

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Aplicación de la filosofía BIM a la Ingeniería Civil

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Ricardo Segura Cuatepozo

ASESORA DE INFORME

Dra. Mabel Mendoza Pérez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

INTRODUCCIÓN	5
ALCANCES DEL REPORTE	5
1. ANTECEDENTES	6
1.1. Acerca de ICA	6
1.2 Concepto Building Information Modeling	7
1.3 ¿En qué consiste el éxito de la metodología de BIM?	7
1.4 Nivel de Desarrollo (Level of Development)	8
2. PROYECTO PUENTE DE CAMPECHE	10
2.1 Descripción general del proyecto	10
2.2 Aportaciones en este proyecto	10
2.2.1 Modelado del puente, para llevar el control de la obra y especificar procedimientos constructivos	10
3. PROYECTO DREN GENERAL DEL VALLE	18
3.1. Descripción del proyecto	18
3.2. Aportaciones en este proyecto	20
3.2.1. Animación del proceso constructivo de una lumbrera a base de muros Milán	21
4. PROYECTO AUTOPISTA QUE ENLAZA NAUCALPAN – ECATEPEC	29
4.1 Descripción del proyecto	29
4.2 Aportaciones en este proyecto	29
4.2.1 Modelado del puente entronque Insurgentes con Tekla Structures	29
4.2.2 Realización de videos tutoriales del modelado	35
4.2.3 Creación de <i>templates</i> de trabajo	46
4.2.4 Creación de <i>layout</i> de ICA	48
5. CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala de LOD según la AIA.....	9
Figura 2. Modelo Puente de Campeche	11
Figura 3. Gestión de tareas en Tekla Structures.....	13
Figura 4. Selección de tareas por elementos en el modelo.....	13
Figura 5. Fecha del arranque del proyecto en el modelo.....	14
Figura 6. Avance del proyecto 8 días después del arranque programado.....	14
Figura 7. Avance del proyecto 16 días después del arranque	15
Figura 8. Avance del proyecto 24 días después del arranque	15
Figura 9. Visualización inicio de limpieza a pilotes	16
Figura 10. Llegada de la barcaza y limpieza de pilotes con agua.....	17
Figura 11. Limpieza de pilotes con la técnica de samblasteadó.....	17
Figura 12. Localización del proyecto	18
Figura 13. Tramos de trabajo.....	19
Figura 14. Localización de lumbreras.....	20
Figura 15. Colocación de cabezales y llegada de camión para retirar material	21
Figura 16. Detalles del brocal	22
Figura 17. Excavar con almeja de 60 cm el primer tablero y vaciar el material en el camión	22
Figura 18. Vaciado de lodo bentonítico con tubo Tremie.....	23
Figura 19. Colocación del armado	23
Figura 20. Colado del primer tablero con concreto	24
Figura 21. Segundo tablero alternado. Excavación y vaciado del material	24
Figura 22. Vaciado de lodo bentonítico en el segundo tablero	25
Figura 23. Bajada de armado en el segundo tablero.....	25
Figura 24. Colado del segundo tablero	26
Figura 25. Vista panorámica de los Muros Milán	26
Figura 26. Núcleo excavado	27
Figura 27. Colado de la losa de fondo	27
Figura 28. Planta de ejes del entronque Insurgentes	30
Figura 29. Modelo de referencia en Tekla Structures.....	30
Figura 30. Plano estructural de una pila tipo entronque Insurgentes.....	31
Figura 31. Plano estructural de una zapata tipo entronque Insurgentes.....	31
Figura 32. Plano estructural con vástagos, faldón, columna y cabezal con sus aligeramientos	32
Figura 33. Plano estructural trabe tipo tramo Insurgentes.....	32
Figura 34. Plano estructural trabe tipo tramo Insurgentes.....	33
Figura 35. Modelado de pilas, zapata, contrafuertes, faldón y columna con aligeramiento	33
Figura 36. Cabezal y columna con aligeramiento	34
Figura 37. Cabezal y columna	34
Figura 38. Vista general del proyecto.....	34
Figura 39. Presentación del setup en Tekla Structures.....	36
Figura 40. Parámetros para la inserción de un modelo de referencia	36

Figura 41. Resultado de la inserción de un modelo de referencia	37
Figura 42 Colocación de elementos estructurales sobre el modelo de referencia	38
Figura 43. Modelado de pilas y zapata	38
Figura 44. Reforzamiento de una pila con los componentes propuestos en el programa	39
Figura 45. Reforzamiento de una zapata en modo manual.....	40
Figura 46. Sección de un elemento estructural tipo en formato .dwg.	40
Figura 47. Inserción de la sección en Tekla Structures.....	41
Figura 48. Elemento modelado en Tekla Structures con una sección predeterminada..	41
Figura 49. Creación de una sección en el Sketch Editor	42
Figura 50. Parametrización de una sección en Tekla Structures.....	42
Figura 51. Sección modelada con parámetros	43
Figura 52. Uso de los parámetros.....	43
Figura 53. Sketch para la creación de una sección variable	44
Figura 54. Ajuste de las secciones	45
Figura 55. Inserción de perfil con sección variable al modelo.....	45
Figura 56. Inserción del elemento creado	46
Figura 57. Muestra de un plano extraído de un elemento modelado en Tekla Structures con templates y layout cargados a Tekla Structures	46
Figura 58. Creación de un template en Tekla Structures.....	47
Figura 59. Programación de un template.....	47
Figura 60. Layout con template y formatos para ICA	48
Figura 61. Resultados de la programación en un template	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de construcción.....	12
Tabla 2. Tramos de trabajo.....	19

INTRODUCCIÓN

Es una realidad que estamos en un mundo de competencia constante. La ingeniería no solo se trata de la aplicación de modelos matemáticos o de seguir normas y reglamentos establecidos, hoy día es una realidad que se busca dar el siguiente salto de calidad en la industria de la construcción. Por ello es que las empresas buscan que sus colaboradores se adapten a las nuevas formas de trabajo. Esas capacidades extra que hacen la diferencia, entre ser eficiente y eficaz, no se adquieren solo en las aulas. El ingeniero, debe tener el instinto de investigar, cuestionar y validar las nuevas formas de hacer ingeniería en vías de que el diseño, construcción, gestión y mantenimiento de un proyecto, cumplan con los requerimientos en tiempo, costo y seguridad. Bajo este escenario una de las maneras recientes de desarrollar la ingeniería, en construcción civil, más integra y segura, es la construcción virtual del proyecto. Se trata de cambiar la forma tradicional de construir, en donde se parte de planos en dos dimensiones que son enviados a obra y así comenzar la construcción. Este método tradicional propicia que no se haga una revisión previa del diseño, es decir, cualquier falla en el diseño no se puede visualizar fácilmente hasta que el problema se tenga en la obra. Consecuencia de ello es que se generarán atrasos en el programa de avance y en muchas ocasiones cambio de proyecto, si es que el problema lo amerita, lo cual tiene un impacto negativo en la utilidad.

Desde hace algunos años se ha generado una nueva filosofía de trabajo bajo el nombre *Building Information Modeling* (BIM, por sus siglas en inglés). Este concepto, que no es del todo nuevo, ayuda a erradicar vicios no solo en la construcción, sino en todas las fases del proyecto: antes, durante y después de la construcción. A lo largo de este trabajo muestro algunas de las aplicaciones que tienen unos de los programas de la familia BIM, así como una definición más detallada de lo que representa esta filosofía o concepto.

Es fácil encontrarse a gente de “la vieja escuela” que aun duda de los alcances y beneficios de los avances tecnológicos aplicados a la industria de la construcción y por otra parte hay muchos ingenieros que no conocen siquiera lo que significa BIM. Es por ello que uno de los propósitos que tiene este trabajo es presentar la nueva forma de construir que se está adoptando.

Ingenieros y en general amigos lectores, con BIM ustedes serán capaces de tener cualquier estructura en la palma de su mano.

ALCANCES DEL REPORTE

Este trabajo es un *informe de prácticas profesionales* que recopila algunas de las actividades que he realizado dentro de la empresa ICA (Ingenieros Civiles Asociados), a la cual le agradezco la oportunidad de formar parte de la *familia ICA*; también por llevar mi concepción de la ingeniería a niveles que nunca sospeché, involucrándome en proyectos de magnitud y relevancia de nivel internacional. Algunos de los proyectos en los que he participado son: Nuevo Aeropuerto Internacional, Puente de Campeche, Drenajes Profundos y el proyecto más reciente, Autopista que enlaza Naucalpan-Ecatepec.

1. ANTECEDENTES

1.1. Acerca de ICA

En 1947 el mundo se transforma de manera acelerada, en Europa, después de la Segunda Guerra Mundial comienza la reconstrucción de los países devastados por el conflicto bélico. En México, durante la presidencia de Miguel Alemán Valdés, se impulsa la construcción de la “vida moderna”. La mayoría de su población habita todavía en zonas rurales. La urbanización es un desafío, las consecuencias de la política económica no se hacen esperar, por lo que surge un desplazamiento de la mano de obra agrícola a las zonas urbanas.

El país manifiesta su vocación por atender las necesidades de sus habitantes, pero no tiene la infraestructura suficiente. Se requiere diseñar y construir viviendas, carreteras, puentes, presas, canales de irrigación, plantas industriales, plantas de generación, escuelas, hospitales, refinerías, puertos y aeropuertos.

En la *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM) un grupo de jóvenes egresados de la *Facultad de Ingeniería* (FI) sabe interpretar el signo de los tiempos. Al país deben transformarlo los mexicanos. La ingeniería debe estar al servicio de su desarrollo. El 4 de julio de 1947, encabezados por Bernardo Quintana Arriola nace la empresa Ingenieros Civiles Asociado, S.A. de C.V. Integrada por Enrique Toscano, Saturnino Suárez, Carlos Rodríguez, Fernando Espinosa, Raúl Quiroz, Ricardo Alduvín, Alberto Barocio y José de Jesús Gómez. ICA nace con visión del futuro, en un país en el que las oportunidades son enormes. Una vez conformada, la empresa ICA, firma el contrato para la construcción del primer conjunto habitacional de alta densidad en México, el Centro Urbano Presidente Alemán, el famoso multifamiliar de Av. Coyoacán y Félix Cuevas, llamado CUPA.

Para dimensionar una historia de éxito como la de ICA, con una trayectoria de 70 años de actividades continuas, es conveniente ubicarla en el contexto económico, social y empresarial en que ha tenido lugar. La inversión pública o privada, aunada a la vocación y la voluntad política de gobiernos interesados en resolver las necesidades de la población, son el detonante para desarrollar la infraestructura física de un país. Por su parte, sus distintos rubros como las obras hidráulicas, comunicaciones, edificaciones, telecomunicaciones e infraestructura para la energía y el medio ambiente, son detonantes del progreso de la sociedad y el bienestar de la población.

Durante 70 años, ICA (como empresa de ingeniería y construcción) ha realizado innumerables proyectos contribuyendo al desarrollo de la infraestructura física no solo en México sino en varios países de Latinoamérica, así como en España, Portugal, Francia, Rusia y Marruecos. En esta tarea, ICA ha escrito su historia de éxito; esto no es un mérito menor. Durante su trayectoria, la empresa ha demostrado que sabe interpretar correcta y oportunamente los cambios del entorno nacional e internacional, así como que cuenta con la capacidad para aprovechar las circunstancias favorables y mitigar impactos.

La historia de ICA no solo es la de caminos, puentes, túneles, presas, obras de riego, hidroeléctricas, acueductos, edificaciones, centros comerciales, plantas industriales, instalaciones deportivas, termoeléctricas, plataformas y oleoductos. La historia de ICA es también

el esfuerzo, la dedicación y el talento de su gente, las ideas, los conocimientos, las destrezas y las manos que realizaron y realizan los proyectos (Fundación ICA, 2012).

1.2 Concepto Building Information Modeling

El concepto *Building Information Modeling*, mejor conocido como BIM, supone una auténtica revolución que en muy poco tiempo está cambiando los métodos de trabajo que se estaban utilizando. Mientras que las aplicaciones de *Computer Aided Desing* (CAD por sus siglas en inglés), imitan el tradicional proceso de dibujo en lápiz y papel en dos dimensiones creados a base de elementos sencillos como son líneas, tramas, textos, etcétera, las aplicaciones BIM imitan el proceso real de la construcción.

El concepto BIM va mucho más allá de un modelo tridimensional, es un método multidimensional que abarca todas las fases del ciclo de vida de una estructura. Se trata de una *metodología de trabajo colaborativa* entre proyectistas, constructores y demás agentes implicados en un proceso constructivo. El uso de BIM se está extendiendo a todo el mundo, no solo por las nuevas exigencias normativas que establecen este método como requisito reglamentario para la adjudicación de proyectos de construcción, sino porque supone una ventaja competitiva para todas las empresas del sector. Reduce costos y tiempos, aumentando la eficiencia, el ahorro y la transparencia. Lleva a cabo la construcción virtual del modelo imitando el proceso real, mejorar los flujos de trabajo, elimina incertidumbres y errores y sobre todo incrementa la rentabilidad del proyecto. Siguiendo los pasos de Estados Unidos y Canadá, son varias las naciones que han adoptado la tecnología BIM en la obra pública (*e.i.* Inglaterra y España). BIM es el futuro de la construcción y exige a los profesionales adaptarse a los nuevos tiempos. (Fundación Laboral de la Construcción, 2017).

1.3 ¿En qué consiste el éxito de la metodología de BIM?

La filosofía BIM trabaja con modelos constructivos pretendiendo como último objetivo centralizar toda la información en un único modelo. No solo es un concepto visual de la estructura, sino que su representación se fundamenta en información y no solo en geometrías, existiendo en todo momento entre el modelo y la base de datos, una vinculación permanente. Si algo cambia en el diseño del modelo, los elementos afectados se actualizan automáticamente, así como toda la información que desde él fue generada (*e.i.* dibujos, planos, cuantificaciones, volúmenes de obra, cronograma, etc.). Así se consigue ahorro de tiempo y una optimización de todo el proceso que se pone de manifiesto en una mayor calidad y rentabilidad del proyecto.

La fase del diseño comienza con una construcción virtual inicial que imita el proceso real, utilizando elementos inteligentes, muros, ventanas y cubiertas, entre otros objetos paramétricos vinculados dinámicamente entre ellos, pudiendo llegar incluso a utilizarse bibliotecas facilitadas por fabricantes que contarán con características físicas y técnicas de sus productos, así como su costo. Sobre esta construcción virtual se pueden obtener cálculos precisos de elementos estructurales, instalaciones, mediciones y presupuestos. Los errores derivados de la introducción manual de datos, se convierte en cosa del pasado.

BIM permite realizar todo tipo de simulaciones detectando posibles colisiones, interferencias y conflictos. Anteriormente cuando se detectaba un error se detenía el proceso y se comenzaba nuevamente. Con BIM ya no es necesario, el modelo es corregido en el momento por la persona responsable, minimizando los contratiempos. Todo ello se materializa en proyectos más competitivos, de calidad mayor, redactados en menor tiempo y a menor costo.

Durante la fase de construcción, la tecnología BIM permite planificar la obra en tres dimensiones según la secuencia de su ejecución y controlar su seguimiento por parte de todos los agentes interesados. Consultar el modelo tridimensional en dispositivos electrónicos, ordenador, tableta etcétera; en lugar de los tradicionales planos en dos dimensiones. Incorporar al modelo vivo las modificaciones sufridas al proyecto en la obra, permitiendo generar la información que corresponde al edificio tal y como está construido, lo que se conoce como planos *As Built*.

Gracias a la aplicación de la metodología BIM durante la fase de construcción permite que durante la fase de mantenimiento la información entregada al cliente facilite una mejor gestión de instalaciones y espacios, incrementándose la sostenibilidad y eficiencia en el mantenimiento de la estructura. Todo ello permitirá prolongar la vida útil del inmueble y aumentar el retorno del capital invertido. (Fundación Laboral de la Construcción, 2017).

1.4 Nivel de Desarrollo (Level of Development)

Toda representación en tercera dimensión resulta hasta cierto punto asombrosa, no dejo de maravillarme cuando observo el modelado de una estructura cual sea que esta sea; pero surge una pregunta necesaria cuando se habla de modelado, ¿realmente se representa al cien por ciento el proyecto? Bueno la respuesta ya existe y resulta ser que cuando se habla del concepto BIM este va acompañado del concepto *Level of Development* (LOD, por sus siglas en inglés).

En un intento por medir la calidad de la información del modelo con respecto al proyecto, obsérvese que se mide la calidad y no la cantidad, es como una empresa dedicada al desarrollo de programas para la cuantificación en la construcción, desarrolla el concepto Nivel de Detalle (Level Of Detail, LOD). Más tarde el *Instituto Americano de Arquitectos* (AIA), adopta el concepto, pero le cambia el nombre a Nivel de Desarrollo conservando el acrónimo (Level Of Development, LOD). Hasta este punto es cuando se aclara para qué sirve la información proporcionada por el modelo, midiendo la cantidad y calidad.

Básicamente y dicho en otras palabras el LOD es una medida de la seriedad con la que se puede tomar la información que un modelo representa. Evidentemente para ser lo más preciso respecto a dichos datos, estos tienen que ser sustanciales, pero más importante aún, tienen que ser veraces. Teniendo esto en cuenta surge la siguiente escala de LOD, que se ilustran en la figura 1:

- **LOD 100:** Es un diseño conceptual, el modelo aportará una visión general, básicamente aportará el volumen, la orientación y el área.
- **LOD 200:** Aporta una visión general con información de magnitudes aproximadas, tamaño, forma, localización y orientación. El uso que se da es simplemente incrementar la capacidad de análisis. Pero las mediciones son aproximados, nunca definitivas.

