

<b>TITULO</b>	MODELOS PARA LA DOCENCIA DEL BIM: EL GARAJE CATASÚS, DE JOSÉ ANTONIO CODERCH
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	BIM en la Universidad
<b>AUTOR / ES</b>	VALDERRAMA, Fernando (1), GUADALUPE, Rafael (2), RAMÍREZ, Carolina (3), MUÑOZ, Efraín (4)
<b>INSTITUCIÓN</b>	RIB Spain SA Universidad Politécnica de Madrid Universidad Politécnica de Madrid Universidad Politécnica de Madrid
<b>DIRECCIÓN</b>	Manuel Silvela 15, 5º 28010 Madrid
<b>E-MAIL</b>	fernando.valderrama@rib-software.es
<b>TELÉFONO</b>	667 667 053
<b>FAX</b>	914484050



## **MODELOS PARA LA DOCENCIA DEL BIM: EL GARAJE CATASÚS, DE JOSÉ ANTONIO CODERCH**

**VALDERRAMA, Fernando (1), GUADALUPE, Rafael (2), RAMÍREZ, Carolina (3), MUÑOZ, Efraín (4)**

- (1) RIB SPAIN SA, fernando.valderrama@rib-software.es
- (2) Universidad Politécnica de Madrid, rafael.guadalupe@upm.es
- (3) Universidad Politécnica de Madrid, info@carolinaramirez.es
- (4) Universidad Politécnica de Madrid, efrainmunoz@yahoo.es

### **RESUMEN**

La elección de modelos adecuados para la enseñanza de los nuevos medios digitales plantea un interesante reto.

El garaje Catasús, construido por el arquitecto José Antonio Coderch en 1953, es un buen ejemplo, porque sus ocho naves de nueve metros de luz se construyeron mediante una elegante lámina de hormigón, pero también porque en las reseñas publicadas se incluye un diagrama de barras con las fechas reales de la ejecución de las actividades de cada nave y algunos datos sobre los recursos utilizados y los costes.

Los autores han reconstruido el modelo desde los puntos de vista 3D, 4D y 5D, realizando las hipótesis necesarias para completar los datos, y han aplicado distintas técnicas de planificación para analizar la eficacia del proceso realizado y sus posibles alternativas.

En esta comunicación se hace énfasis en las características que deben satisfacer los modelos utilizados en la docencia y se propone un esquema para usar el garaje Catasús como base de una enseñanza BIM integrada, que vaya más allá de lo puramente gráfico, en base a un modelo interesante pero abordable, complejo, pero no complicado, atractivo, pero no famoso, y cercano, pero no fácilmente localizable.

**DOCENCIA, MODELOS, EJEMPLOS, TUTORIALES**

### **ABSTRACT**

The choice of suitable models for new digital media teaching poses an interesting challenge. The Catasús garage, built by the architect José Antonio Coderch in 1953, is a good example. Its eight nine-meter span naves were built using an elegant concrete slab. The published reviews include a Gantt chart with the actual dates of the activities execution and some information about the implied resources and the costs.

The authors have reconstructed the model from the 3D, 4D and 5D points of view, making the hypotheses needed to complete the data, and have applied different planning techniques to analyze the process efficiency and its possible alternatives.

This communication focuses on the properties to be met by the models used in teaching and proposes a scheme to use the Catasús garage as the basis of an integrated BIM teaching, going beyond the pure geometry, based on a model Interesting but affordable, complex, but not complicated, attractive, but not famous, and close but not easy to find.

## TEACHING, MODELS, EXAMPLES TUTORIALS

### 1 INTRODUCCIÓN

El modelo propuesto consiste en una edificación, el Garaje Catasús, destinada inicialmente a guardar camiones de distribución de combustible y realizada por el arquitecto José Antonio Coderch y construida en Barcelona en 1953 [1].



Fig 1. Artículo sobre el Garaje Catasús. 1954. Revista de Obras Públicas

El modelo tiene su origen en un artículo localizado en el Revista de Obras Públicas, ROP [2], por el Doctor Arquitecto Rafael García García, del Departamento de Composición Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Madrid, y enviado a los autores. La reseña incluye un diagrama de barras, una información que no suele encontrarse en este tipo de publicaciones, que describen habitualmente las peculiaridades de la construcción, pero no suelen referirse a costes y plazos. Como todos los ejemplares de la ROP, la publicación activa más antigua de España, la reseña está disponible en Internet. Ese artículo es toda la



BIM International Conference

*Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación  
Universitat Politècnica de València  
Valencia, 19 y 20 de mayo 2017*

información que han utilizado los autores para realizar esta comunicación y los trabajos que en ella se describen.

