

# IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARES MULTIDISCIPLINARIOS PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MOBILIARIO URBANO INNOVADOR Y SOSTENIBLE

Jesús Manuel Bernal Camacho<sup>1</sup>, Víctor Manuel Martínez García<sup>1</sup>, Ana Paulina Alfaro Rodríguez<sup>2</sup>, Pedro Alfonso Aguilar Calderón<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela de Ingeniería Mazatlán (MÉXICO)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán (MÉXICO)

## Resumen

La implementación de nuevas tecnologías en las distintas áreas del conocimiento, ha permitido optimizar y simplificar los procesos necesarios para alcanzar resultados satisfactorios. En las disciplinas de Arquitectura e Ingeniería Civil el uso de software se ha convertido en una herramienta imprescindible en el sentido de dinamizar las tareas y reducir los tiempos de elaboración de proyectos. Tal es el caso del desarrollo de proyectos mediante la implementación de software multidisciplinarios, que permiten potenciar las habilidades de los expertos en las distintas áreas y alcanzar un punto de convergencia del cual emane un producto o proyecto con un alto grado de calidad técnica y científica. El presente documento muestra el desarrollo de una investigación que articula los resultados obtenidos de la implementación de softwares especializados en el área de Arquitectura e Ingeniería Civil para el diseño y evaluación de mobiliario urbano innovador y sostenible empleando las características reológicas y mecánicas de un concreto autocompactable. Los resultados destacan las bondades del uso de software de manera multidisciplinar, logrando extrapolar resultados y aumentando el grado de análisis de los mismos. La principal ventaja identificada radica en la facilidad de iterar una gran cantidad procesos con diferentes valores en sus variables a un bajo costo de tiempo hasta alcanzar los resultados deseados.

Palabras clave: Software, Multidisciplinario, Mobiliario, Sostenibilidad.

## Abstract

The new technologies implementation in different areas of knowledge has allowed us to optimize and simplify the processes necessary to achieve satisfactory results. In the disciplines of Architecture and Civil Engineering, the use of software has become an essential tool in the sense of streamlining tasks and reducing project preparation times. Such is the case of project development through the implementation of multidisciplinary software, which allows enhanced the skills of experts in different areas, with the aim of reach a point of convergence into a Project, which will present a high degree of technical and scientific quality. This document shows the development of a research that articulates the results obtained from the implementation of specialized software in the area of Architecture and Civil Engineering for the design and evaluation of innovative and sustainable urban furniture using the rheological and mechanical characteristics of a self-compacting concrete. The results highlight the benefits of using software in a multidisciplinary manner, achieving extrapolated results and increasing the degree of their analysis. The main advantage identified lies in the ease of iterating a large number of processes with different values in their variables at a low cost of time until the desired results are achieved.

Keywords: Software, Multidisciplinary, Furniture, Sustainability

## 1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación muestra los resultados obtenidos de la implementación acoplada de los softwares Autodesk Autocad 2020 y Software Simulation Mechanical 2015 en el análisis y evaluación de las características físicas y mecánicas de prototipos de mobiliario urbano. Las características del material utilizado para la calibración de los modelos numéricos corresponden a una dosificación de concreto autocompactable simple y otros adicionados con fibras, además del uso de microsilice como adición

mineral. El desarrollo de la investigación busca dar a conocer las ventajas de las técnicas que se implementaron para su ejecución:

- Destacar las características y ventajas de los softwares implementados en el estudio; Autocad 2020 y Software Simulation Mechanical 2015.
- Identificar las ventajas que otorga el llevar a cabo un análisis mediante el uso de software multidisciplinarios.
- Establecer un diseño de mobiliario urbano innovador basado en los resultados mecánicos y físicos obtenidos mediante el uso de los softwares.

## 1.1 Uso de software en la arquitectura e ingeniería

Los softwares para arquitectura e ingeniería han evolucionado de manera significativa durante los últimos años, lo anterior se atribuye a la acelerada aparición de nuevos materiales y proyectos que significan mayores retos para los expertos de estas disciplinas. La evolución en esta área de especialización ha facilitado e incrementado el enfoque de los diseñadores, ya que los tiempos de ejecución se han abatido en un alto porcentaje permitiendo que el profesionista dedique más tiempo a la creatividad tanto en áreas de arquitectura como de ingeniería.