- **LOD 300:** Aporta información y geometría precisa, pendiente de algún detalle constructivo y aporta medidas más precisas que en caso de LOD 200.
- **LOD 400:** Contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción y el nivel de mediciones es exacto.
- **LOD 500:** El último nivel de desarrollo representa el proyecto, ya que se ha construido, son las condiciones conforme a obra. El modelo es adecuado para el mantenimiento y el funcionamiento de la instalación.

(Lanmar Services, 2014), (Ortega, 2018), (DETAEDRO, 2013)

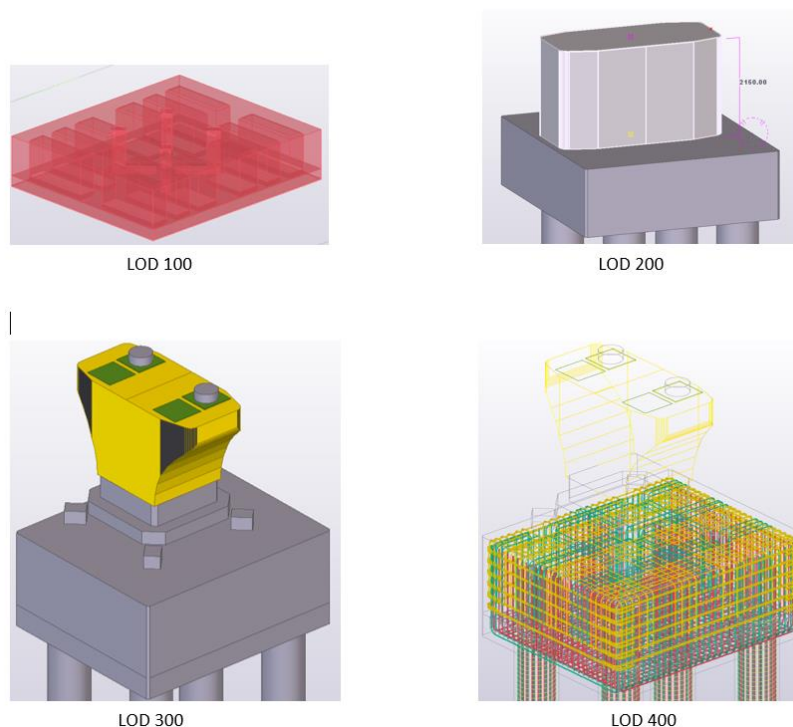


Figura 1. Escala de LOD según la AIA

Así mismo se le recomienda al lector, revisar la siguiente norma relacionada con el modelado de información de la construcción: NMX-C-527-1-ONNCCE-2017, Industria de la Construcción-Modelado de Información de la Construcción-Especificaciones-Parte 1: Plan de Ejecución de Proyectos. Cuya fecha de entrada en vigor es de septiembre del 2017.

2. PROYECTO PUENTE DE CAMPECHE

2.1 Descripción general del proyecto

El gobierno federal instruyó la ejecución de un puente nuevo que comunique a las islas del Estado de Campeche con el Sureste del país, ya que el actual puente cumplió con el periodo de vida útil y su estado actual ya no brinda las condiciones de seguridad optimas a los usuarios, además de que presenta una fuerte erogación por parte del Estado de Campeche para su conservación y mantenimiento.

Esta obra proporcionará al Estado de Campeche una moderna, segura y eficiente forma de comunicación; adecuada a los requerimientos de una zona donde la dinámica económica por la instalación de la industria petrolera genera un importante número de viajes carreteros.

El nuevo Puente de Campeche se encuentra a un lado del puente actual, ubicado dentro del municipio de Ciudad del Carmen.

2.2 Aportaciones en este proyecto

Mi aportación en este proyecto fue el modelado del puente para llevar el control de obra y especificar los procedimientos constructivos, así como demostrar la importancia del uso de la filosofía BIM en la construcción de los proyectos, con el fin de lograr que se invirtiera en las herramientas y recursos necesarios.

2.2.1 Modelado del puente, para llevar el control de la obra y especificar procedimientos constructivos

Una de las grandes apuestas para llevar a cabo el modelado del proyecto, fue el uso de un programa muy potente llamado *Tekla Structures* (TRIMBLE Tekla Structures, 2018). En un ánimo de demostrar, por parte de la gente del área de ingeniería, que esta herramienta vendría a revolucionar los conceptos de diseño, construcción y gestión de los proyectos, es que se me pidió que comenzara a estudiar su funcionamiento. Todo lo que ejecuté con esta herramienta fue hecho en la versión estudiantil del programa antes mencionado, que si bien resulta limitada, nos da una perspectiva muy amplia de lo que se puede obtener con la herramienta en su versión completa.

En la figura 2 muestro una vista general del modelo del Puente con el programa antes citado.

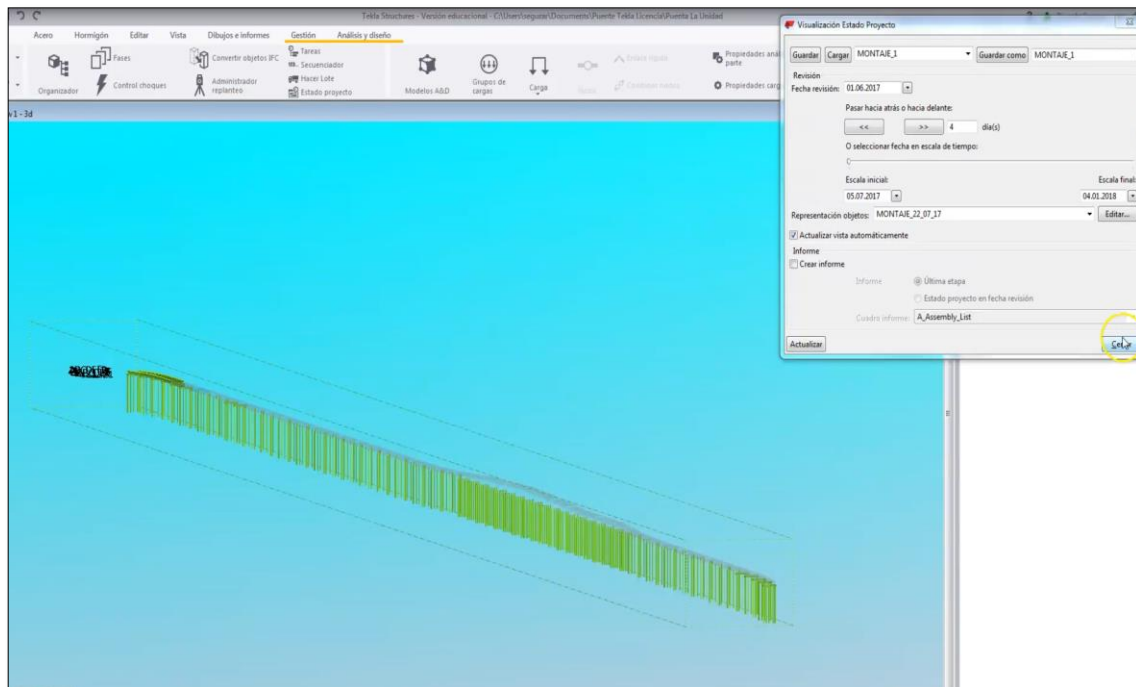


Figura 2. Modelo Puente de Campeche

El tiempo de trabajo estimado para este modelo fue de 32 horas, con ayuda de un asesor de la empresa que impulsa esta herramienta. Hago hincapié que este modelo contó con un nivel de desarrollo LOD 100, ya que su fin era meramente ilustrativo. Un nivel de mayor detallado hubiera implicado un tiempo de trabajo mayor. La *gestión del proyecto* es una bondad del modelo BIM, cuando realicé este proyecto logré ver algunas herramientas en la interfaz que permiten al usuario llevar un control de obra.

A continuación muestro, en la Tabla 1, el plan de obra que se me entregó; el cual logré sincronizar con el programa Tekla Structures para obtener el resultado que se muestra en la figura 3.

Tabla 1. Cronograma de construcción

CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN PUENTE LA UNIDAD						
ITEM	CONCEPTO	UNIDAD	CANT	FI	FT	DURACION (DIAS)
	PUENTE LA UNIDAD			25-abr-17	16-oct-18	540
1	CIMENTACION			25-abr-17	28-jun-18	430
	MOVIMIENTO DE EQUIPO	PZA	45	25-abr-17	08-jun-17	45
	REFORZAMIENTO DE PILOTES	PZA	361	15-may-17	28-jun-18	410
127	a). Placas de acero estructural cerchadas	Kg.	98,250.00	15-may-17	10-dic-17	210
128	b). Tubo de acero estructural de $\varnothing = 48"$ (	Kg.	64,290.00	15-may-17	15-dic-17	215
130	3) Perforación para alojar pilas de 1.20 m	m	45.38	04-jul-17	01-sep-17	60
131	G.4 HINCADO a). Hincado de pilotes de ac	m	114.26	04-jul-17	01-sep-17	60
133	De $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ En pilas de cimentac	m ³	101.80	04-jul-17	01-sep-17	60
138	Varillas de $f'y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. En pilas d	Kg.	5,220.00	15-may-17	30-nov-17	200
142	Despegado de pilotes hincados previamen	Pza.	361.00	09-jun-17	23-jun-18	380
129	1) Perforación para alojar pilas de 1.20 m	m	2,728.00	04-jul-17	28-jun-18	360
132	B.1.1 De $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ En pilas de cin	m ³	3,301.00	04-jul-17	28-jun-18	360
134	De $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ En pilas de cimentac	m ³	12.70	04-jul-17	28-jun-18	360
136	Varillas de $f'y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. En pilas d	Kg.	482,463.00	15-may-17	29-ene-18	260
137	Varillas de $f'y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. En pilas d	Kg.	14,180.00	15-may-17	29-ene-18	260
140	Trabajos que se deben ejecutar para el ret	ml	11.20	30-may-17	18-jul-17	50
141	Demolición y desmantelamiento de concre	M3	12.70	30-may-17	18-jul-17	50
143	Limpieza mecánica de recubrimiento antic	m2	2,800.00	09-jun-17	06-sep-17	90
144	Protección anticorrosiva, limpieza con chd	m2	2,800.00	14-jun-17	11-sep-17	90
89	Prueba de rehincado en pilotes de acero e	Prueba	3.00	08-ago-17	21-sep-17	45
	PILOTES (PERF-VIBROH-HINCADO-CAR-C	PZA	394	08-jun-17	12-jun-18	370
52	Protección anticorrosiva, limpieza con chd	m2	565.20	08-jun-17	26-ago-17	80
53	a). Tubo de acero estructural de $\varnothing = 48"$ (	Kg.	890,310.00	23-jun-17	18-abr-18	300
87	Perforación para alojar pilas de 1.20 met	m	3,511.00	03-jul-17	28-abr-18	300
91	a). Hincado de pilotes de acero de $\varnothing = 48"$	m	5,476.00	03-jul-17	28-abr-18	300
11	B.1.4 De $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ En pilas de cin	m ³	7,426.00	17-ago-17	12-jun-18	300
28	B.1.a) Varillas de $f'y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. En	Kg.	1,168,490.00	17-ago-17	12-jun-18	300
54	b). Tubo de acero estructural de $\varnothing = 60"$ (	Kg.	479,000.00	26-oct-17	23-abr-18	180
86	Perforación para alojar pilas de 1.50 met	m	248.00	26-oct-17	23-abr-18	180
92	b). Hincado de pilotes de acero de $\varnothing = 60"$	m	672.00	26-oct-17	23-abr-18	180
12	B.1.4 De $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ En pilas de cin	m ³	1,198.40	26-oct-17	23-abr-18	180
29	B.1.a) Varillas de $f'y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. En	Kg.	146,124.20	26-oct-17	23-abr-18	180
55	c). Placas de acero estructural cerchadas	Kg.	9,620.00	23-jun-17	10-sep-17	80
56	d). Placas de acero estructural cerchadas	Kg.	9,280.00	23-jun-17	10-sep-17	80
63	EP4 Suministro distribución y colocación	PZA.	600.00	03-jul-17	28-abr-18	300
88	Perforación de 1.20 metros de diámetro d	m	550.00	28-jul-17	13-abr-18	260
90	Pruebas de carga en pilas en el sitio de la	Prueba	9.00	13-ene-18	12-may-18	120
	APOYO EQUIPO MARINO	PZA	360	09-jun-17	26-abr-18	322

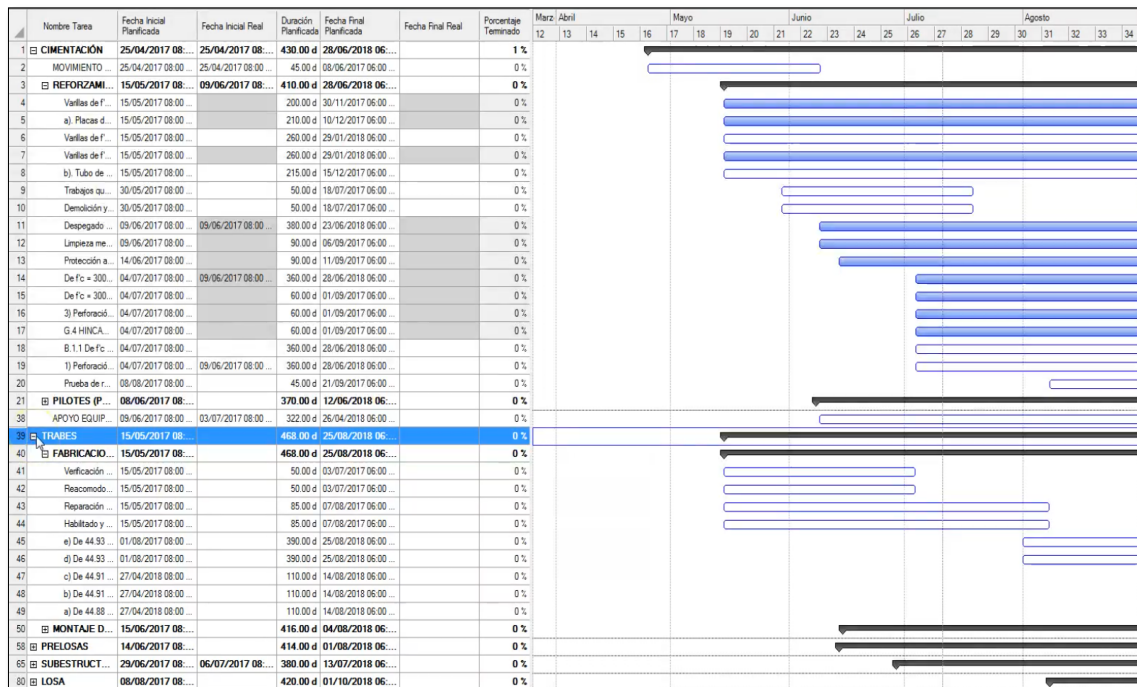


Figura 3. Gestión de tareas en Tekla Structures

Cada actividad se puede sincronizar con los elementos del modelo, esto es, si a un pilote se le tiene que realizar una limpieza a base de samblasteado, se selecciona dicha actividad y se resaltan los pilotes en el modelo a los cuales se les tiene que ejecutar la tarea seleccionada, como lo muestro en la figura 4.

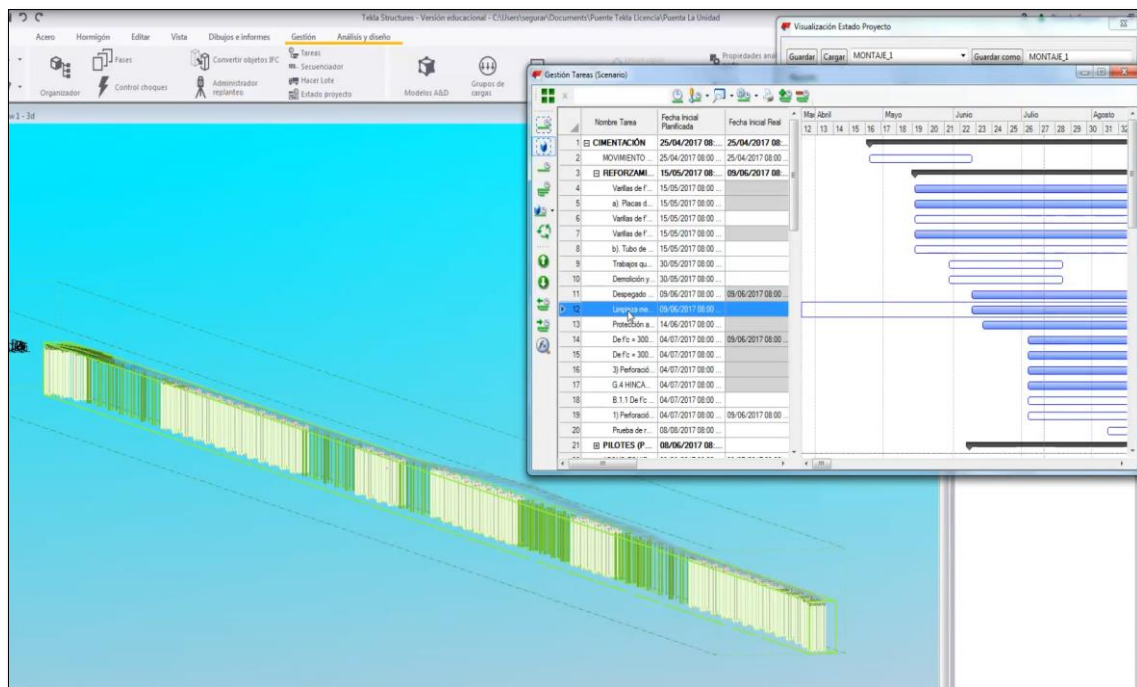


Figura 4. Selección de tareas por elementos en el modelo

Aunado a esto, logré hacer una visualización del proyecto en tiempos de avance, esto significa, programar una fecha determinada de inicio y término, a cada elemento para un montaje, en este caso trabes. Avanzando manualmente en el tiempo del modelo, este me reflejaba que elementos tenían que estar montados como se muestra en la figura 5 y 6.

