMI

HOSTED BY

NOV 30
13:00h (CET)

Onsite & Online

SME Building Z, 10th floor

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities
Master conference cycle

Digital Twin: Definition, Framework, and Opportunities for the Construction Industry

JEROME LOYWICK
Digital Twin Project Manager at Bouygues Construction

HOSTED BY

DEC 13
13:00h (CET)

Onsite & Online

Amphi Cauchy, France

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities
Master conference cycle

Optimized industrial asset management combining physical and statistical models

MAXIME GUEGUIN
Eurobio Meats Labs, Delegate Scientific Lead

HOSTED BY

JAN 11
13:00h (CET)

Onsite & Online

ENPC, room B102

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities
Master conference cycle

Digital Twin of the Port of Callao (Peru), developed by SENER

XAVIER PASCUAL
Global Director of Consultancy Services & New Technologies at SENER

HOSTED BY

JAN 29
13:00h (CET)

Onsite & Online

Escuela de caminos (UPM) Aula Torres Quevedo

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities
Master conference cycle

How Digital Twins contribute to Hydraulic Infrastructures monitoring

MOEZ JELLOULI
Manager of the Simulation Department at SL Ingénierie

HOSTED BY

FEB 13
13:00h (CET)

Onsite & Online

ENPC

ITU

#MasterConferenceCycle

March 13th, 13 hrs (CET), online

Plassey railway condition monitoring: Technology and uses

Peter Juel Jensen
Innovation Manager, Plassey Transportation

Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities

ITU

#MasterConferenceCycle

April 10th 2024, 1pm (CET), online

CIM/BIM of the Paris 2024 Olympic and Paralympic games

Yann Krysinaki
VP of project management at SOUSCO

Alexandre Mahfoud
CIM / BIM approach at SOUSCO

Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities

ITU

#MasterConferenceCycle

April 4th, 13 hrs (CET), onsite & online

Data fusion in mobility: Solving a practical case

Javier Burrieza
Senior Business Development Engineer

Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities
IDOM

The Digital Twin Transformation Journey: An engineering consulting firm vision

Arkaitz Etxebarria
Digital Transformation Consultant IDOM

Miguel A. Meneses de la Cruz
BIM Project Manager IDOM

Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities

Conference Cycle - The role of AI in Digital Twins

Asunción Pérez-Gómez
UPM

Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities

ITU

DIGITAL TWINS
infrastructures & cities

AI, Computer Vision, and Digital Twins

Vincent Lepetit
ENPC, UGM

Executive Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities

ITU

And many more [here...](#)