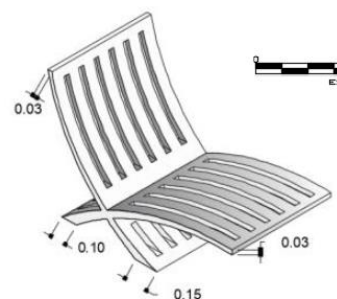
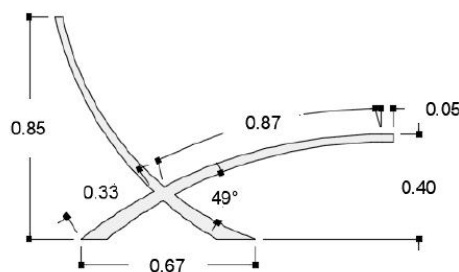
### 1.1.1 Autodesk AutoCAD

Es un software utilizado en los ámbitos de ingeniería y arquitectura con la finalidad de impulsar la creatividad de los equipos con las características de automatización, colaboración y aprendizaje automático del software AutoCAD®. Los arquitectos, los ingenieros y los profesionales de la construcción utilizan AutoCAD para lo siguiente:

- Dibuja y anota geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla.
- Automatiza tareas como, por ejemplo, la comparación de dibujos, la sustitución de bloques, el recuento de objetos, la creación de planificaciones y mucho más.
- Crea un espacio de trabajo personalizado para maximizar la productividad con aplicaciones complementarias y API [1].

El uso de AUTODESK AUTOCAD permitió el diseño innovador y eficiente de los distintos prototipos de inmobiliario urbano. Su uso tanto en 2 dimensiones como en 3 dimensiones permitió optimizar la geometría de los 3 prototipos definidos. Asimismo, el software arrojó como resultado un modelo analítico que se logró importar al software definido para la revisión de los esfuerzo interno.

#### Prototipo A



#### Prototipo B

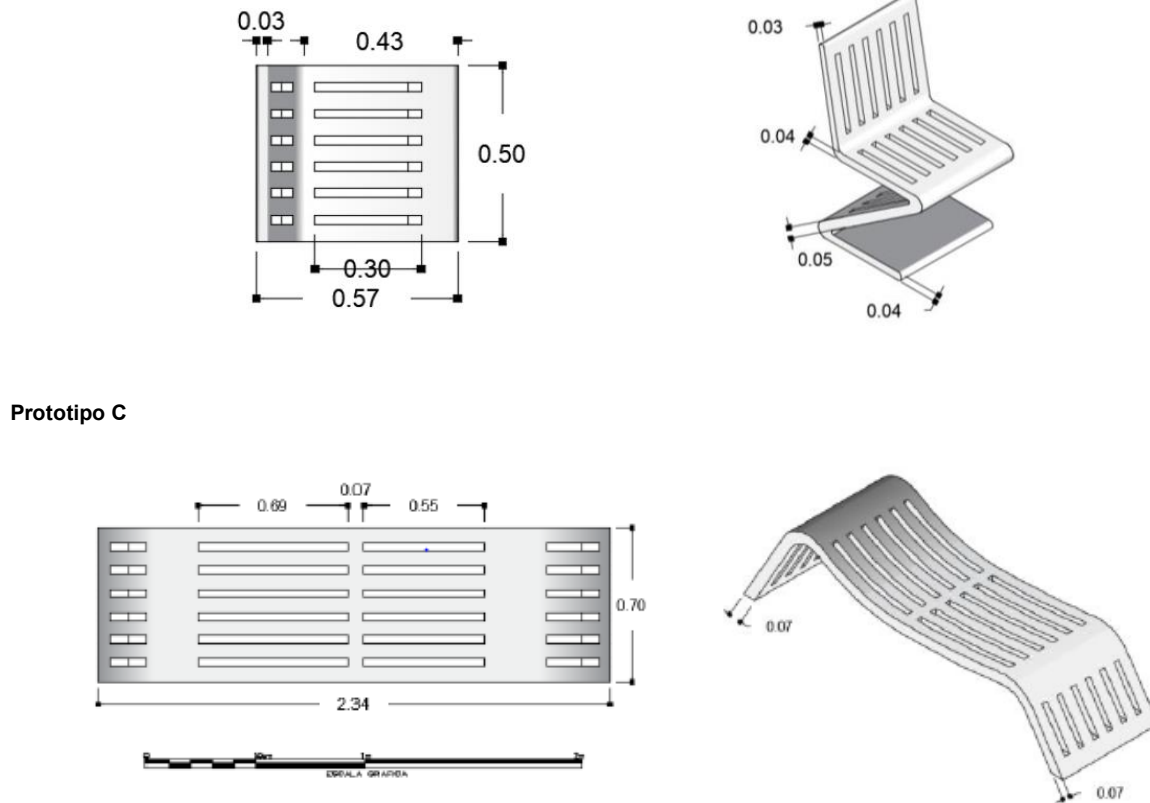
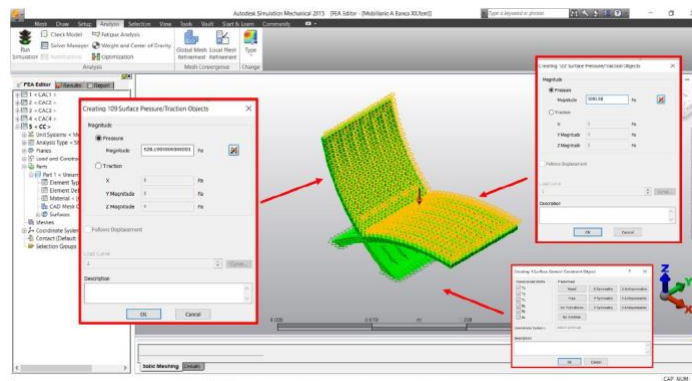