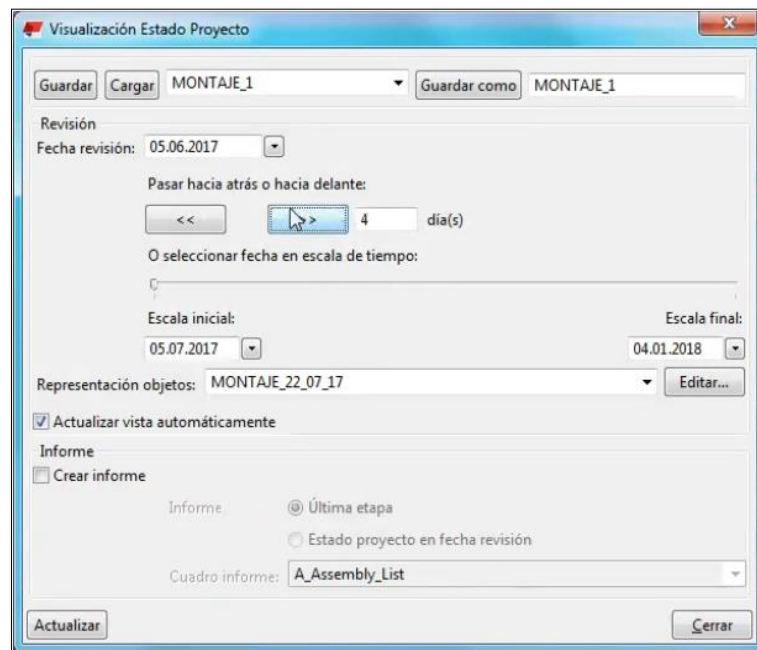


Figura 5. Fecha del arranque del proyecto en el modelo

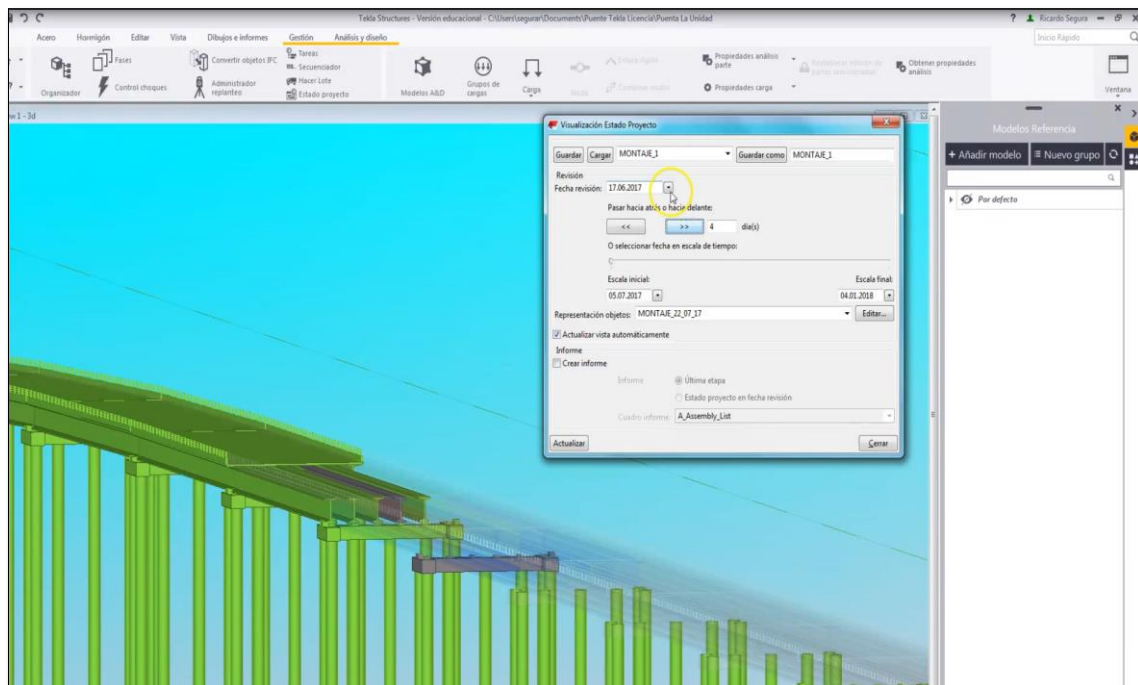


Figura 6. Avance del proyecto 8 días después del arranque programado

El avance fue aleatorio, no representaba un avance predeterminado por algún método, *Tekla Structures* permite avanzar los días que el modelador requiera visualizar. Es por ello que en las figuras 7 y 8 se logran ver avances en tiempos de 16 días y 24 días.

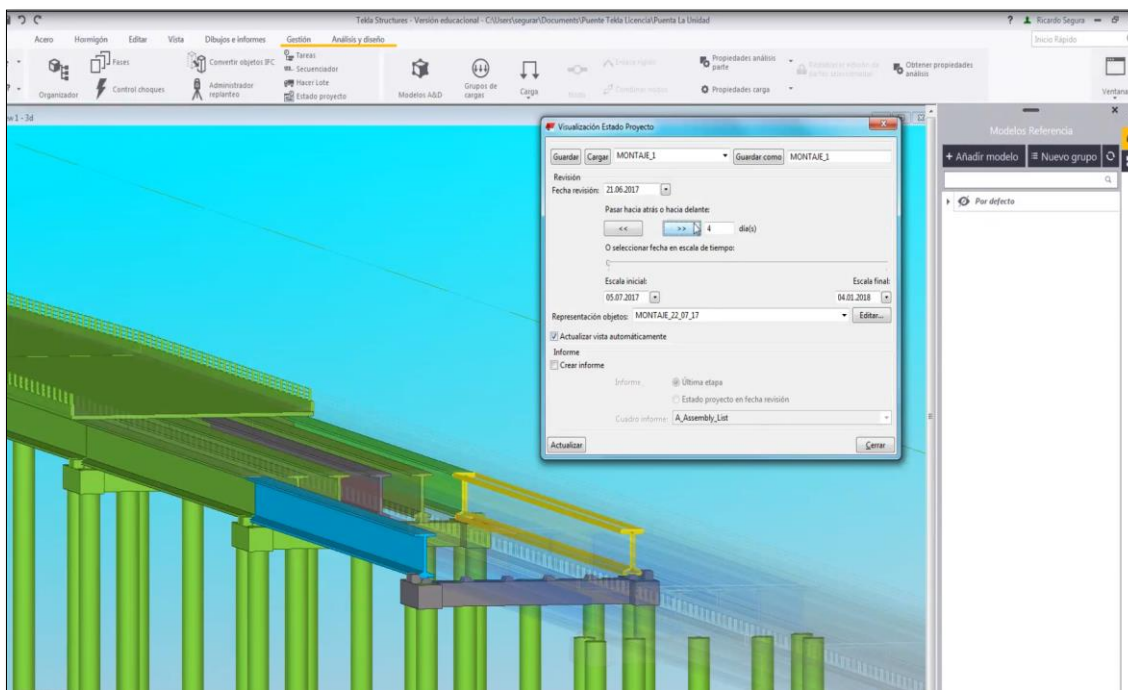


Figura 7. Avance del proyecto 16 días después del arranque

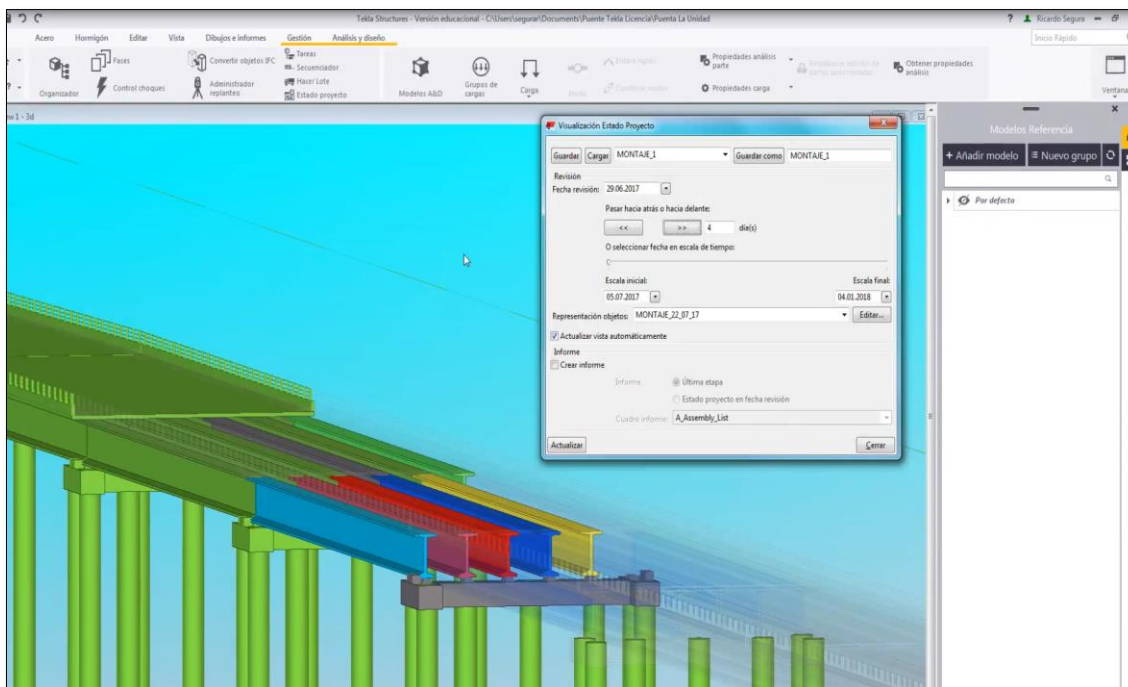


Figura 8. Avance del proyecto 24 días después del arranque

Otro programa empleado en este proyecto fue el *3DS Max de Autodesk* (Autodesk 3DS Max, 2018), con el que realicé una serie de animaciones que mostraba los procesos constructivos del proyecto. Para este apartado me coordiné con un ingeniero que estuvo presente en un proyecto en Costa Rica donde se realizó un proceso de limpieza muy similar al que a continuación presento.

Llegada de una barcaza a la zona de limpieza en los pilotes, usando el método del samblasteado.

Para este método se usa una bomba, compresor y manguera que transportan agua o arena según se elija como lo muestro en la figura 9.

En la figura 10 y 11 se simuló al personal ubicado sobre el pilote para que este ejecute la limpieza con el samblaste.

La determinación del método de la limpieza tiene que ver con la capacidad instalada para efectuar dichas tareas.

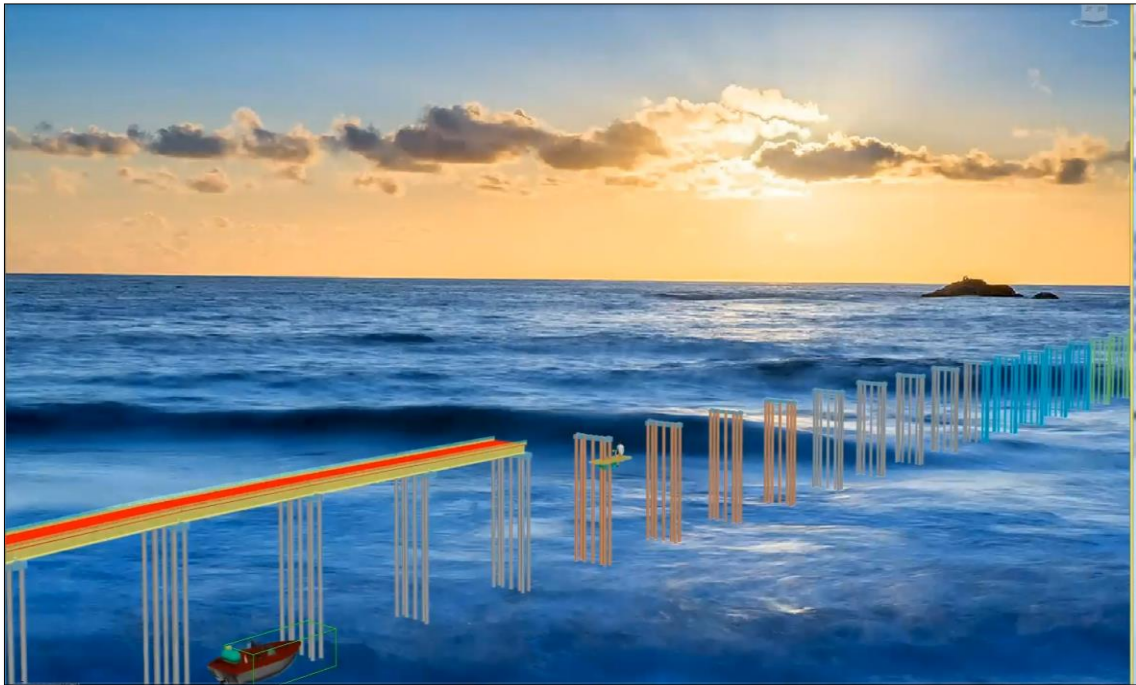


Figura 9. Visualización inicio de limpieza a pilotes

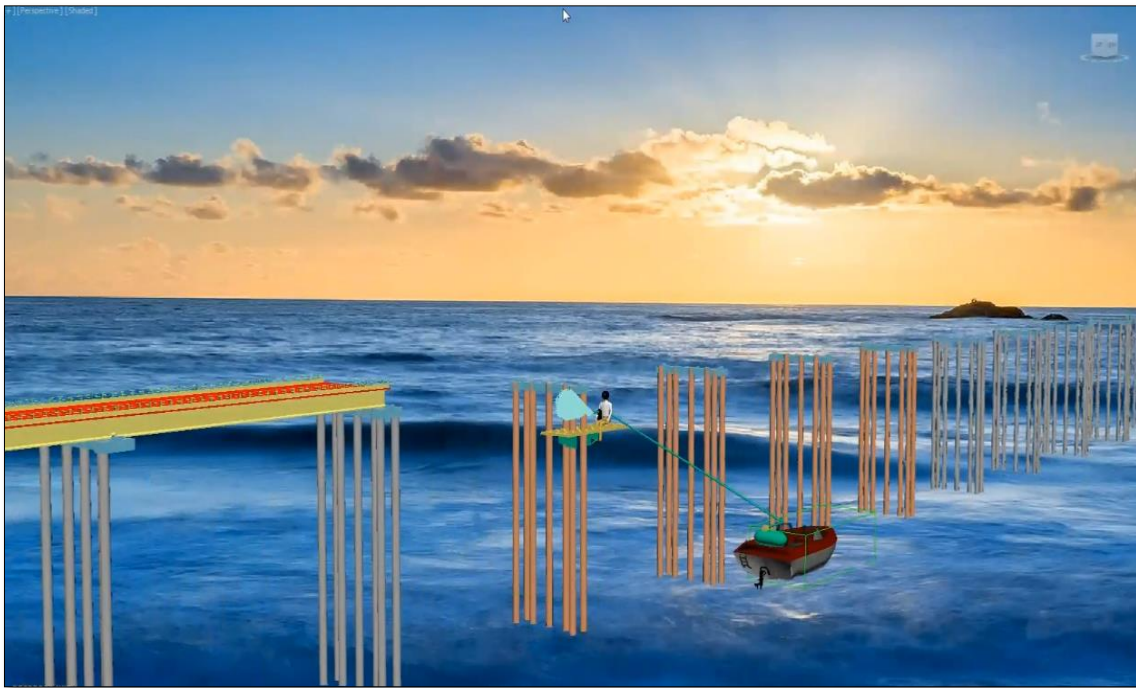


Figura 10. Llegada de la barcaza y limpieza de pilotes con agua

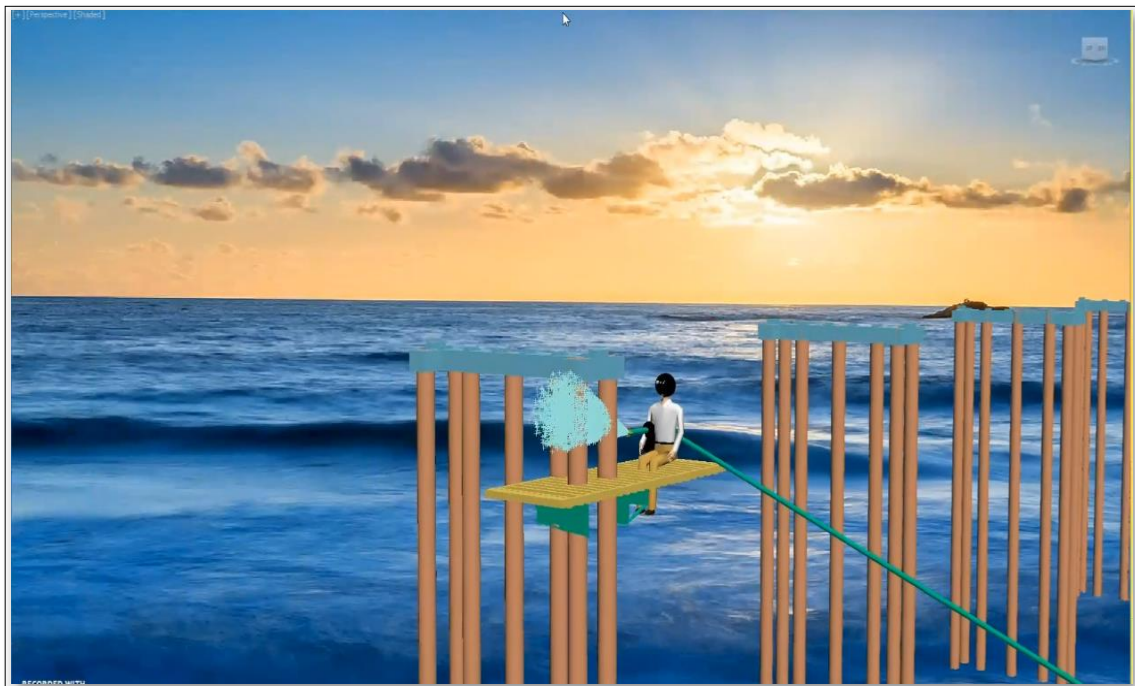


Figura 11. Limpieza de pilotes con la técnica de samblasteador

Lo anterior es una clara muestra de que los ingenieros civiles no solo debemos saber aplicar expresiones matemáticas, sino que debemos ser capaces de aprender a utilizar cualquier herramienta que ayude a la ejecución de un proyecto. Ya que nada de lo mencionado hasta ahora lo realice con una capacitación previa. Sin embargo, se me asignó el tiempo para explorar la herramienta y lograr obtener avances en el conocimiento de ésta.