Collaboration with companies



Main Figures of Capstone projects

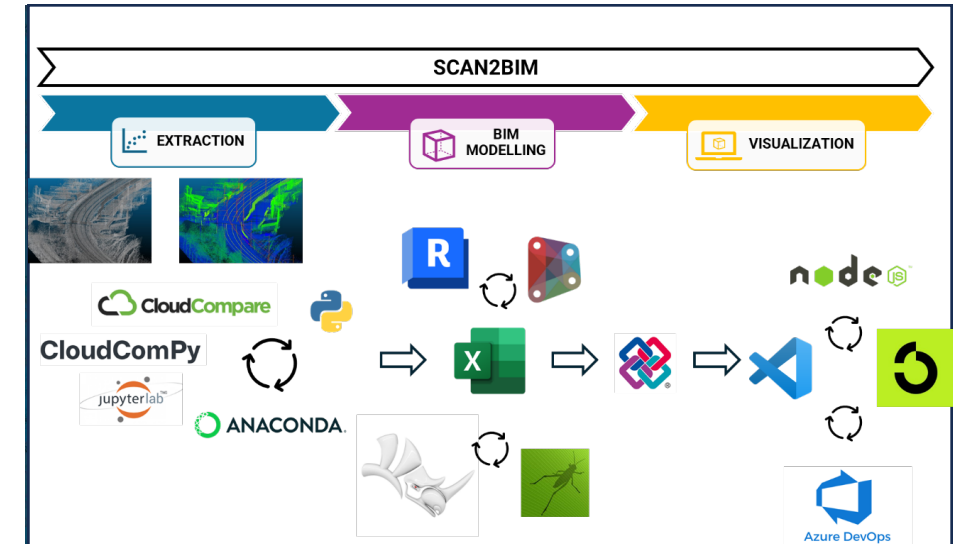
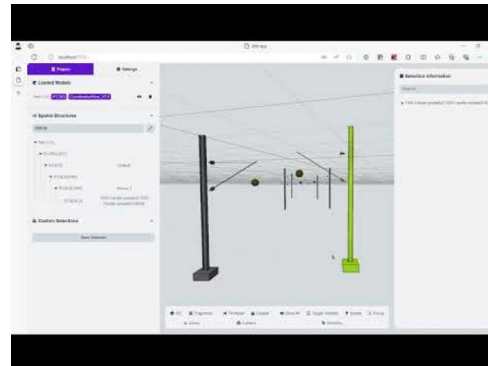
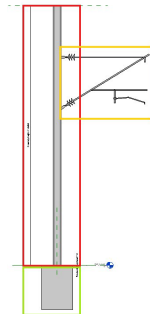
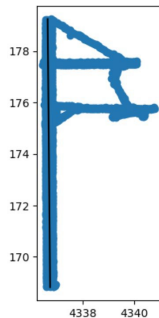
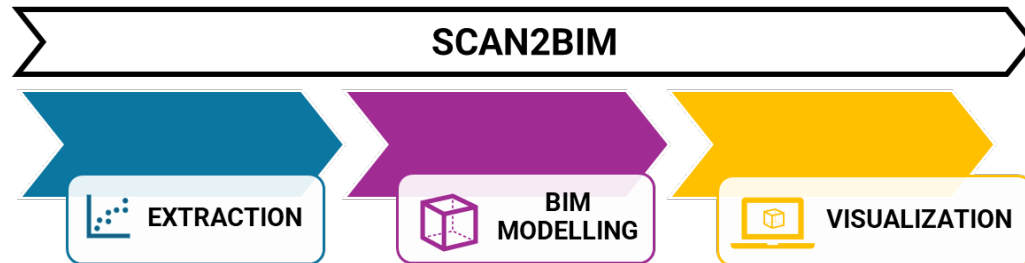
- Six Teams / Six **companies** involved
- Railways
 - SCAN2BIM project
- Dams
 - Development of Dams Digital Twin for safety management and operation
- Mobility,
 - Developing a Predictive Model of Mass Events' Impact on Mobility within an Urban Digital Twin Framework
 - Project Bike Sharing Service
- Energy sectors
 - Reliability of asset data through remote multi-source measurements
 - A wind turbine digital twin for Load Emulation and Power forecasting

SCAN2BIM project

Collaboration with **ALTA**METRIS

Target:

- **Automate the creation of a BIM model** of a railway infrastructure capturing detailed information of existing assets using Terrestrial Laser Scanner or Photogrammetry technologies in a point cloud,



Established Workflow

Enhanced Digital Products

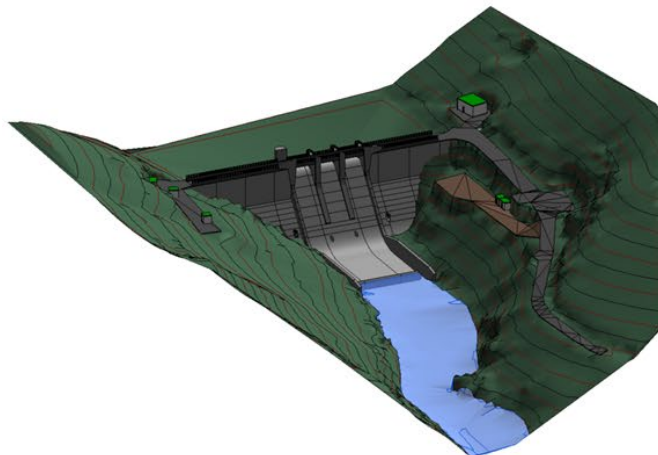
Digital Twin Definition

Development of Dams Digital Twin for safety management and operation

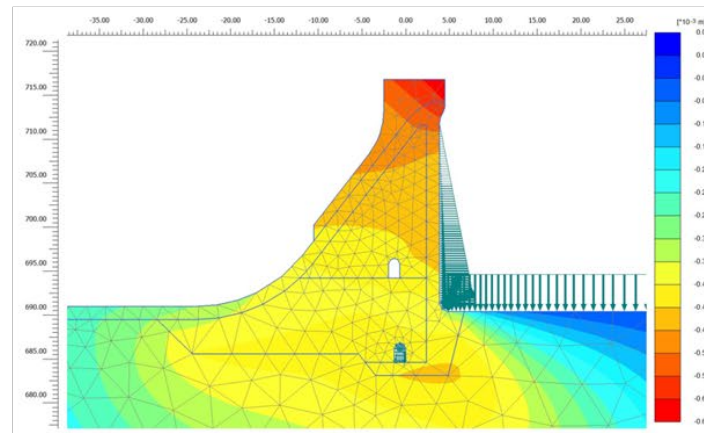
Collaboration with 

Target:

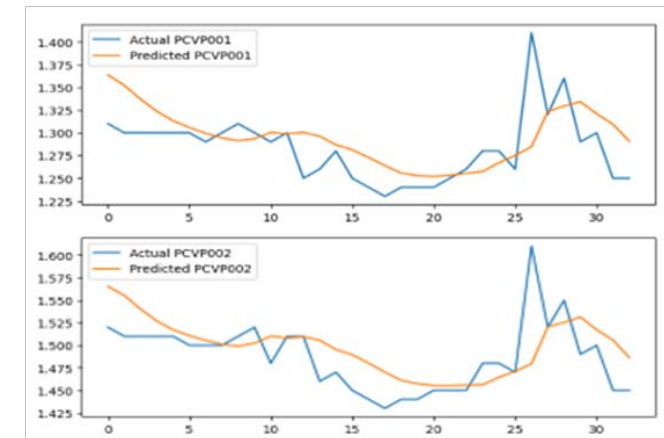
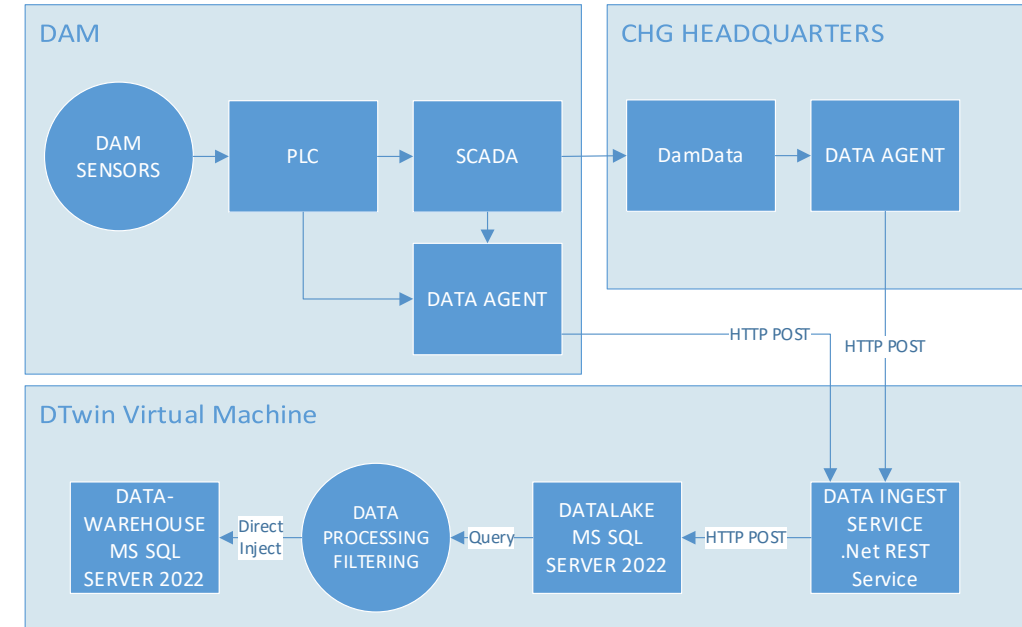
- Implement a Digital Twin, as a **virtual replica of the system** of the dam-reservoir-basin-river, could be of great help in the operation and maintenance of a dam, as it will be able to determine in real time the response of the dam not only under the real monitored scenario but also to other possible scenarios, make predictions and optimization