Figura 1 Prototipos de mobiliario urbano elaborados en AUTOCAD.

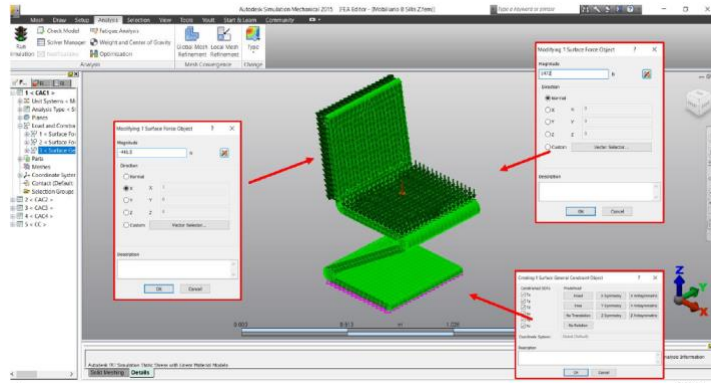
### 1.1.2 Autodesk Simulation Mechanical 2015

La principal aplicación de Autodesk Simulation Mechanical 2015 consiste en brindar soluciones a prototipos digitales desde un enfoque mecánico, para esto es posible emplear un amplio rango de herramientas que facilitan los procesos durante los análisis de elementos finitos. Dicha herramienta brinda un soporte importante a diseñadores, ingenieros y analistas que requieren tomar decisiones importante durante el proceso del diseño ingenieril [2].

#### Prototipo A



**Prototipo B**



**Prototipo C**

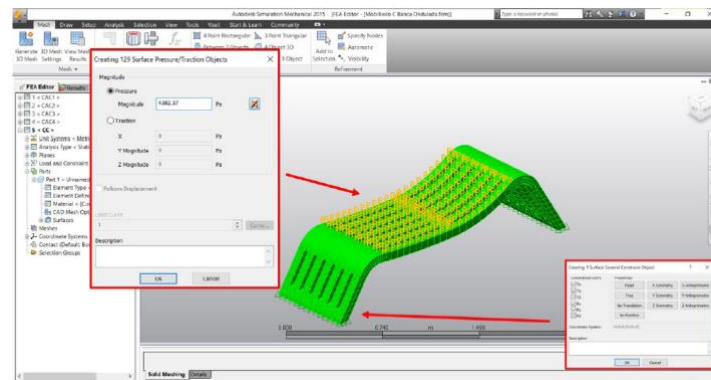


Figura 2. Prototipos analizados en Autodesk Simulation Mechanical 2015.