3. PROYECTO DREN GENERAL DEL VALLE

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto denominado *Dren General del Valle* es uno de los principales drenes del oriente del Valle de México, permite comunicar al río de la Compañía y los vasos de regulación que se ubican en la zona Federal del lago de Texcoco con el Gran Canal del Desagüe. Actualmente el río de la Compañía se encarga de conducir el agua proveniente superficialmente por el ducto de estiaje de la Compañía y subterráneamente por el *Túnel Interceptor Río de la Compañía* (TIRC) a través de la Planta de Bombeo La Caldera.

A partir del bordo de Xochiaca, el río de la Compañía cambia de nombre, denominándose *Dren General del Valle* (DGV), al llegar al Dren Chimalhuacán recibe la aportación de este y comienza su trayectoria en la zona federal del Lago de Texcoco, desde el Dren Chimalhuacán II y hasta el río de los Remedios destacan la laguna de regulación Churubusco, la incorporación del brazo derecho del río Churubusco, la laguna de regulación horaria y la incorporación de dos canales que permiten conectar esta laguna de regulación con el DGV, la incorporación del Dren Chimalhuacán I y el lago Nabor Carrillo.

De las inmediaciones con el río de los Remedios y hasta su incorporación al Gran Canal del Desagüe destaca a margen derecha el circuito exterior mexiquense y predios conurbados de la zona quinta de Ecatepec, Canal de la Draga y Canal de Sales. A margen derecha destaca las plantas de bombeo superficial y profunda Casa Colorada y la laguna de regulación del mismo nombre. La localización se muestra en la figura 12.



Figura 12. Localización del proyecto

El Programa de sustentabilidad hídrica del Valle de México establecido por el Gobierno Federal contempla la construcción de un túnel profundo denominado *Túnel Dren General del Valle* (TDGV), y semi-profundo denominado *Túnel Semi-Profundo Dren General del Valle* (TSDGV); representando el TDGV una longitud aproximada de 30 km. El propósito del túnel será unir la confluencia del túnel Canal General y Río de la Compañía con el Túnel Churubusco-Xochiaca y Chimalhuacán II hasta llegar a la conexión de la lumbrera L5 del Túnel Emisor Oriente. Dicho túnel permitirá unir la red de drenaje del Oriente de la Ciudad con el sistema de drenaje profundo; incrementando y fortaleciendo el sistema de drenaje del Valle de México.

Como se indicó en el párrafo anterior, la longitud del túnel será del orden de 30 km, mostrado en la figura 13, definiéndose tres tramos de construcción, cuyas características generales se resumen en la Tabla 2. De acuerdo con lo indicado en el proyecto conceptual, el TDGV tendrá un diámetro terminado de 5 y 7m conformándose éste por dos líneas de revestimiento.



Figura 13. Tramos de trabajo

Tabla 2. Tramos de trabajo

TRAMO	LONGITUD (km)	DIÁMETRO DEL TÚNEL TERMINADO (m)	DESARROLLO
1.00	6.80	7.00	Inicia en la lumbrera L5 del Túnel Chimalhuacán 2 y concluye en la planta de bombeo Casa Colorada
2.00	10.80	7.00	Inicia en la planta de bombeo Casa Colorada y concluye en el Túnel Emisor Oriente
3.00	11.90	5.00	Inicia en la planta de bombeo La Caldera a la lumbrera L5 del Túnel Chimalhuacán 2

La figura 14 presenta la ubicación esquemática de las 15 lumbreras que se pretenden desarrollar a lo largo del trazo del túnel; donde cuatro de ellas tendrán un diámetro interior mínimo de 16 m y 11 lumbreras de 12 m de diámetro interior. La distancia entre las lumbreras oscilará entre 2 y 2.5 km; sin embargo, la definición final será determinada a partir de las condiciones de logística de excavación y construcción del túnel, así como la posición de las captaciones a recibir. El procedimiento constructivo por considerar en la construcción de las lumbreras estará en función de las condiciones geotécnicas, geológicas e hidráulicas que se reporten en el sitio, sin embargo, tomando como referencia la información del proyecto conceptual, como punto de partida se recomienda el empleo de los procedimientos constructivos de: muros Milán y lumbrera flotada. (ICA S.A. de C.V., 2017)



Figura 14. Localización de lumbreras

3.2. Aportaciones en este proyecto

Mi aportación en este proyecto fue realizar la animación del proceso constructivo de una lumbrera a base de muros Milán utilizando los programas *3DS Max de Autodesk* y *SketchUp* (TRIMBLE SketchUp, 2018). Esta lumbrera es la más usada a lo largo del proyecto.

3.2.1. Animación del proceso constructivo de una lumbrera a base de muros Milán

Construcción del muro colado en sitio. La construcción de los muros colados en sitio tiene procedimientos constructivos principales que sirven para asegurar que se alcance la calidad necesaria. A continuación, se describen brevemente estos procesos constructivos:

- a) Los brocales pre-colados sirven para darle estabilidad al terreno y de guía para la almeja cuando se excava, estos elementos no son muy robustos y se colocan en el perímetro de la excavación, como se logra apreciar en la figura 15.

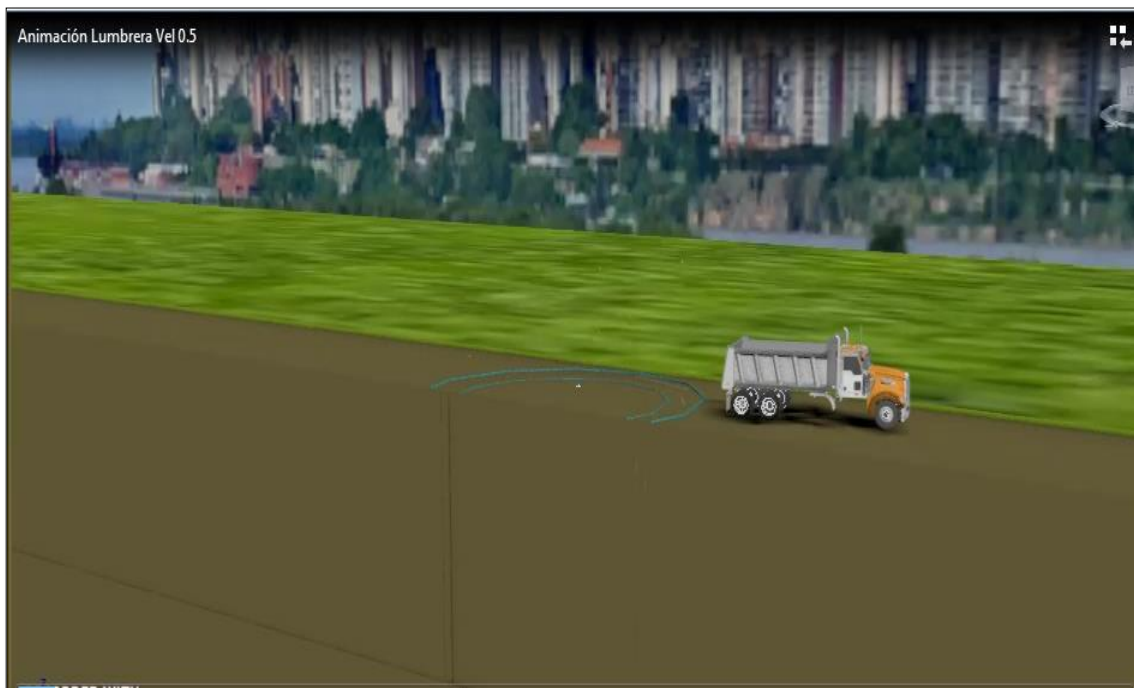


Figura 15. Colocación de cabezales y llegada de camión para retirar material

- b) Existen recomendaciones para las dimensiones de los brocales, estos pueden variar en función del proyecto y/o las dimensiones de la almeja que se pretenda utilizar. La figura 16 ilustra las recomendaciones en cuestión de dimensiones y armado de estos.

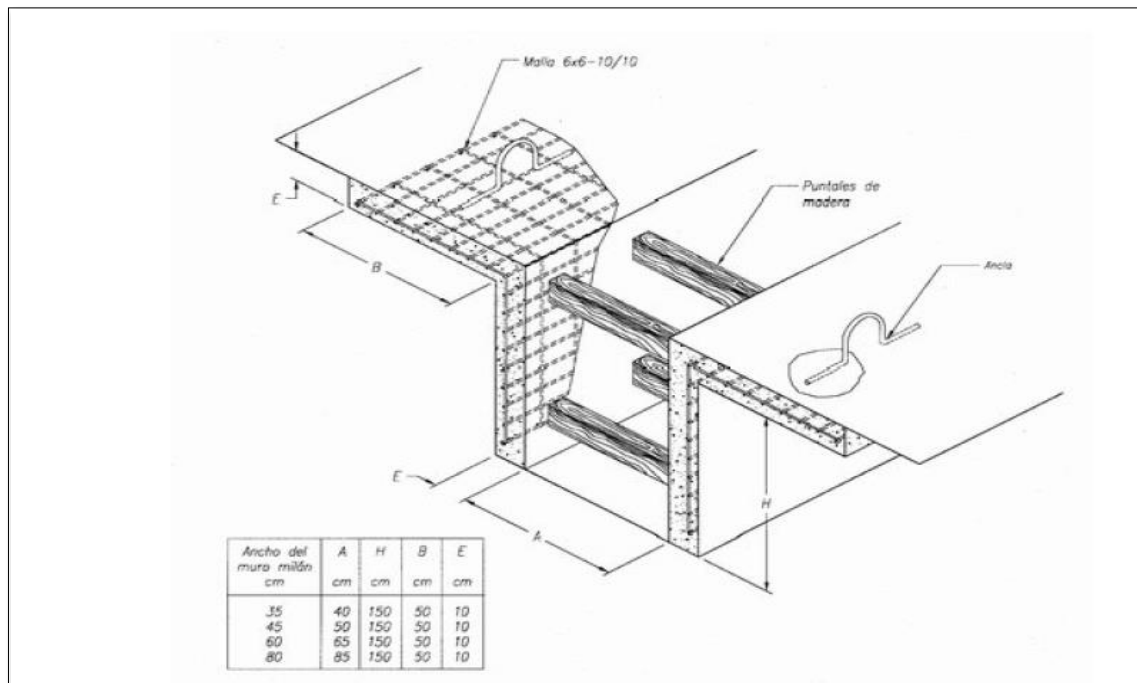


Figura 16. Detalles del brocal

- c) Una vez colados los brocales se procede a excavar y retirar el material, como se muestra en la figura 17, además de que se vacía el lodo bentonítico con tubo Tremie a la vez que se avanza en la excavación, como se muestra en la figura 18. El objetivo de vaciar el lodo es para estabilizar la zanja y evitar que colapsen las paredes de lo que será el muro.

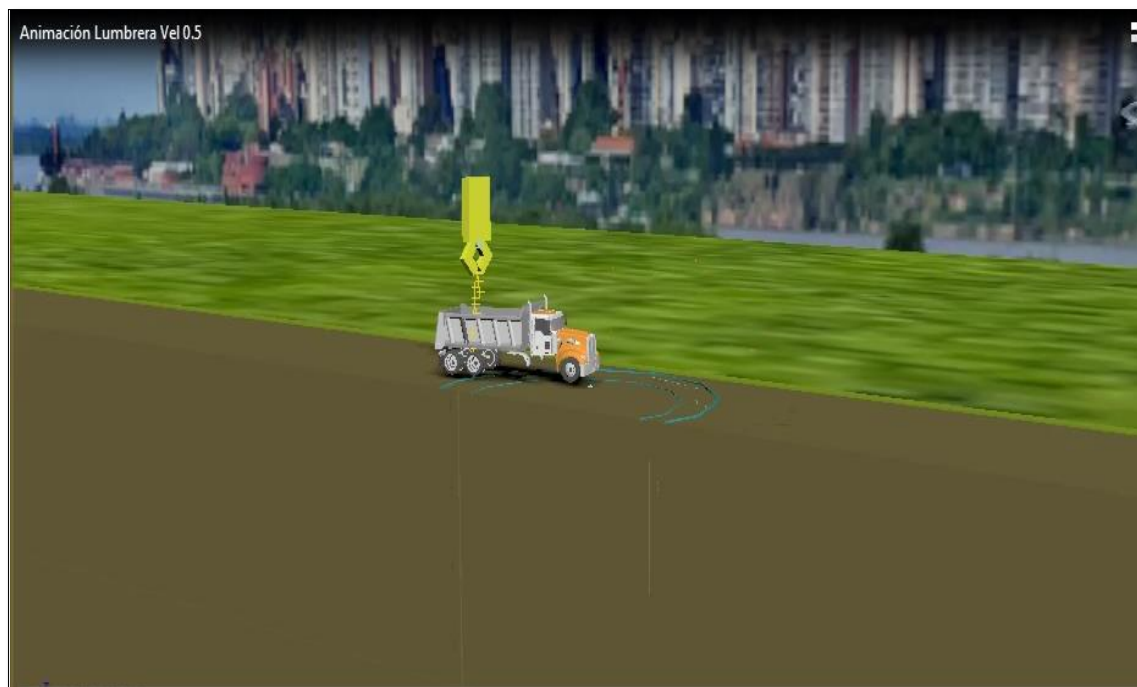


Figura 17. Excavar con almeja de 60 cm el primer tablero y vaciar el material en el camión

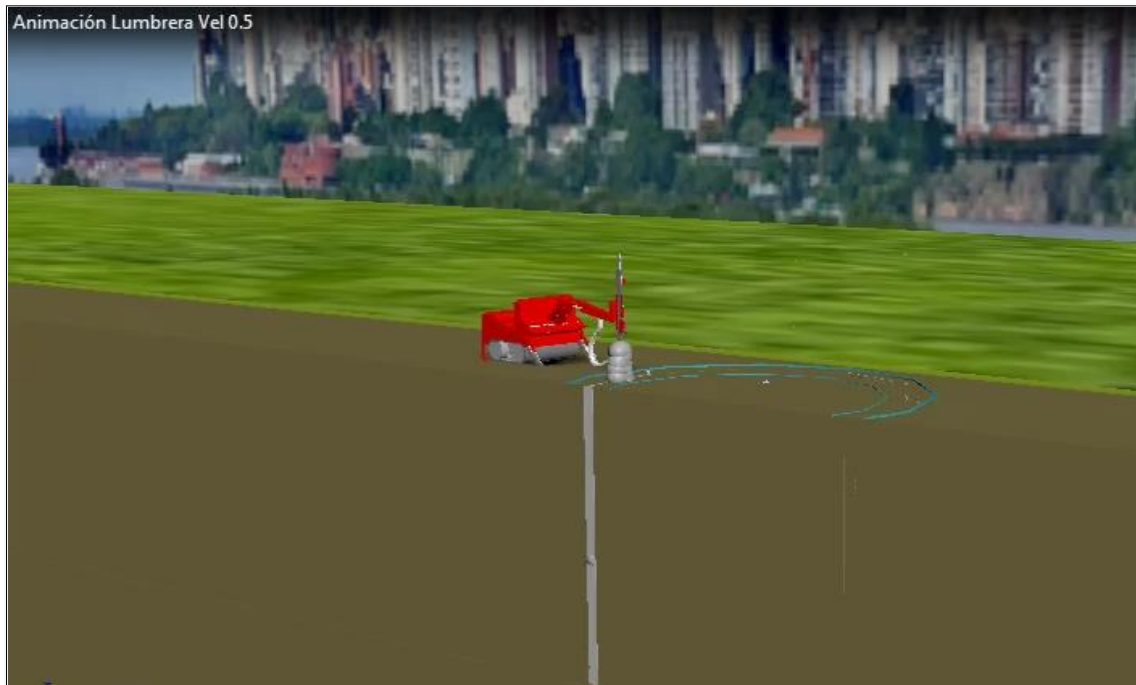


Figura 18. Vaciado de lodo bentonítico con tubo Tremie

- d) Cuando finaliza el proceso de excavación se coloca el armado para colarlo con el concreto, como se muestra en las figuras 19 y 20. Cabe mencionar que la secuencia de excavación corresponde a alternar tableros, para ayudar a la estabilidad y mejorar el comportamiento de los muros.