BIM Model



Physical Model



Data-Based Models

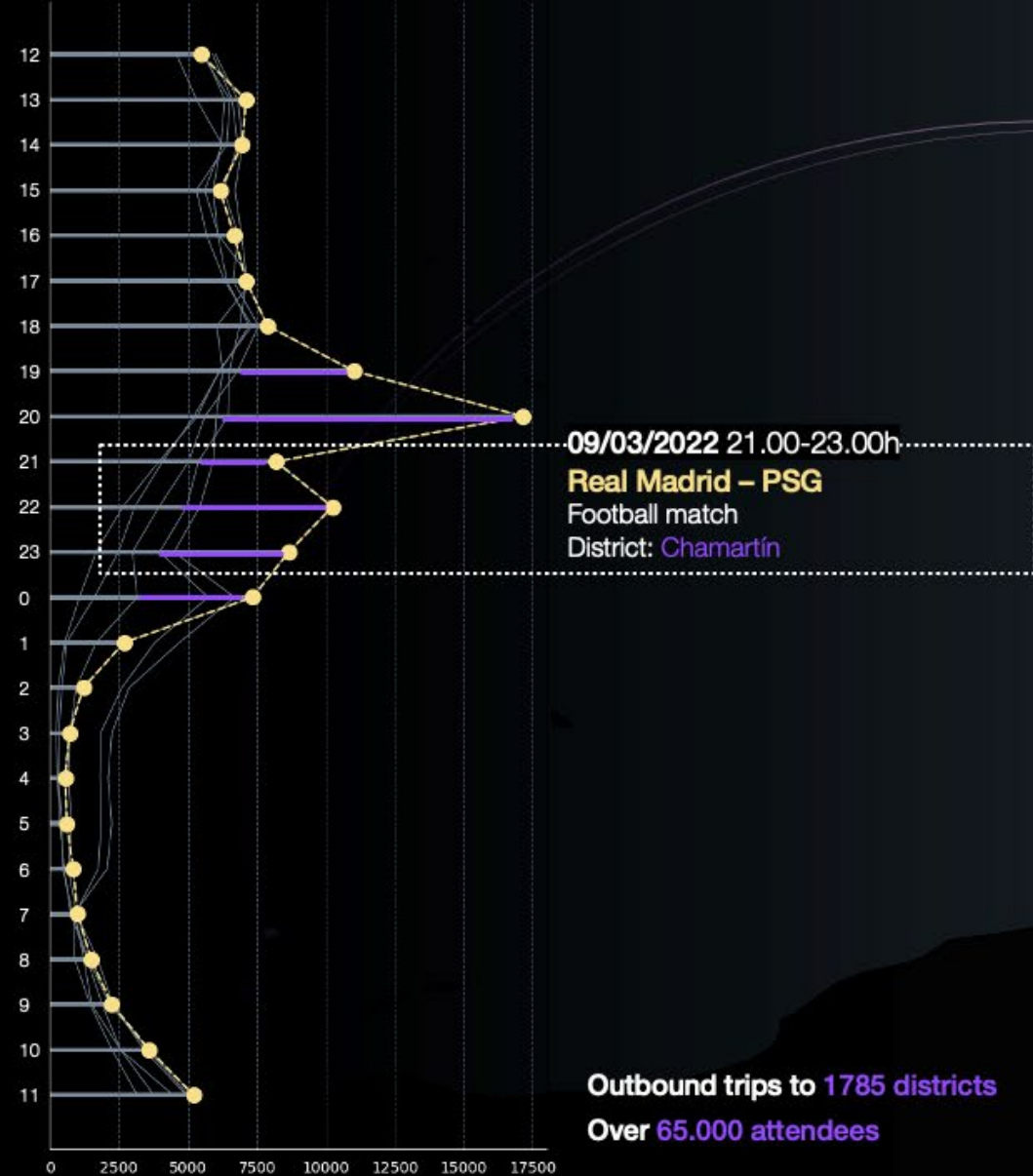
Collaboration with

- Assess the impact of mass events on Madrid's urban mobility and develop an **AI-based model to predict and simulate** these effects.
- Create a methodology for analysing mobile network data to predict mobility patterns across various urban settings.
- Develop a replicable framework that can be adapted to other cities hosting mass events.



Capstone projects of 2023-2024

Developing a Predictive Model of Mass Events' Impact on Mobility within an Urban Digital Twin Framework



Benefits

- Assess the impact of mass events on Madrid's urban mobility and develop an AI-based model to predict and simulate these effects.
- Create a methodology for analysing mobile network data to predict mobility patterns across various urban settings.
- Develop a replicable framework that can be adapted to other cities hosting mass events.

This capstone project examines the growing occurrence of mass events in Madrid and their impact on urban mobility in 12 districts of the city of Madrid.