Más adelante se localizó otra reseña [3], publicada en Informes de la Construcción, del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, ahora "Eduardo Torroja", centrado en la estructura constructiva y en el que se puede apreciar mejor la geometría exacta de la cubierta.

El edificio consta de ocho naves paralelas, del mismo ancho y longitudes similares, realizadas con una lámina de hormigón de patente alemana, de solo 6,50 cm de espesor. Dispone también de un bloque lateral para oficinas, de cubierta plana.

El diagrama de barras publicado muestra las fechas reales en que se realizaron las principales actividades de cada nave: encofrado, colocación de la armadura, hormigonado y desencofrado. Se observa que se han utilizado tres encofrados o cimbras, de la longitud total de cada nave, que se desplazan alternativamente de nave en nave.

El objetivo inicial al analizar este modelo fue reconstruir la planificación que hubiera dado lugar a este proceso real de ejecución. Conociendo las actividades, se determinarían las duraciones estimadas para cada una y las relaciones entre ellas, tratando de detectar las restricciones aplicadas en el número de equipos y otras condiciones de partida.

Este análisis resultó especialmente interesante y algunos de sus resultados se describen más adelante. Se trataba, sin embargo, de un ejercicio aislado de planificación, sin relación específica con el BIM. Visto el potencial del modelo, se decidió rehacer el trabajo desde el inicio, empezando por el modelado y tratando de resolver la planificación y el presupuesto en un entorno BIM integrado.

Los datos de partida utilizados están disponibles en las reseñas mencionados. Los resultados concretos de cada ejercicio pueden ser diferentes a los obtenidos por nosotros. Lo que se propone en esta comunicación es un conjunto de posibles objetivos didácticos o ejercicios que se pueden realizar en base al mismo.

## **2 CONTENIDO**

### **2.1 Modelado**

La idea de empezar por modelar el edificio en tres dimensiones parece consustancial al BIM. Sin embargo, es importante observar que cuando se trata de aplicar procesos posteriores, como la planificación y la gestión del coste, existen dos alternativas muy diferentes:

- El modelo que se realiza por el mismo equipo que lo utilizará posteriormente, o por equipos que colaboran habitualmente, como podría ocurrir en el interior de la empresa constructora.

- El modelo que es realizado por unos, como el equipo de diseño, y debe ser utilizado por otros que no colaboran ni tienen poder o autoridad sobre los primeros.

Los dos procesos se pueden simular durante la formación. En el primero, se pueden establecer criterios y buenas prácticas de modelado que tiendan a favorecer la utilización de los datos, y la marcha atrás está permitida. Es posible modificar el modelo una y otra vez hasta que los procesos posteriores resulten totalmente eficientes. En el segundo proceso, por el contrario, el modelador debe trabajar con independencia del resto del equipo y es *trampa* volver al modelo y cambiarlo si resulta difícil de medir o de planificar. El docente y el alumno deben tener en cuenta que ésta segunda situación va a ser una de las más habituales del mundo BIM, al menos a corto y medio plazo.

En el garaje Catasús parece interesante modelar todo lo que está definido en los planos y al menos lo que aparece en la planificación. No es necesario realizar muchas hipótesis, pero el alumno tendrá que rellenar las lagunas que encuentre sin quedarse parado. La segunda reseña mencionada es muy útil para la definición de la estructura de cubierta.

Realizado el modelo geométrico, en función en las habilidades del alumno y de la formación que haya recibido sobre este aspecto del programa, se identificarán los errores convencionales del alumno. Las dimensiones aparecen en los distintos documentos y debe exigirse un modelo geoméricamente y dimensionalmente correcto, además de contrastar los resultados de superficies y volúmenes con los publicados.