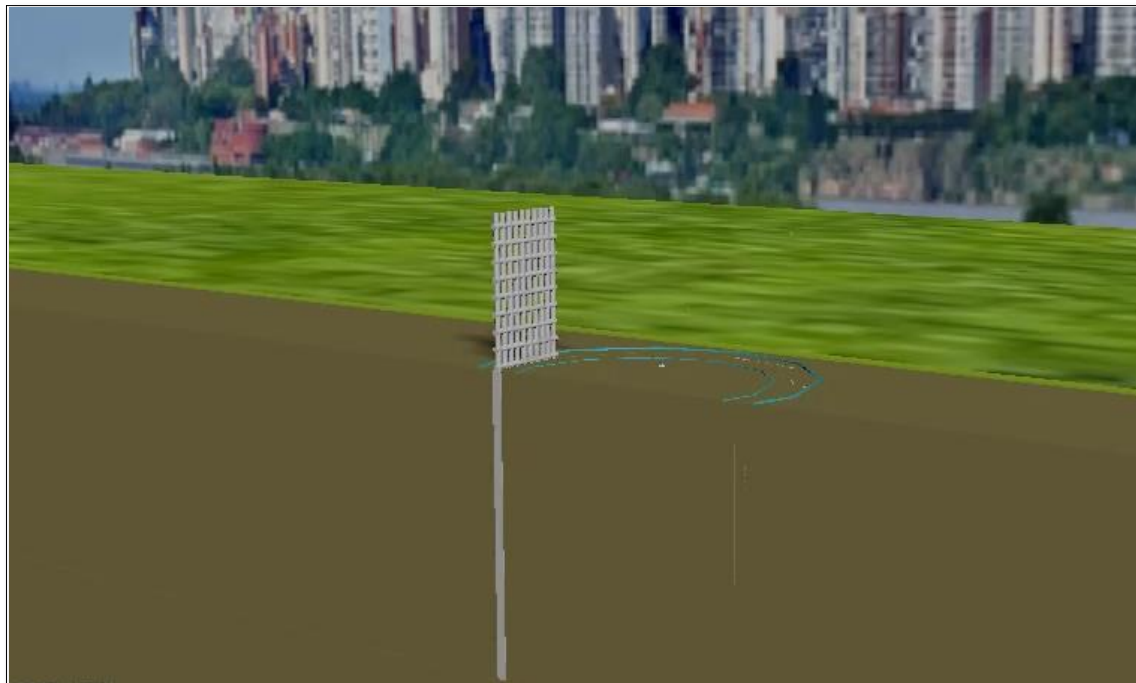


Figura 19. Colocación del armado

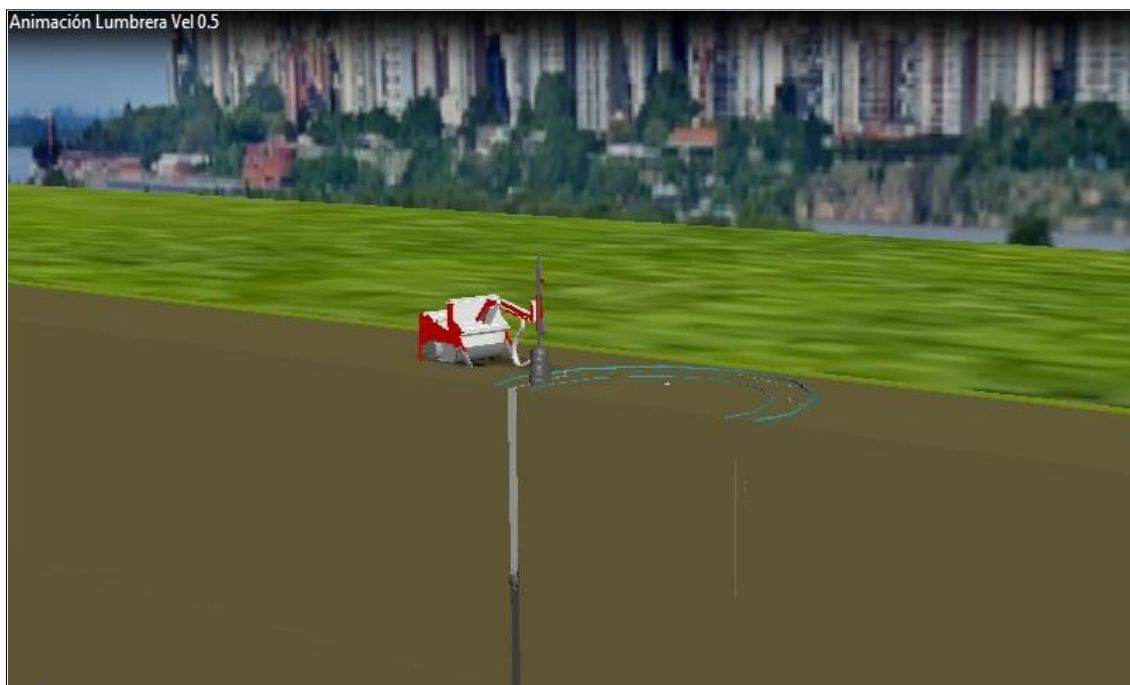


Figura 20. Colado del primer tablero con concreto

- e) La secuencia alternada de excavación permite no parar los trabajos y continuar con un segundo tablero, repitiendo la secuencia constructiva del primero. Excavación, retiro del material, vaciado de lodo, colocación de armado y colado, como se muestra en las figuras 21, 22, 23 y 24.



Figura 21. Segundo tablero alternado. Excavación y vaciado del material



Figura 22. Vaciado de lodo bentonítico en el segundo tablero

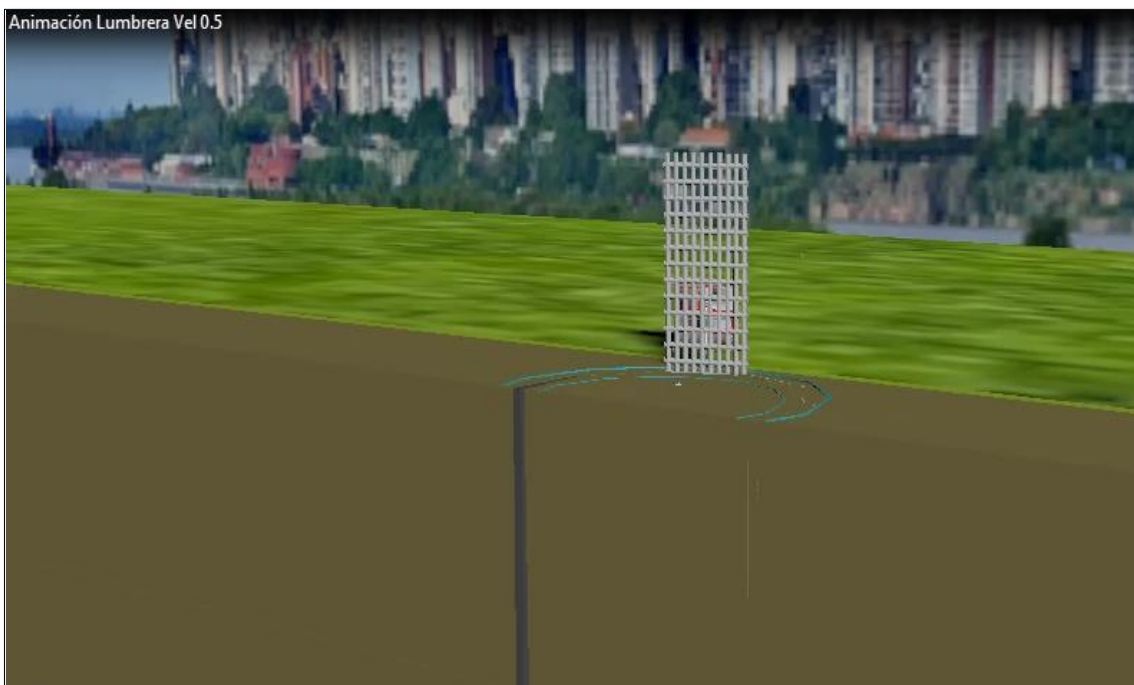


Figura 23. Bajada de armado en el segundo tablero



Figura 24. Colado del segundo tablero

- f) Una vez que se termina la forma alternada de tableros, se retoman los tableros pendientes y se procede de la misma manera, respetando la secuencia constructiva, como se muestra en la figura 25. Cabe mencionar que el concreto utilizado lleva aditivos para un rápido fraguado.

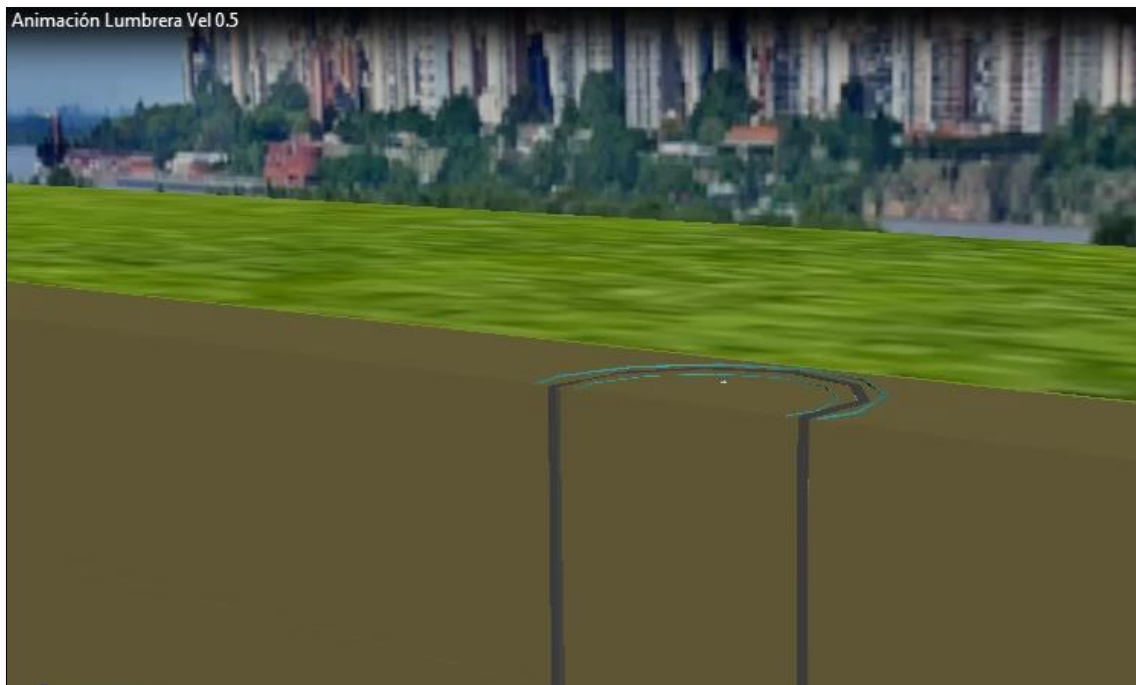


Figura 25. Vista panorámica de los Muros Milán

- g) El siguiente paso, luego de esperar a que los muros adopten una resistencia que tolere los empujes; es la excavación del núcleo, con almeja o retroexcavadora, dependiendo las condiciones del sitio y del proyecto, como se muestra en la figura 26.

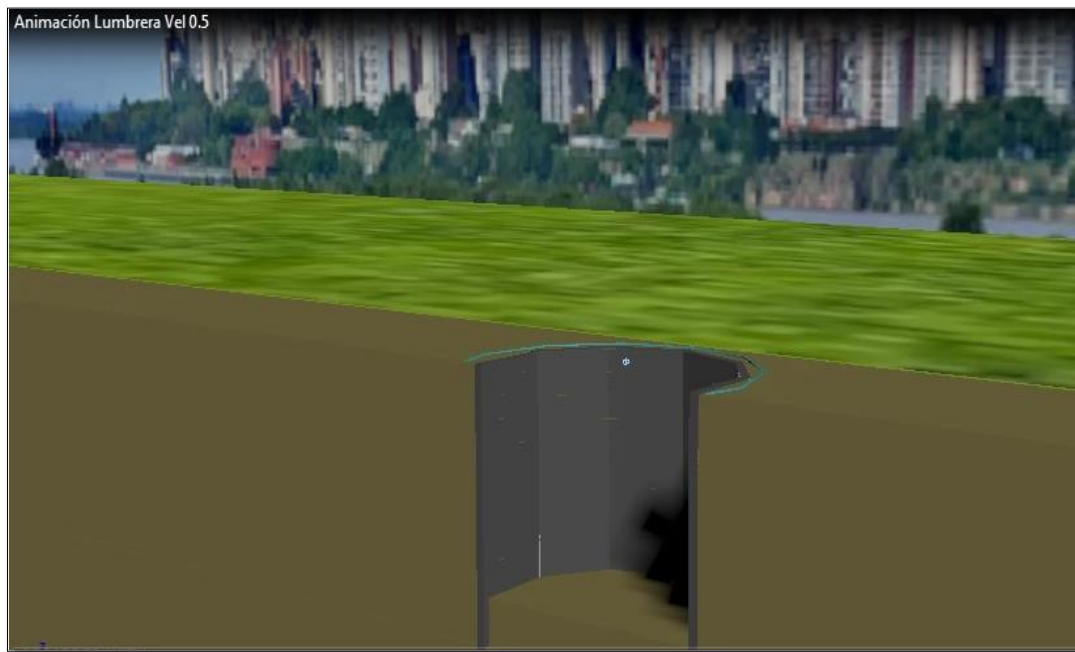


Figura 26. Núcleo excavado

- h) Para finalizar la lumbra, se construye una losa de fondo, para efectuar los trabajos posteriores, evitar las sub-presiones en el terreno y darle estabilidad a la estructura, como se muestra en la figura 27.



Figura 27. Colado de la losa de fondo

Una de las características en este proyecto fue la inmediatez con la que se requería esta actividad, ya que la información era solicitada para las distintas fases de la licitación. Esta animación la realice bajo mucha presión en un aproximado de 6 horas.

Lo aprendido en este proyecto fueron las secuencias constructivas de una lumbrera, así como los diferentes mecanismos utilizados durante la construcción. Fue muy ilustrativo incluso para mí, el haber realizado esta simulación virtual del proyecto.

Otra característica muy importante fue la comunicación que tuve con los geotecnistas para poder realizar esta animación, ya que su experiencia dictaba el procedimiento más razonable. Manifestando que el contacto interdisciplinario siempre es importante y que no es un tema de menor importancia ya que un proyecto siempre se construye de la mano de los diferentes especialistas.

Por último, cerraré este trabajo escrito con mis actividades más recientes en ICA; dichas actividades han sido de gran valor para todos los que hemos tenido la oportunidad de trabajar con las herramientas que BIM nos ofrece. Esperando generar un interés genuino por el tema y una adopción de lo que seguramente será la nueva forma de trabajo a nivel mundial en la industria de la construcción.

4. PROYECTO AUTOPISTA QUE ENLAZA NAUCALPAN – ECATEPEC

4.1 Descripción del proyecto

Este será el primer proyecto piloto modelado cien por ciento por ICA. Representando un reto y una inversión considerable por parte de la dirección de ingeniería.

A continuación, listaré datos del proyecto estructural del entronque Insurgentes:

- El proyecto se compone de 202 pilas cuyo diámetro es de 90 cm constante a lo largo de su sección transversal, la longitud promedio de las pilas es de 33.36 m
- Son 41 zapatas las utilizadas en todo el proyecto con 21 tipos distintos
- Se compone de 41 columnas cuya altura varía entre 2.15 m y 7.75 m
- Son 39 trabes con longitud promedio de 30 m y ancho libre de 5.50 m

4.2 Aportaciones en este proyecto

Mis aportaciones a este proyecto actualmente son: modelar el puente entronque Insurgentes utilizando el programa *Tekla Structures*, realizar videos tutoriales del modelado, crear *templates* de trabajo y crear el *layout* de ICA, así como generar reportes de los distintos materiales a utilizar.

4.2.1 Modelado del puente entronque Insurgentes con Tekla Structures

Como una iniciativa del director del área de Ingeniería en ICA, se me ha solicitado el primer proyecto modelado en su totalidad con la licencia de *Tekla Structures*. Este proyecto representa el parteaguas hacia la adopción de la filosofía BIM en los futuros proyectos que ICA desarrollará. El compromiso y responsabilidad que este proyecto tiene es grande, ya que los recursos humanos son limitados y fui de los pocos elementos de ICA que tomaron el curso oficial de *Tekla Structures*.

El resumen de mis actividades cierra con este proyecto, en donde veremos mi crecimiento a lo largo de meses de estudio y de una capacitación previa en *Tekla Structures*; que si bien esa capacitación no abordó temas complejos de modelado, si me proporcionó las herramientas y los principios básicos del mismo.

El proyecto estructural ejecutivo lo elaboró una empresa de renombre y especialista en el diseño de puentes carreteros. El alcance del proyecto fue la entrega de planos en un nivel *CAD*, lo que representa que la construcción del modelo en *Tekla Structures* está siendo elaborado desde sus inicios.

Como tarea primaria de trabajo para el modelado, es colocar una malla (*grid*) de referencia, a partir del cual se hará el levantamiento de los elementos estructurales: pilas, zapatas, contrafuertes, vástagos, faldones, columnas, cabezales y trabes.

La figura 28 muestra la planta que el proyectista nos proporcionó en un archivo DWG y que tenía que ser exportado a *Tekla Structures* como una referencia del modelo.