By combining data analysis techniques with urban and transport planning principles, it develops a predictive transformer model for integration into Madrid's evolving Digital Twin platform.

Executive Master. Edition 2023–2024

Madrid onsite event
(Feb 2024)



Budapest onsite event
(May 2024)



Paris onsite event (Sept 2024)



Meetings and comm & diss actions

Summary of actions done during this period



19

Events/Conferences
participated

+80

Meetings with
companies in areas
of influence

17

Social media or
Website content
(webmarketing)

22

Events/Conferences
Organization

The DIGITWIN4CIUE Project



Co-funded by
the European Union

Consortium: Academy + Innovation



Civil Engineering & Architecture Schools of the EELISA alliance 
European University



AI and CS research
center



Innovation SMEs

Objectives:



Training on the
application of digital
technologies to the
Built Environment



Creation of a Centre
of Excellence of
digital twins



Facilitate the digital
transformation of the
sector

Action lines of the project



The Executive Master in Digital Twins



A one-year international master program addressed to engineers of the built & mobility environments.

Coordinated by four European leading Civil Engineering Universities and participated by public and private entities of all sectors related with the civil engineering and building sectors

To create the leaders of the digital transformation of the sector

The Centre of Excellence in Digital Twins



A platform to promote the creation of networks between the different players of the built & mobility environment.

The main goal is accelerating the digital transformation of the sector, with three main lines of action:

- Training.
- Research and technology transfer.
- Entrepreneurship promotion.

The Centre of Excellence



Connections

Academia
Public entities
Construction companies
Engineering consultants
SMEs
Start ups
European Union

- **Executive Master**
- Digital Technologies programs
- Online MOOCs for members

Training



- Technology watch team
- R & I projects, dissemination
- Technological support
- **Participation in guidelines, standards, definitions**

Technology transfer

- International + national **start-up incubators**
- Research and innovation calls
- Hiring opportunities for companies



Strategic partners and collaborating companies



Digitalización del entorno construido

Resumen

- Se está desarrollando el segundo curso del Executive Master in Digital Twins for complex infrastructures and cities, **con vocación de permanencia**
- La formación en BIM y el Máster en Digital Twins, redunda en la **formación de profesores** y poco a poco cala con la implantación de materias relacionadas en el resto de las titulaciones y niveles de estudios
- Futura creación de la intensificación en digitalización en el **Máster de Ingeniero de Caminos**
- El contexto tecnológico y normativo está en constante evolución; el de la formación también; estamos en el camino.



04

Conclusión

Article

Seeking a Definition of Digital Twins for Construction and Infrastructure Management

Aitor Aragón ^{1,2}, Mathieu Arquier ³, Onur Behzat Tokdemir ⁴, Alejandro Enfedaque ¹ , Marcos García Alberti ^{1,*} , Fabien Lieval ³, Eduard Loscos ^{5,6}, Rubén Muñoz Pavón ¹ , Dan Marius Novischi ⁶, Pablo Vicente Legazpi ⁷ and Ángel Yagüe ¹ 

Aragón, A., Arquier, M., Tokdemir, O. B., Enfedaque, A., Alberti, M. G., Lieval, F., & Yagüe, Á. (2025). Seeking a Definition of Digital Twins for Construction and Infrastructure Management. *Applied Sciences*, 15(3), 1557.

Another important element to be integrated in the DT is the **Digital Product Passport (DPP)** defined in the sustainable products Regulation (ESPR) and in the new construction products regulation (CPR). CEN/CLC/JTC 24 is developing European standards for the DPP system of the ESPR and CEN/TC 442/WG 12 is **developing a European standard for the BIM data templates for construction products**, which can be used in the future DPP system for products covered by the CPR.

The **DPP will contain LCA-based environmental indicators** for construction products, communicated using Environmental Product Declarations based on ISO 21930 (at international level) or EN 15804 (in Europe). This information can be included in the DT using the data templates defined in EN ISO 22057. However, **this standard has several limitations for computer-interpretability [60]**, which should be solved in the next revision of the document.



Limitations of machine-interpretability of digital EPDs used for a BIM-based sustainability assessment of construction assets

A. Aragón, M.G. Alberti ^{*}

Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Spain



- EPDs must be machine-interpretable to reduce costs when transferred to BIM software.
- The lack of harmonisation limits machine-interpretability.
- A globally unique identification is required for organisations, sites or properties.