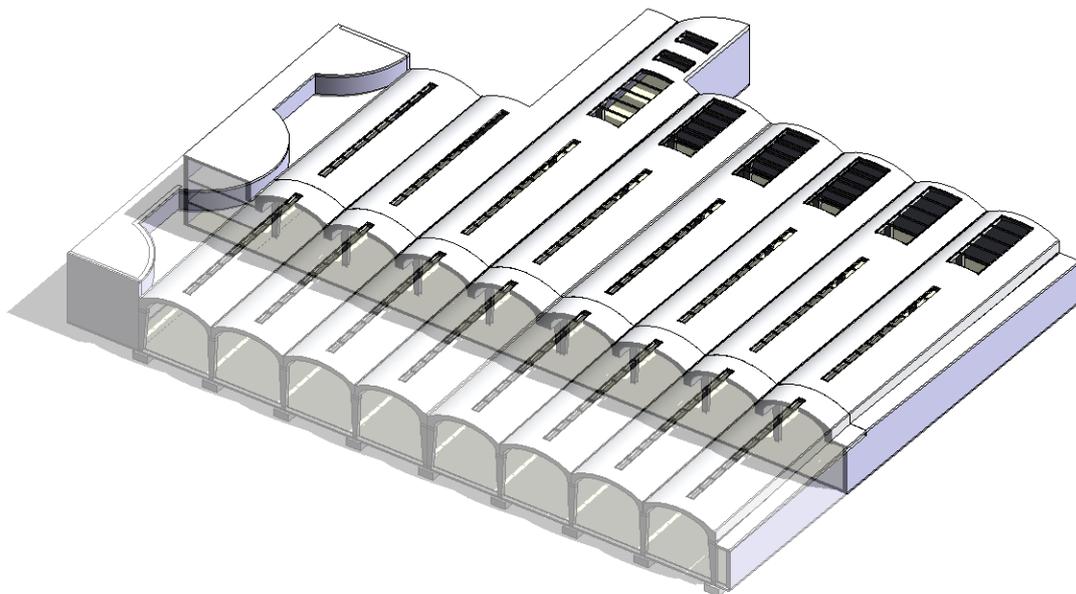


Fig 2. Axonometría del modelo en Revit. 2017. Elaboración propia

El siguiente paso es analizar el resultado en términos del proceso. Se puede revisar el cumplimiento de buenas prácticas, se hayan exigido o no al modelador previamente. La Guía de usuarios uBIM [4] es un buen punto de partida.

¿Se han definido correctamente todos los espacios? ¿Se pueden deducir bien las superficies útiles y construidas y el conjunto es coherente con los datos? ¿Se han creado los objetos con las herramientas apropiadas y se ha insertado información que permita clasificar correctamente los distintos tipos? ¿Están rellenos los atributos que permitirán posteriormente clasificar los objetos, medirlos y planificarlos? ¿Se ha dejado a los que vienen detrás alguna explicación de las decisiones, o informe de modelado?

Como se resume en las conclusiones, el alumno se sorprende mucho al descubrir todos estos aspectos, ya que cuando está centrado en modelar se le escapan por completo.

## 2.2 Presupuesto

La generación del presupuesto y la planificación han sido dos aspectos tradicionalmente separados, realizado por equipos distintos y partiendo ambos de los planos. En el entorno BIM es recomendable realizar un enfoque integrado desde el principio, realizando primero el presupuesto, ya que la información, si está correctamente estructurada desde este punto de vista, facilitará mucho el proceso de la planificación.

En cuanto al presupuesto, hay dos tipos de tareas:

- Las que son específicas del entorno BIM, como clasificar y cuantificar los elementos del modelo.
- Las comunes a la generación tradicional del presupuesto, como la descripción detallada de las unidades de obra, añadir las que no están en el modelo, poner precios y, en general, todo lo necesario para obtener un documento que sirva de base para solicitar ofertas.