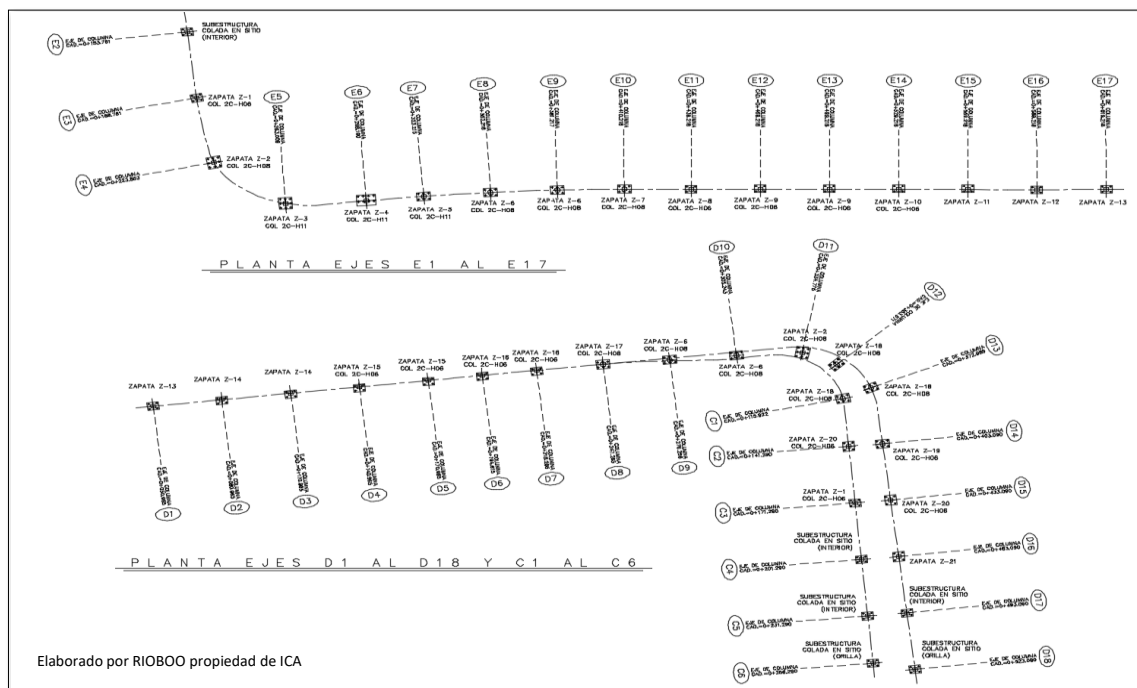


Figura 28. Planta de ejes del entronque Insurgentes

El resultado en *Tekla Structures* es el que se muestra en la figura 29.

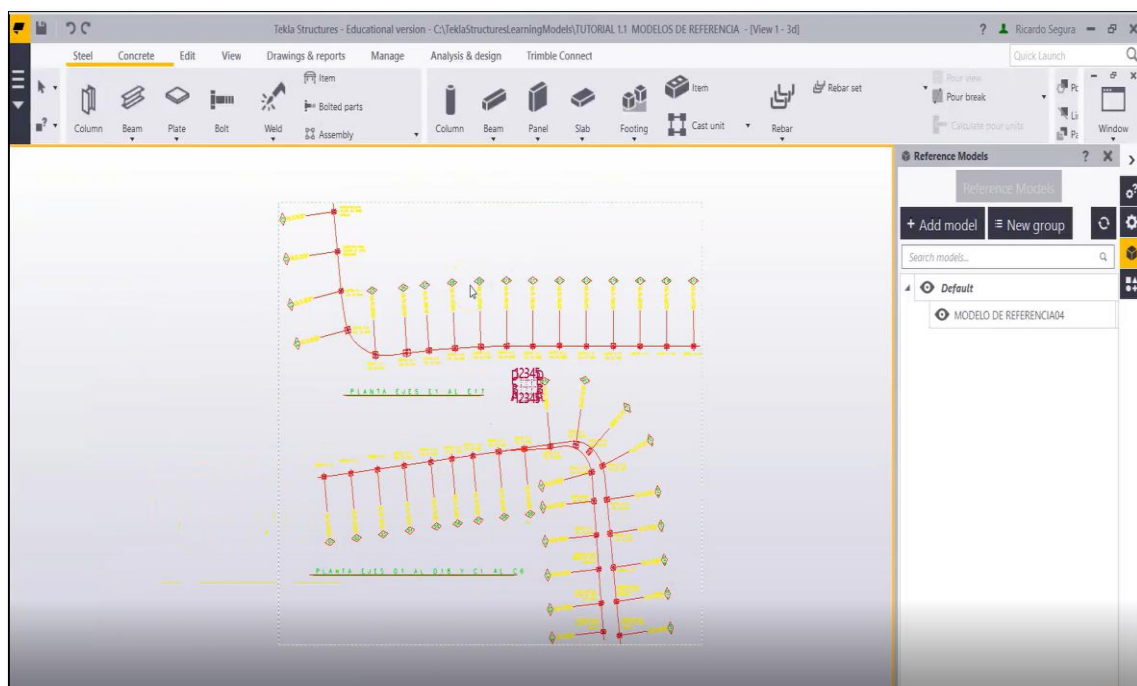


Figura 29. Modelo de referencia en *Tekla Structures*

El siguiente paso para el modelado es conocer los elementos estructurales que componen el proyecto, las siguientes figuras ilustran los archivos CAD de algunos elementos que la empresa proyectista nos proporcionó.

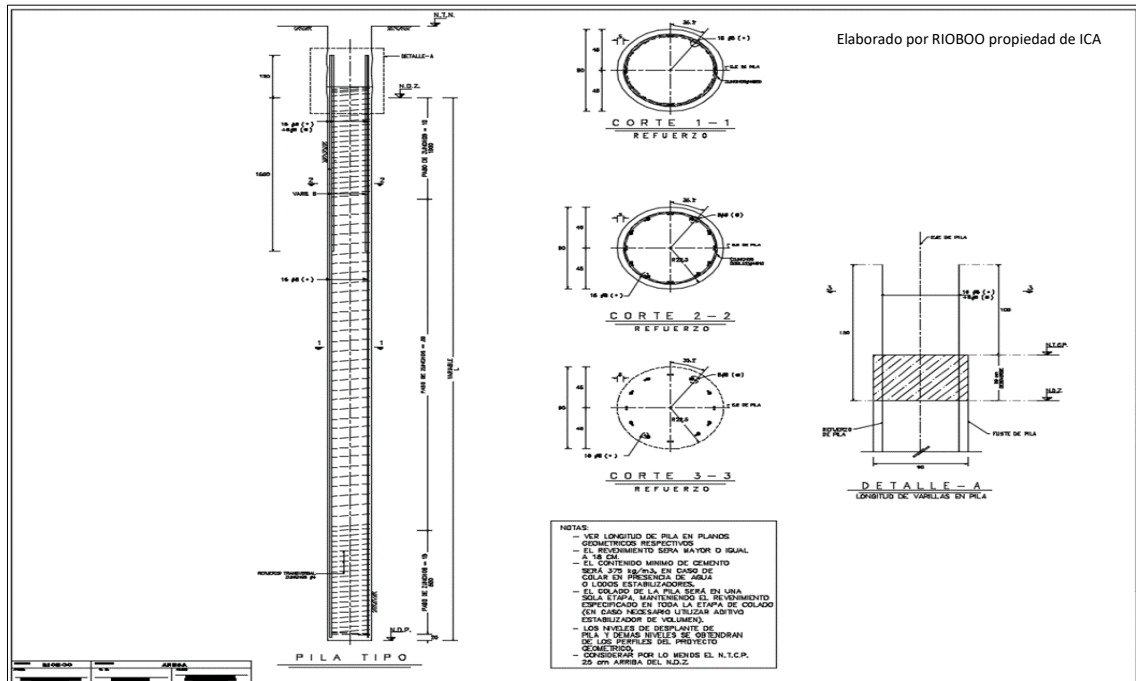


Figura 30. Plano estructural de una pila tipo entronque Insurgentes

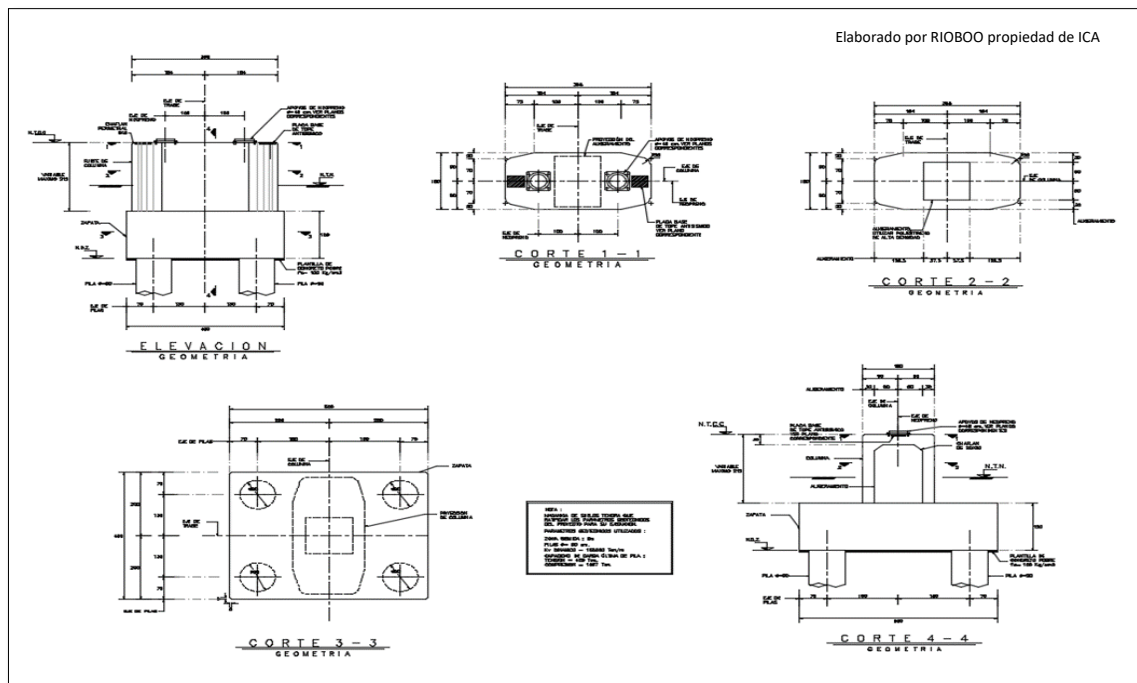
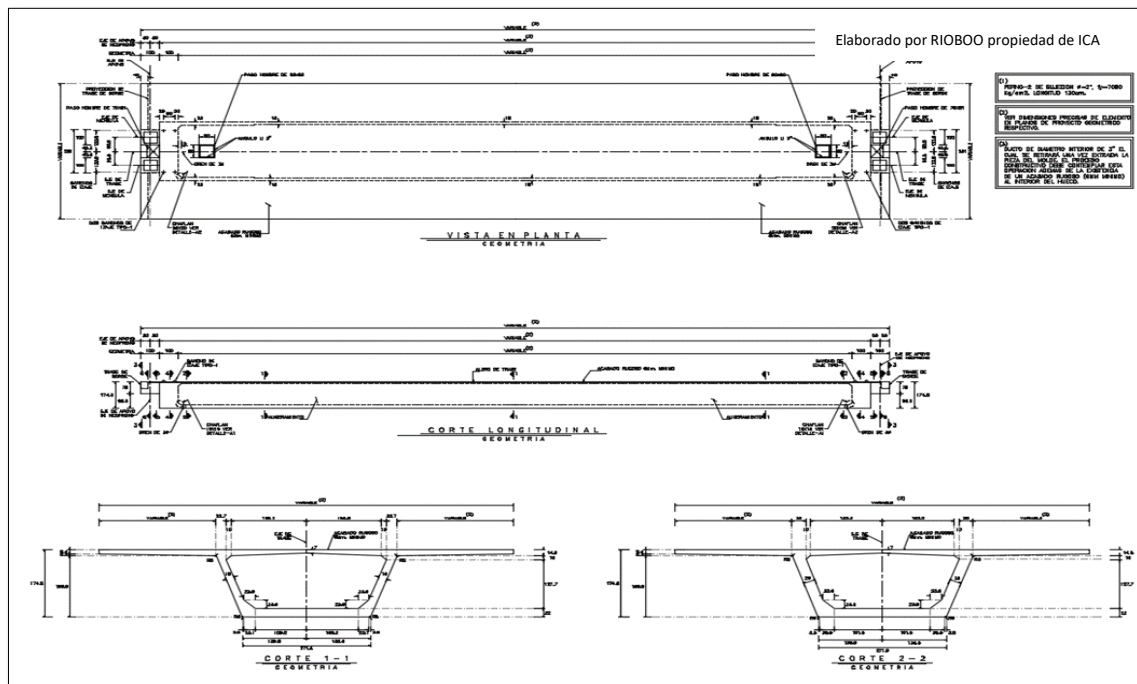
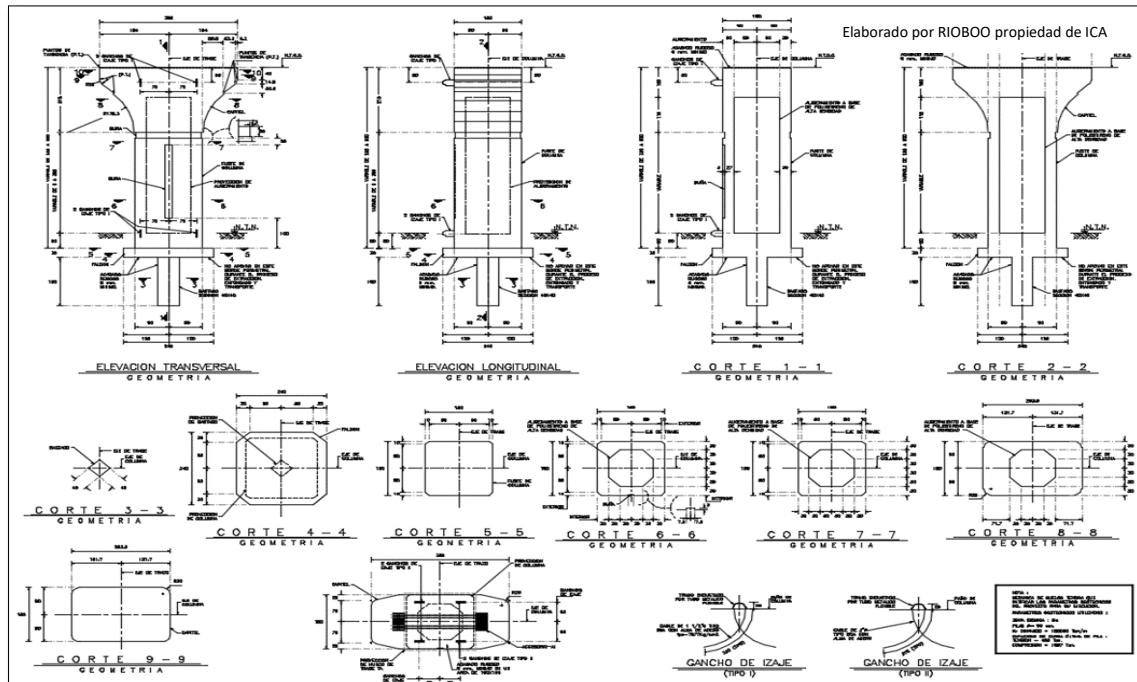


Figura 31. Plano estructural de una zapata tipo entronque Insurgentes



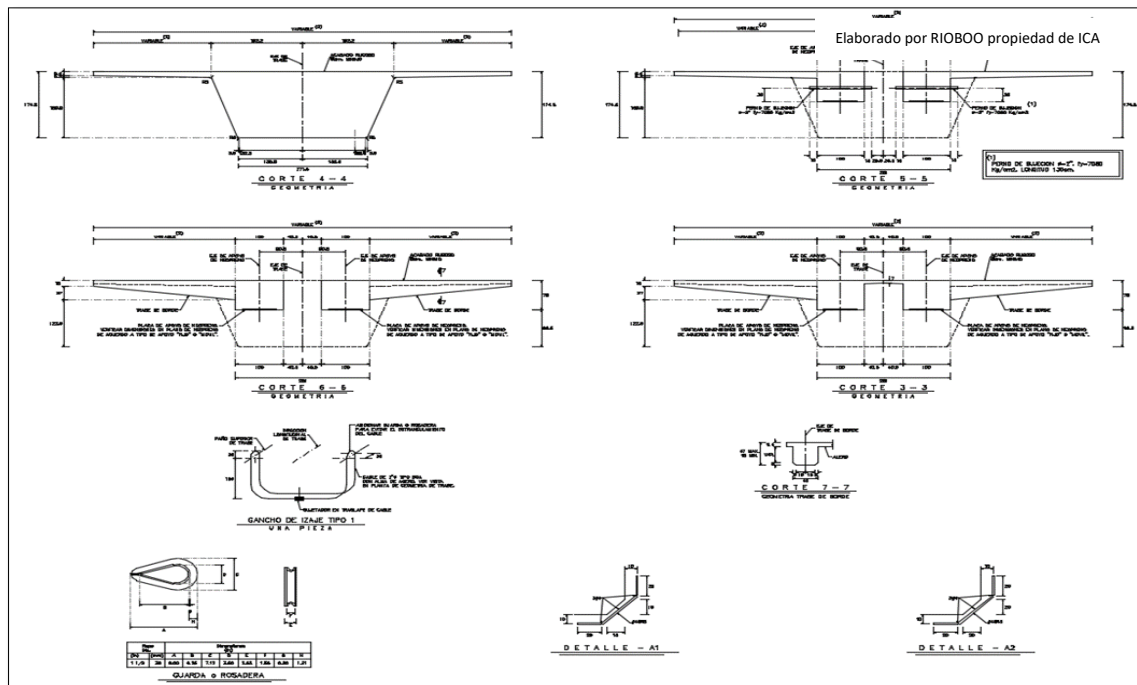


Figura 34. Plano estructural trabe tipo tramo Insurgentes

Y posterior al estudio de estos elementos mostrados previamente, el siguiente paso es modelarlos. A continuación, presento el modelado de los elementos estructurales en *Tekla Structures*.