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Diseño

Los prototipos de mobiliario urbano que fueron seleccionados se establecieron atendiendo diverso parámetros de diseño. Posteriormente se procedió a su modelado en el software de análisis de elementos finitos considerando las propiedades del material en estado endurecido (propiedades mecánicas), una vez que los modelos fueron cargados con los pesos definidos, propios del uso diario de este tipo de mobiliario urbano, se iniciaron los análisis para la revisión de la distribución de esfuerzos.

Paso 1: consiste en el modelado de los elementos, para posteriormente realizar un mallado de los mismos, dentro del programa de elementos finitos.

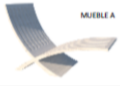




Paso 2: Discretización del prototipo de elementos finitos.

Paso 3: Asignación de las propiedades de los materiales.

Paso 4: Asignación de cargas más condiciones de contorno

Cabe destacar que el criterio tomado para la asignación de la carga en los prototipos dentro del modelo numérico, consistió en asignar a cada uno de los muebles con el máximo peso que van a soportar puestos en función. Para el mobiliario A y B se asignó una carga de 150 kg en el asiento, considerando que se aplicaba el 30% de esa fuerza en el respaldo de cada mueble. [3]

Tabla 1 Método de selección de mobiliario urbano (puntaje por cualidades)

SELECCIÓN DE PROTOTIPO DE MOBILIARIO URBANO										
CLAVE DE PROTOTIPO	PROPIEDADES REOLÓGICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTABLE				PROCESO DE FABRICACIÓN, INSTALACIÓN Y USO					SUMA DE PUNTOS
	EXTENSIBILIDAD	FLUIDEZ	AUTONIVELACIÓN	CAPACIDAD DE PASO	FACILIDAD DE DESCIMBRADO	FACILIDAD DEL PROCESO DE INSTALACIÓN	GRADO DE DEMANDA DE ESFUERZOS MECÁNICOS	GRADO DE CONFORT DEL USUARIO	REPRODUCIBILIDAD	
 MUEBLE A	3	3	3	3	2	3	3	3	3	26
 MUEBLE B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
 MUEBLE C	3	3	3	3	3	3	2	3	3	26
 MUEBLE D	2	2	2	2	2	3	3	3	3	22
 MUEBLE E	3	3	3	3	3	1	3	1	2	22
ALTO	3									
MEDIO	2									
BAJO	1									

## 2.2 Caracterización de las propiedades reológicas del concreto autocompactable.

En el proceso experimental del artículo se realizaron diferentes ensayos en estado fresco, para los cuales se obtuvieron los siguientes valores:

Para las pruebas de extensión de flujo los valores permisibles de acuerdo a la EHE-08 [4] [5] se encuentran en un rango admisible que va de los 550 a los 850 mm. Con el mismo ensayo de extensión, se evalúa el T50 (Tiempo en que la mezcla alcanza los 50 centímetros), para evaluar la viscosidad y cohesión, se recomienda que ese valor se encuentre por debajo de los 8 segundos [3].

Tabla 2. Propiedades del CAC en estado fresco

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO						
MEZCLAS	Ensayo De extensión De Flujo		Ensayo Anillo Japonés		Ensayo De Tamiz Vertical	Ensayo De Orimet
	Extensión De Flujo (Mm)	T50 (SEC)	A2-A1 (CM)	T50 (S)	% DE PASO	TO (S)
CAC <sub>MS</sub> FSFA	770	4.2	0.9	5.7	22	1.3
CAC <sub>MS</sub> FSFA	700	8.1	6	38.1	15.3	2.5
CAC <sub>MS</sub> FSFA	700	14.5	1.4	21.5	13.3	1.9
CAC <sub>MS</sub> FSFA	630	7.9	2.6	26	12.7	2.9

### 2.3 Pruebas Mecánicas

De acuerdo con la dosificación elaborada se estableció un objetivo de 35Mpa como resistencia de compresión del concreto, y al realizar los ensayos en el tiempo establecido, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Propiedades del CAC en endurecido.