	Código	NatC	Info	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
-	<b>Revit</b>			<b>CODERCH 6</b>	1		0	0
- 1	<b>2000160</b>			<b>Habitaciones</b>	1		0	0
	1.1 292951			OFICINAS 2	408,77	m2		0
	1.2 292893			GARAGE 1	4.422,96	m2		0
+ 2	<b>2000700</b>			<b>Materiales</b>	1		0	0
+ 3	<b>E02</b>			<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>	1		0	0
- 4	<b>E04</b>			<b>CIMENTACIONES</b>	1		0	0
	4.1 291908			Solera garage	998,71	m3		0
	4.2 290156			Zapatas	99,28	m3		0
- 5	<b>E05</b>			<b>ESTRUCTURAS</b>	1		0	0
	5.1 B10			Pilares	74,86	m3		0
	5.2 264241			Encofrado	16,00	u		0
	5.3 273721			Armadura	121.687,20	kg		0
	5.4 261985 VOL			Cubiertas	3.042,18	m3		0
	5.5 291908_			Forjado oficinas	817,54	m2		0
	5.6 223			Cubierta oficinas	426,46	m2		0
- 6	<b>E07</b>			<b>CERRAMIENTOS Y DIVISIONES</b>	1		0	0
	6.1 249			Muro exterior	2.309,32	m2		0
- 7	<b>E11</b>			<b>PAVIMENTOS</b>	1		0	0
	7.1 208786			Pavimento garage	4.838,22	m2		0
- 8	<b>E16</b>			<b>VIDRIERIA Y TRASLUCIDOS</b>	1		0	0
	8.1 216688			Lucernarios	688,46	m2		0
	8.2 29425			Perfilera	1.266,74	m		0
	8.3 289295			Vidrios	625,47	m2		0

Fig 3. Capítulos y partidas en Presto. 2017. Elaboración propia.

Si nos centramos en la parte específica, el alumno debe ser capaz de:

- Identificar todas las unidades de obra presentes en el modelo
- Elegir la unidad de medida más adecuada a cada una y obtener las cantidades, contrastando el resultado con los datos publicados.
- Proporcionar unas mediciones ordenadas, localizables en el modelo, los planos y el edificio construido, utilizando, si están definidas, las áreas, los espacios y las rejillas.
- Ordenar las unidades de obra en capítulos adecuados a la función del presupuesto.

Al mismo tiempo, debe detectar las diferencias entre lo que se modela y lo que se mide:

- Las mediciones de algunos elementos van a provenir de otros modelos, como las armaduras, cuya cuantía o cantidades exactas serán resultado de un programa de cálculo.
- Otras unidades de obra, sin estar directamente en el modelo, se deducen de las existentes, como el movimiento de tierras o la impermeabilización de las cubiertas.
- Algunos elementos que pueden haber sido modelados o no, como el encofrado, no tienen un coste directo, es decir, no forman parte del presupuesto que realiza el equipo de proyecto, pero puede que tengan que ser calculados por el contratista.

El alumno debe ser capaz de medir también unidades de obra que no sean exactamente áreas totales o volúmenes, como la superficie en verdadera magnitud de la cara superior de las cubiertas.

La formación sobre el presupuesto en entornos BIM puede incluir:

- La realización de un informe a los modeladores, describiendo cómo debería haberse realizado el modelo para facilitar su labor en este caso concreto o, si se desea un mayor alcance, la redacción de una propuesta de buenas prácticas generales.
- El análisis del proceso de gestión del cambio, es decir, cómo se actuaría en caso de que se recibieran nuevas versiones del modelo, según sea la envergadura de los cambios.

En función del escenario elegido, el alumno puede realizar los cambios en el modelo y volver a generar el presupuesto, o terminar el proceso usando el mismo modelo recibido.

### **2.3 Planificación**

A su vez, se pueden imaginar dos escenarios:

- Realizar libremente la planificación de la ejecución
- Tratar de reproducir una planificación compatible con la publicada

El primer ejercicio corresponde a una situación real, en la que se dispone del modelo, con el detalle descrito en las referencias, pero sin consultar el diagrama de barras publicado. El alumno tiene toda la libertad para determinar las actividades, las duraciones, la secuenciación y las restricciones, pero debe tomar decisiones sobre el número de recursos de cada tipo, que es precisamente el objetivo de la planificación.

Un ejercicio avanzado consistiría en determinar objetivamente la alternativa más económica. Para ello, es necesario estimar unos costes de los medios auxiliares, así como una penalización o ahorro del cliente por el plazo, que no se deducen de la publicación.