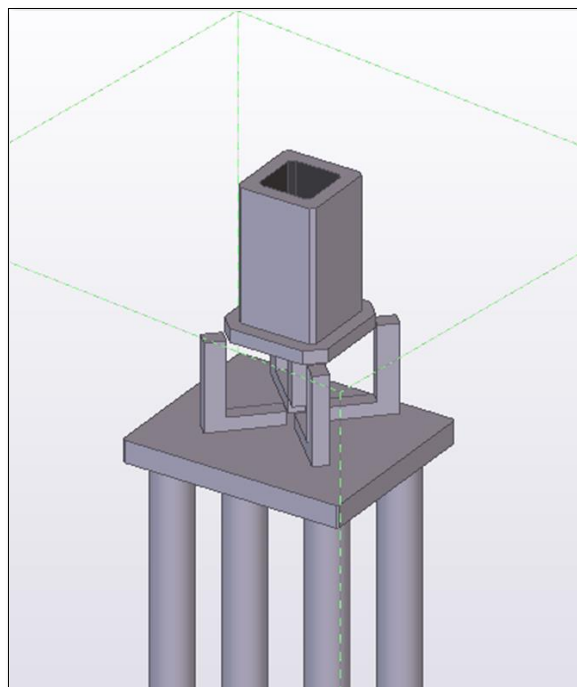


Figura 35. Modelado de pilas, zapata, contrafuertes, faldón y columna con aligeramiento

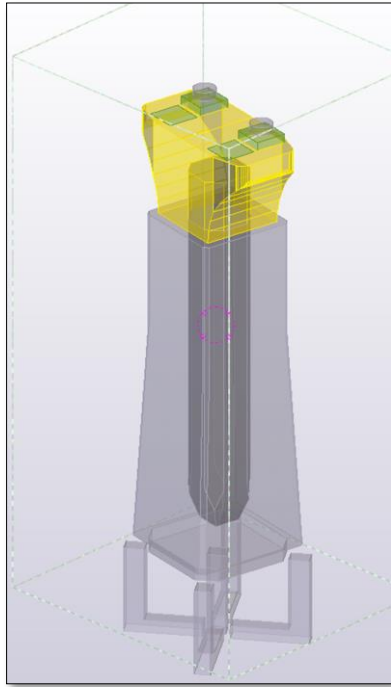


Figura 36. Cabezal y columna con aligeramiento

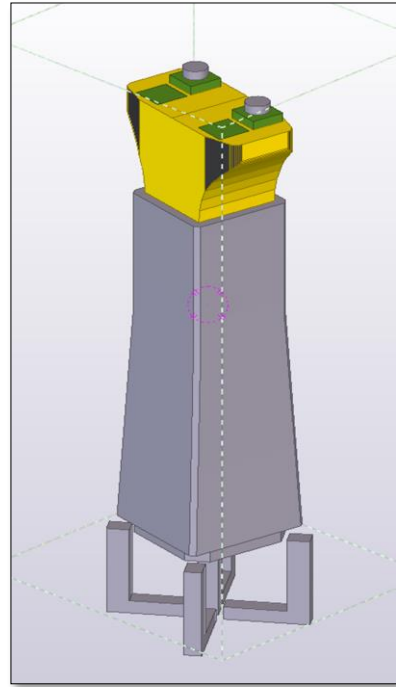


Figura 37. Cabezal y columna

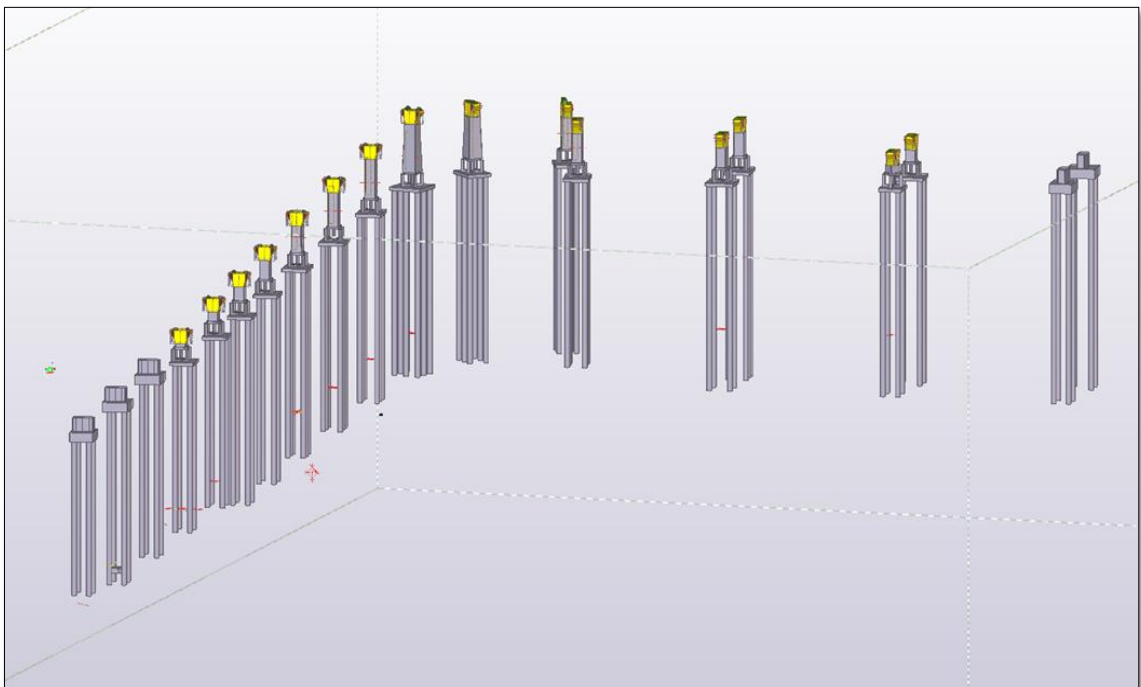


Figura 38. Vista general del proyecto

4.2.2 Realización de videos tutoriales del modelado

Esta actividad surge como una iniciativa propia, después de una reunión con la gerente de ingeniería y el director de ingeniería; quienes asignaron tareas a cada uno de los integrantes de esa reunión. Mis actividades asignadas fueron justamente las aportaciones enunciadas para este proyecto. Los videos tutoriales tenían que ser descargados de algún medio electrónico, al ver que muchos de ellos eran complicados y de duración extenuante, me surgió la idea de realizarlos por cuenta propia. Si bien jamás había hecho un tutorial con estas características, si veía como tenían que ser estructurados y abordados; producto de ver algunos a lo largo de mi experiencia con las nuevas formas de aprendizaje. Para realizar esta actividad el método en que me enseñaron *Revit Structures*. El antiguo coordinador BIM en ICA, fue quién se encargó de darme el curso con una filosofía nueva de aprendizaje, por lo menos para mí, sesiones a distancia con la aplicación *Team Viewer* (TeamViewer, 2018). Esta forma de aprendizaje aunada a la que aprendí cuando tome el curso de *3ds Max*, fueron las herramientas que me facilitaron la elaboración de mis propios tutoriales, los cuales ya están en el acervo de documentos del área de ingeniería, para que cualquiera, con autorización previa, pueda visualizarlos. El nivel de cada tutorial es adaptable incluso para quien no conoce nada de *Tekla Structures*.

En total son cinco tutoriales con duraciones variables que van desde los 7 hasta los 14 minutos. Los títulos que llevan son los siguientes:

- Modelos de referencia (9 min 29 s)
- Elementos básicos (7 min 17 s)
- Reforzamiento (7 min 42 s)
- Secciones (14 min 35 s)
- Secciones variables (8 min 57 s)

Tutorial 1. Modelos de referencia

En este tutorial abordo el tema del mallado de referencia que se necesita para ubicar a los elementos del proyecto, describo paso a paso como importar un archivo de CAD a un modelo en *Tekla Structures*, así como características generales del programa, como lo son la interfaz y algunas herramientas de gran utilidad durante el modelado.

En la figura 39 explico cuáles son las características iniciales del programa, una vez que lo descargamos y cuáles son las opciones que recomiendo se activen para comenzar a trabajar.

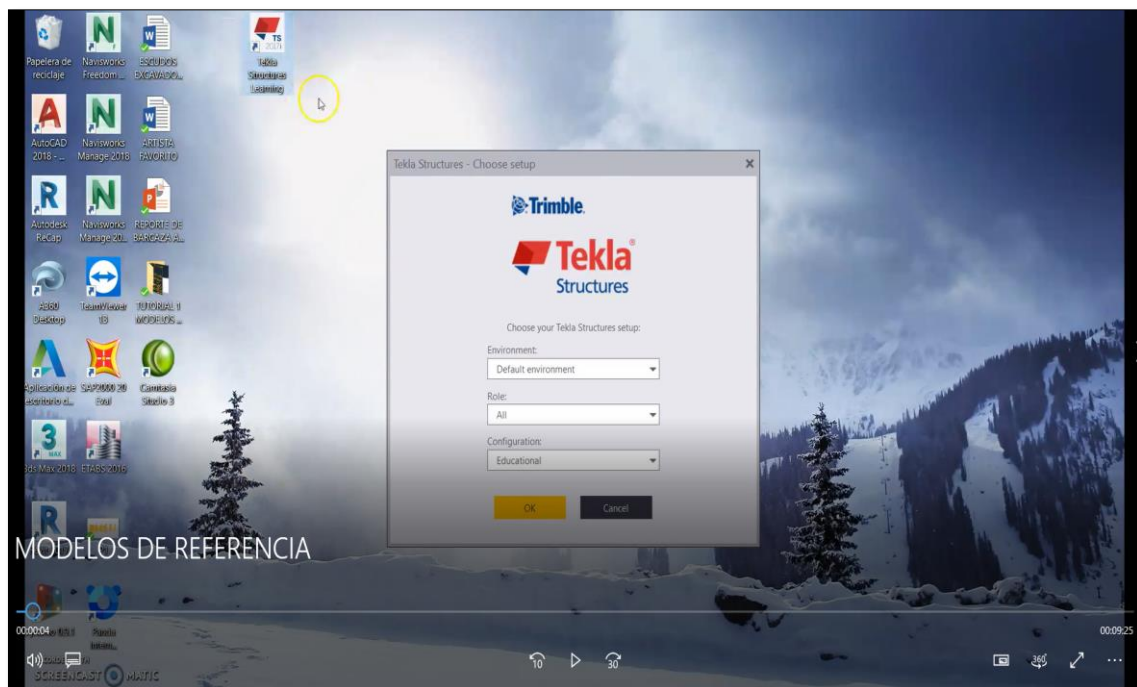


Figura 39. Presentación del setup en Tekla Structures

En la figura 40 muestro los parámetros que se deben seleccionar para lograr introducir el modelo de referencia a nuestro modelo en *Tekla Structures* sin que este sufra alteraciones durante su importación.

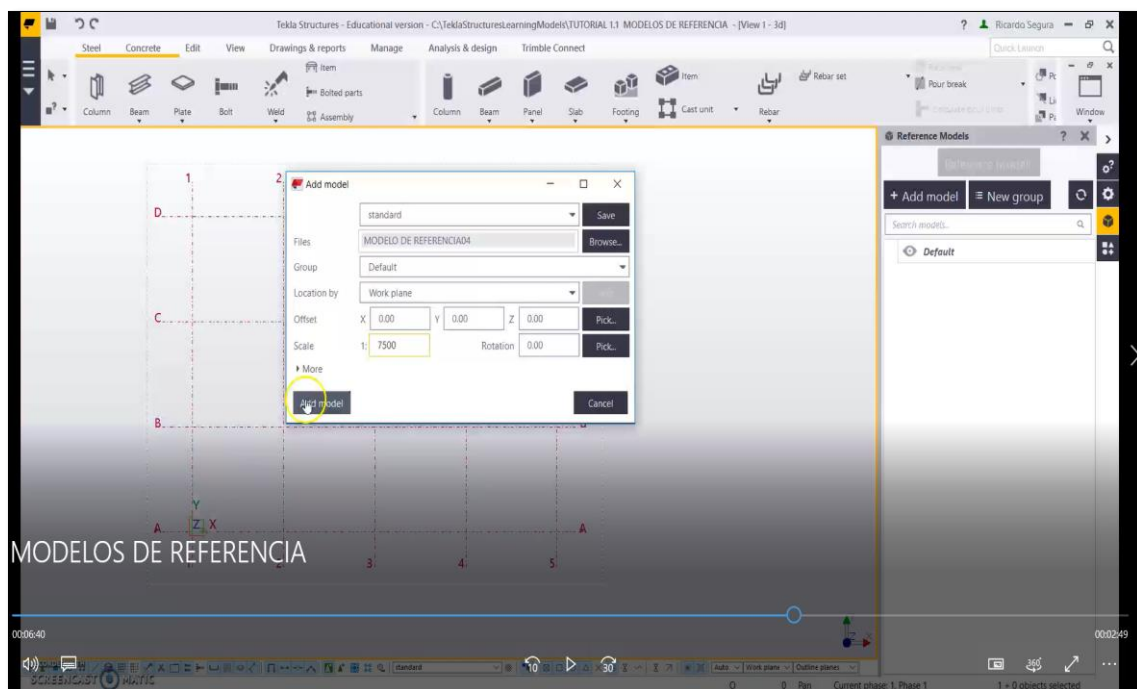


Figura 40. Parámetros para la inserción de un modelo de referencia

En la figura 41 muestro el resultado final de la importación del modelo de referencia, comprobando que se mantuvieran las características de origen del modelo de referencia.

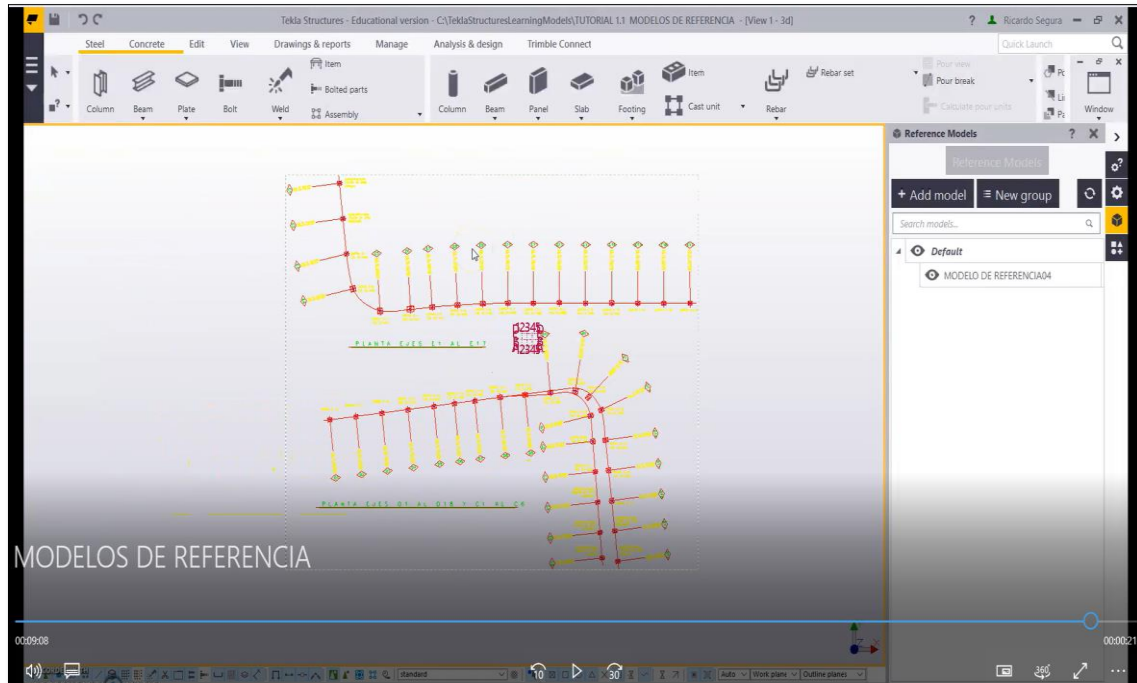


Figura 41. Resultado de la inserción de un modelo de referencia

Tutorial 2. Elementos Estructurales

El tutorial 2 toca el tema relativo a la inserción de pilas y zapatas, además doy algunas estrategias de modelado. En este tutorial me enfoco más hacia lo que se pretende modelar en el proyecto de la Autopista que enlaza a Naucalpan – Ecatepec, sin embargo, no por esta razón deja de ser ilustrativo para cualquiera que pretenda modelar otra estructura de algún otro proyecto.

Debo aclarar que el nivel de desarrollo, o el LOD, que se modela en estos tutoriales es LOD 100, por lo que la persona que se apoye en estos, debe saber que implica el termino LOD y queda en su responsabilidad y habilidad la metodología que adopte para alcanzar un nivel de desarrollo más elevado.