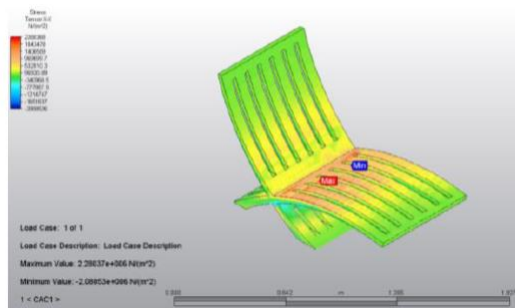
IDENTIFICACIÓN	MEDIDAS	7 DÍAS	28 DÍAS
CAC (CPO 1)	10 X 20 CMS	37.82 MPa	50.38 MPa
CAC (CPO 2)	10 X 20 CMS	34.87 MPa	47.85 MPa
CAC (CPC 1)	10 X 20 CMS	29.40 MPa	39.20 MPa
CAC (CPC 2)	10 X 20 CMS	26.49 MPa	40.45 MPa

De acuerdo a los resultados obtenidos se muestra que el CPO mostró un mejor desempeño, demostrando permitirá obtener resultados más altos de resistencia a la compresión, ayudando a mejorar el desempeño del material [3] [6].

### 3 RESULTADOS

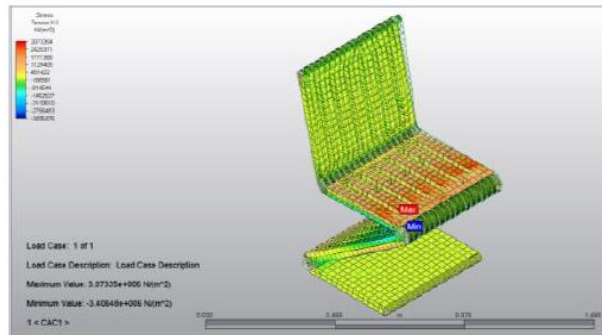
A continuación se muestran los esfuerzos resultantes de la carga propuesta en cada uno de los prototipos de mobiliario urbano.

Tabla 4. Esfuerzos en el mobiliario A "Banca XX".



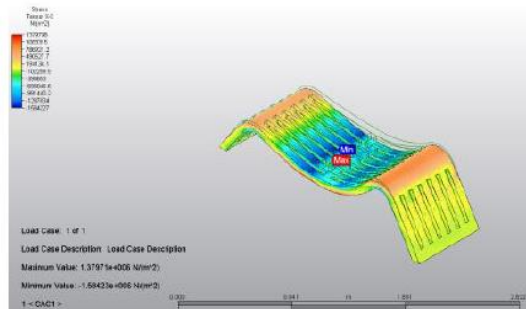
MOBILIARIO A "BANCA XX"												
ESFUERZOS APLICADOS AL MUEBLE			MATERIALES PROPUESTOS									
			RESISTENCIA CAC1		RESISTENCIA CAC2		RESISTENCIA CAC3		RESISTENCIA CAC4		RESISTENCIA CC	
ESFUERZOS	COMPRESIÓN APLICADA AL MUEBLE	TENSIÓN APLICADA AL MUEBLE	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN
X-X	2.0885 Mpa	2.2803 Mpa	80.90 Mpa	4.40 MPA	77.20 Mpa	4.50 MPA	80.90 Mpa	4.80 MPA	79.70 Mpa	6.48 MPA	24.70 Mpa	2.09 MPA
Y-Y	576868 Pa	571858 Pa										
Z-Z	2.21368 Mpa	1.88351 Mpa										
DESPLAZAMIENTOS			0.3 milímetros		0.3 milímetros		0.2 milímetros		0.3 milímetros		0.9 milímetros	
X			0.002 milímetros		0.002 milímetros		0.002 milímetros		0.002 milímetros		0.007 milímetros	
Y			1 milímetro		0.9 milímetros		0.9 milímetros		1 milímetro		2 milímetros	
Z												

Tabla 5. Esfuerzos en el mobiliario B "Silla Z".