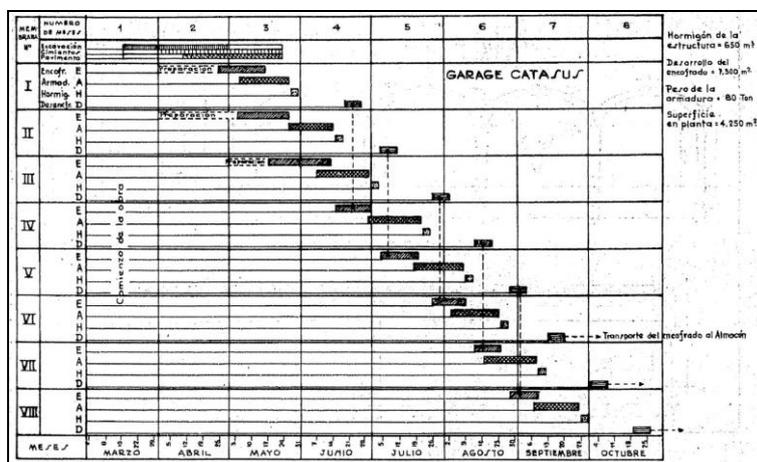


Fig 4. Planificación original. 1954. Revista de Obras Públicas

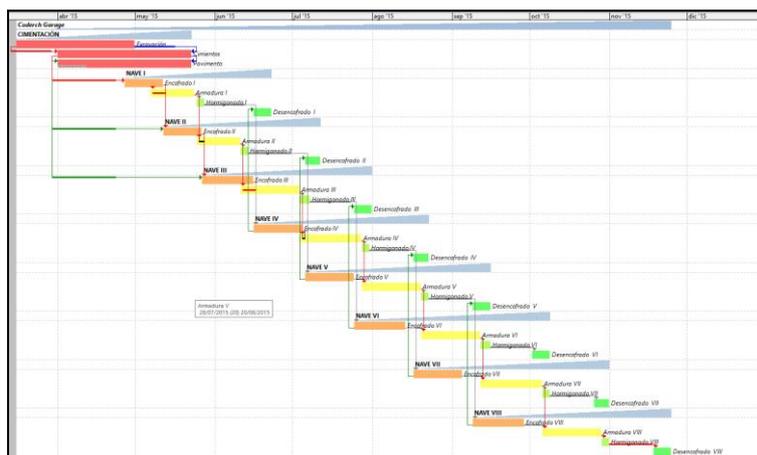


Fig 5. Reconstrucción de la planificación original en Presto. 2017. Elaboración propia.

Este modelo es particularmente interesante para ello porque, a diferencia de la edificación vertical, donde la secuencia de las plantas es fija, las naves en horizontal se pueden ejecutar de muchas formas diferentes, desde avanzar con un sólo equipo linealmente hasta atacar las ocho naves por ambos extremos con todos los equipos necesarios. Es por ello especialmente interesante para una planificación basada en espacios y tiempos y en restricciones de recursos.

BIM International Conference

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación  
Universitat Politècnica de València  
Valencia, 19 y 20 de mayo 2017

La segunda propuesta es de carácter más teórico, ya que consiste en reconstruir una planificación inicial que sea compatible con las fechas reales publicadas de las actividades. Es interesante analizar estos datos y determinar medias y variabilidad de las duraciones, encontrar curvas de aprendizaje y realizar hipótesis sobre las restricciones empleadas. El conocimiento de estos datos reales, poco habitual en tareas repetitivas, permite aplicar técnicas probabilistas, basadas en el método PERT o en análisis de Monte Carlo.