MOBILIARIO B "Silla Z"												
ESFUERZOS	ESFUERZOS APLICADOS AL MUEBLE		MATERIALES PROPUESTOS									
	COMPRESIÓN APLICADA AL MUEBLE	TENSIÓN APLICADA AL MUEBLE	RESISTENCIA CAC1		RESISTENCIA CAC2		RESISTENCIA CAC3		RESISTENCIA CAC4		RESISTENCIA CC	
			COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN
X-X	3.4064 MPa	3.0733 Mpa										
Y-Y	1.0455 MPa	647773 Pa	80.90 Mpa	4.40 MPA	77.20 Mpa	4.50 MPA	80.90 Mpa	4.80 MPA	79.70 Mpa	6.48 MPA	24.70 Mpa	2.09 MPA
Z-Z	4.51503 MPa	1.6278 Mpa										
DESPLAZAMIENTOS			1 milimetro		1 milimetro		1 milimetro		1 milimetro		3 milímetros	
X			0.001 milímetros		0.001 milímetros		0.001 milímetros		0.001 milímetros		0.004 milímetros	
Y			0.8 milímetros		0.8 milímetros		0.7 milímetros		0.8 milímetros		2 milímetros	
Z												

Tabla 6. Esfuerzos en el mobiliario C "Banca Ondulada".



MOBILIARIO C "BANCA ONDULADA"												
ESFUERZOS	ESFUERZOS APLICADOS AL MUEBLE		MATERIALES PROPUESTOS									
	COMPRESIÓN APLICADA AL MUEBLE	TENSIÓN APLICADA AL MUEBLE	RESISTENCIA CAC1		RESISTENCIA CAC2		RESISTENCIA CAC3		RESISTENCIA CAC4		RESISTENCIA CC	
			COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN	COMPRESIÓN	TENSIÓN
X-X	1.5842 MPa	1.3797 Mpa										
Y-Y	304050 Pa	225830 Pa	80.90 Mpa	4.40 MPA	77.20 Mpa	4.50 MPA	80.90 Mpa	4.80 MPA	79.70 Mpa	6.48 MPA	24.70 Mpa	2.09 MPA
Z-Z	898751 Pa	735463 Pa										
DESPLAZAMIENTOS			.05 milímetros		.05 milímetros		.05 milímetros		.05 milímetros		.1 milímetros	
X			.001 milímetros		.001 milímetros		.001 milímetros		.001 milímetros		.004 milímetros	
Y			0.2 milímetros		0.2 milímetros		0.2 milímetros		0.2 milímetros		0.7 milímetros	
Z												

De acuerdo a los resultados mostrados obtenidos en el software Autodesk Simulation Mechanical 2015 todos los concretos, tanto autocompactables como el convencional, cumplen con los esfuerzos aplicados producto de la disposición de la cargas en los modelos numéricos.

#### **4 CONCLUSIONES**

Los resultados experimentales articulados con el uso estratégico del software de elementos finitos, permitieron calibrar y validar los modelos numéricos, facilitando la creación de prototipos de mobiliario urbano de diseño innovador y amigable con el medio ambiente.

El software se puede utilizar para el modelado de prototipos de mobiliario urbano de varias maneras. Una forma es utilizar el software de diseño asistido por computadora (CAD) para crear modelos 3D del mobiliario. Estos modelos se pueden utilizar para visualizar el mobiliario, analizar su rendimiento y crear planos para su fabricación.

Finalmente, el software también se puede utilizar para crear renders del mobiliario. Esto permite a los diseñadores ver cómo se verá el mobiliario en el mundo real. Los renders se pueden utilizar para obtener comentarios de los clientes y para comercializar el mobiliario.

#### **REFERENCIAS**

- [1] Sitio Oficial México, AutoDesk, [En línea 2023], <https://www.autodesk.mx/products/autocad>
- [2] Sitio Oficial, AutoDesk, [En línea 2023], <https://www.autodesk.co.uk/solutions/simulation>
- [3] C.O. Camero. “Diseño, evaluación y propuesta de implementación de concreto autocompactable para su uso en la fabricación de mobiliario urbano”. M.S. thesis, Universidad Autonoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Culiacan, Posgrado en construcción, Culiacan Sinalao, Mexico, 2023
- [4] Gobierno de España, “EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural”,2010
- [5] C. D., Castro Fernández, Concretos autocompactables de alto rendimiento in Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.
- [6] San Martín, J.M.G. and P.B. Mas, Hormigón autocompacto y Glenium, un compromiso perfecto. Hormigon preparado, 2001. 15(52): p. 54-64.