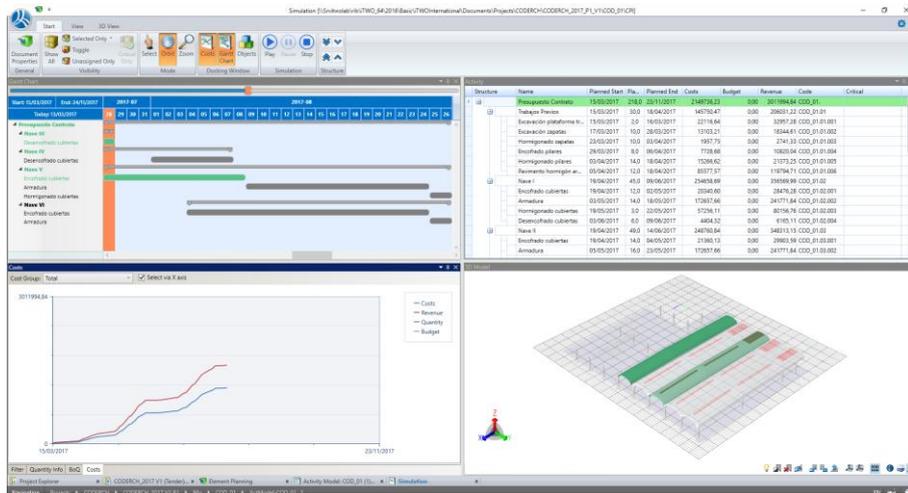


Fig 6. Simulación 4D en iTwo. 2017. Elaboración propia

Como ocurre con la gestión del coste, estas tareas se pueden realizar con independencia de que exista o no un modelo 3D. Por tanto, es conveniente insistir en las posibilidades específicas del BIM:

- Por un lado, realizar las inevitables simulaciones visuales del proceso de la ejecución, que requieren la vinculación del modelo 3D con la planificación
- Por otra parte, generar y mantener los enlaces entre el modelo de coste y el de tiempos, es decir, entre las unidades de obra y las actividades, que en la etapa de ejecución permitirán relacionar los ingresos con los costes, es decir, las certificaciones con el avance de la ejecución.

## 2.4 Otros posibles objetivos didácticos

Muchos especialistas encontrarán en el Garaje Catasús de José Antonio Coderch un buen ejemplo para aplicar su área de conocimiento.

La reconstrucción de la estructura, especialmente de sus armados, y su cálculo con los programas actuales puede ser un interesante reto, teniendo en cuenta las bajísimas cuantías utilizadas y los espesores reales. Hay suficientes datos para contrastar las cantidades totales utilizadas. No hay duda de que las cubiertas se dimensionaron correctamente, puesto que se mantienen en uso, pero es posible que ya no cumplan la normativa y que no pudieran ser construidas nunca más.

El análisis de la luminosidad natural interior es otra posibilidad. En los mismos artículos se comenta este aspecto, como una de las características comprobadas en la realidad.

El modelo, por su tamaño, su relativa sencillez y su buena definición geométrica, puede utilizarse para casi todas las demás posibilidades de los entornos BIM, como el análisis energético, la generación de imágenes y animaciones o el diseño, introducción y cálculo de unas posibles instalaciones.

### **3 CONCLUSIONES**

BIM no es modelado, ni siquiera es modelado enriquecido. BIM es integración de disciplinas, colaboración entre agentes y refinamiento del prototipo. Los ejemplos que utilicemos en la docencia deben insistir en estas características.

En actividades de formación realizadas por los autores con modelos similares a este es sorprendente la reacción de los alumnos cuando se dan cuenta lo que se han esforzado por modelar correctamente desde el punto de vista geométrico, pero no han caído en que el modelo es un medio para realizar otras tareas, no un fin en sí mismo.

El alumno construye el modelo sin darse cuenta de que él mismo va a tener que utilizar sus datos posteriormente para los procesos 4D y 5D. Cuando llega a este punto, se pregunta por qué no se le indicó antes cómo hacerlo correctamente, pero es sólo ahora cuando puede entender bien cómo debería haber procedido, y comprueba las diferencias entre trabajar para uno mismo o pensar en los que vienen después.

De la misma forma, si en cada proceso intervienen equipos distintos, discutirán entre ellos sobre lo que debería o no hacer cada uno, discusión que refleja perfectamente lo que ocurrirá en el mundo real, en el que no existe un modelo perfecto y las personas no colaboran si no tienen un estímulo para hacerlo.

### **4 REFERENCIAS**

- [1] <http://joseantoniocoderch.org/>
- [2] *Antonio Ochoa de Retana (1954). Garage para camiones cisternas en Barcelona. Revista de Obras Públicas, octubre 1954, pp. 506-509.*
- [3] *Garaje Catasús, Barcelona. Arquitecto: José Antonio Coderch. Informes de la Construcción, Madrid: Instituto Eduardo Torroja. (1954), nº 65 noviembre, 64-69.*
- [4] *Building Smart (2014). Guía de usuarios BIM.*