Es por ello que recomiendo una lectura básica de lo que implica la filosofía BIM y los conceptos que de ella se derivan. Un material de apoyo podría ser este escrito en sus primeros capítulos. Por esta razón es que pretendo escribir unas notas técnicas, donde se aborden temas de interés y desarrollo de la filosofía BIM, para ICA. En ánimos de empapar a los futuros ingenieros que ingresen a la empresa y que se interesen por esta nueva forma de trabajo en la industria de la construcción. Este trabajo será un gran inicio y apoyo, para lograr el objetivo antes mencionado.

En la figura 42 se muestra el resultado de la inserción de las pilas, con una longitud arbitraria de 20 m.

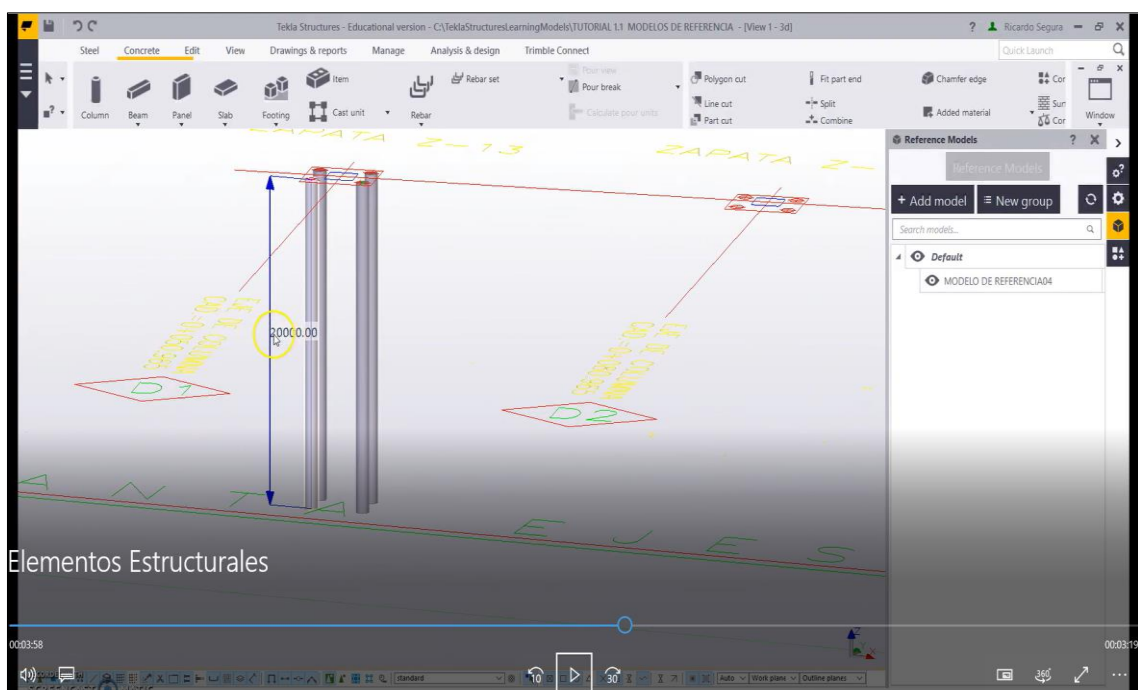


Figura 42 Colocación de elementos estructurales sobre el modelo de referencia

En la figura 43 se muestra el resultado de la inserción de una zapata que se une a las pilas, antes modeladas.

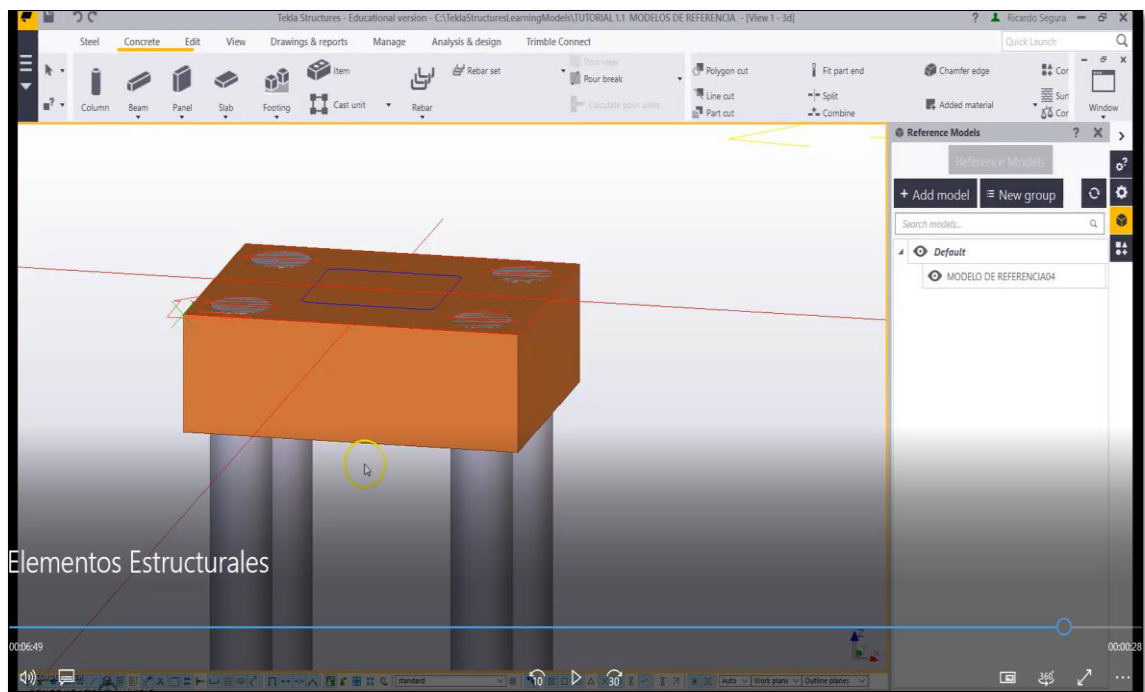


Figura 43. Modelado de pilas y zapata

Tutorial 3. Reforzamiento

Cuando de concreto se habla, en una estructura, indudablemente se debe hacer mención del acero de refuerzo que el elemento estructural debe tener. Es por ello que este tutorial menciona algunas metodologías que *Tekla Structures* permite para el modelado del acero de refuerzo.

En la figura 44 hago uso de los componentes que *Tekla Structures* tiene preestablecidos. Estos componentes son muy útiles cuando se trata de un armado simétrico y no muy detallado. Sin embargo, la mayoría de las ocasiones no siempre será así de sencillo de modelar.

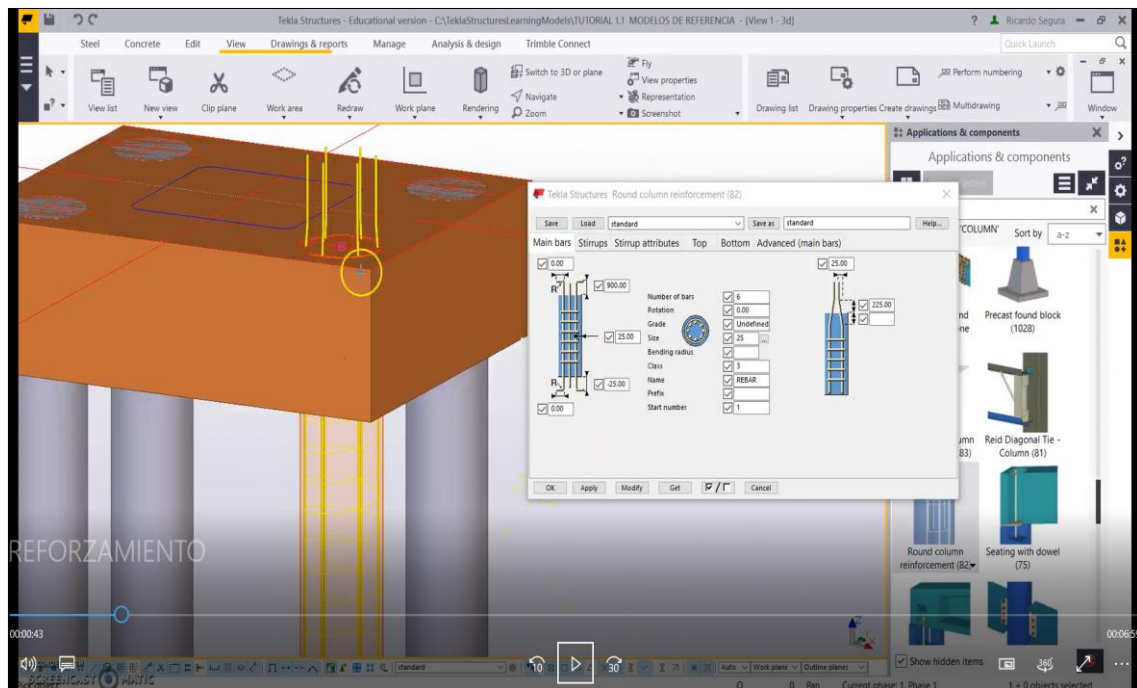


Figura 44. Reforzamiento de una pila con los componentes propuestos en el programa

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, la figura 45 muestra un refuerzo introducido manualmente. Las ventajas en esta forma de modelar el acero, es que se pueden dar las geometrías complicadas o caprichosas que el proyecto requiera. Quedando solo la limitante de la habilidad de cada modelador.

Algo que no abordo en los tutoriales es que todo programa BIM tiene su *Application Programming Interface* (API, por sus siglas en inglés). A través del cual se puede modelar cualquier cosa haciendo uso de un lenguaje de programación, como lo es el lenguaje C.

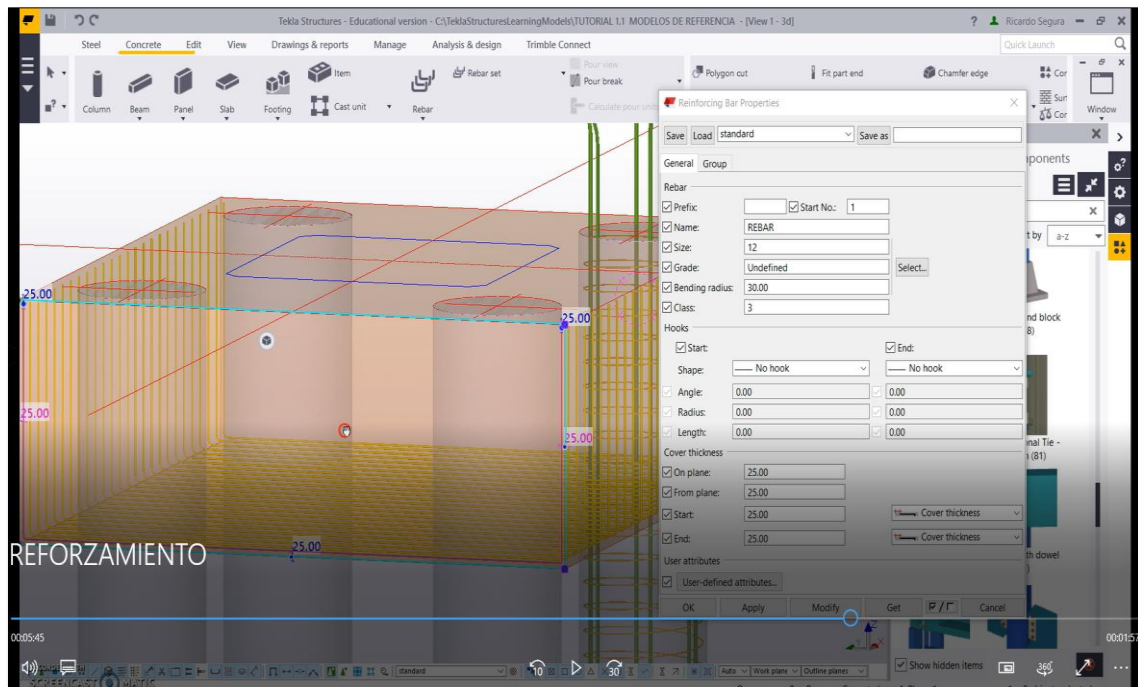


Figura 45. Reforzamiento de una zapata en modo manual

Tutorial 4. Secciones

En este tutorial se resuelven dudas del detalle que una sección pudiera tener. La figura 46 es una sección en formato .dwg (formato del *software Autocad* de la familia CAD), que se planea usar para crear una sección de algún elemento estructural en *Tekla Structures*. (Autodesk Autocad, 2018)

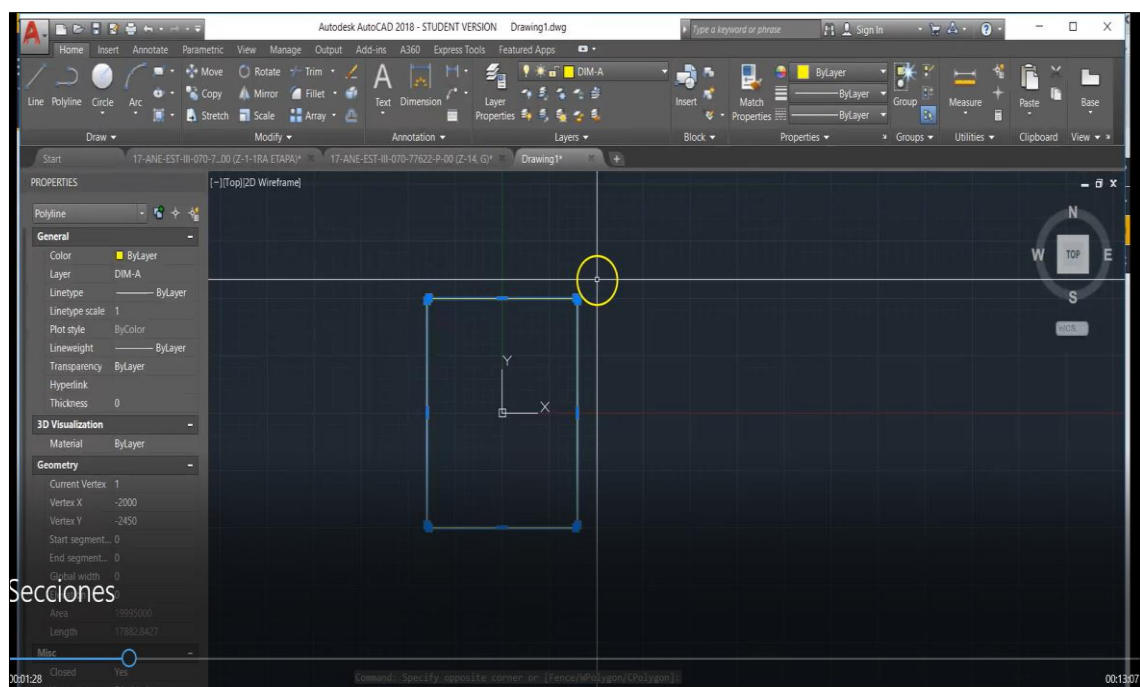


Figura 46. Sección de un elemento estructural tipo en formato .dwg.

Para lograr la importación de la sección creada en *Autocad* (Autodesk Autocad, 2018), es necesario establecer algunos parámetros los cuales recomiendo en el tutorial y que en la figura 47 se muestra en donde debe insertarse.

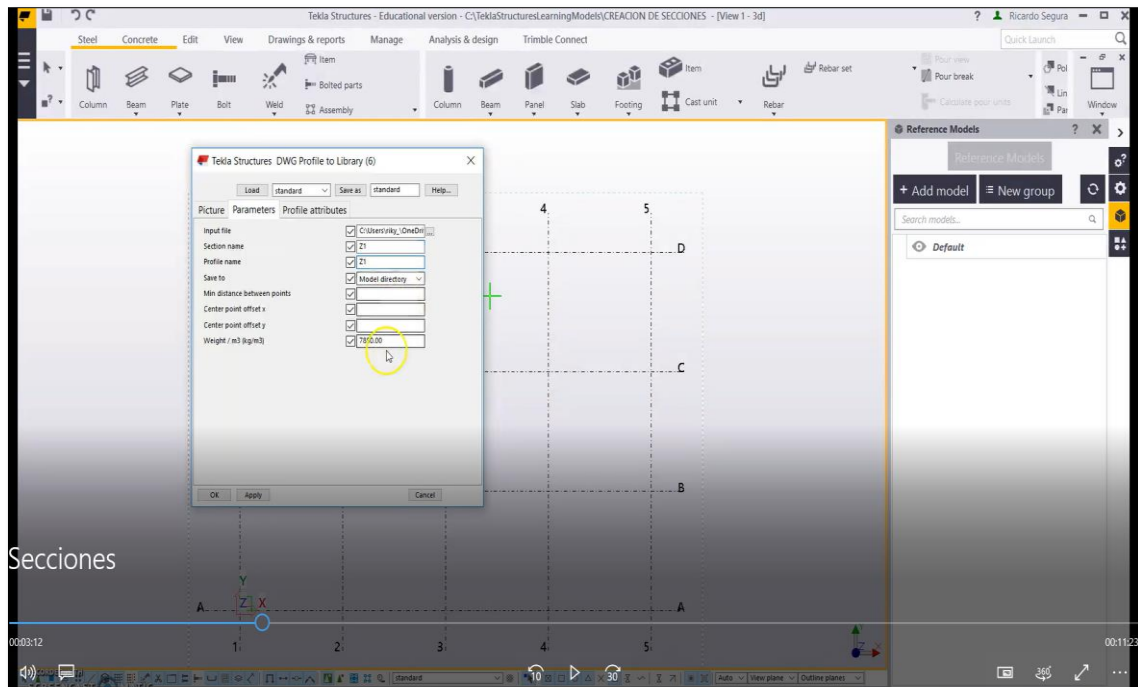


Figura 47. Inserción de la sección en Tekla Structures

El resultado de la inserción se muestra en la figura 48.

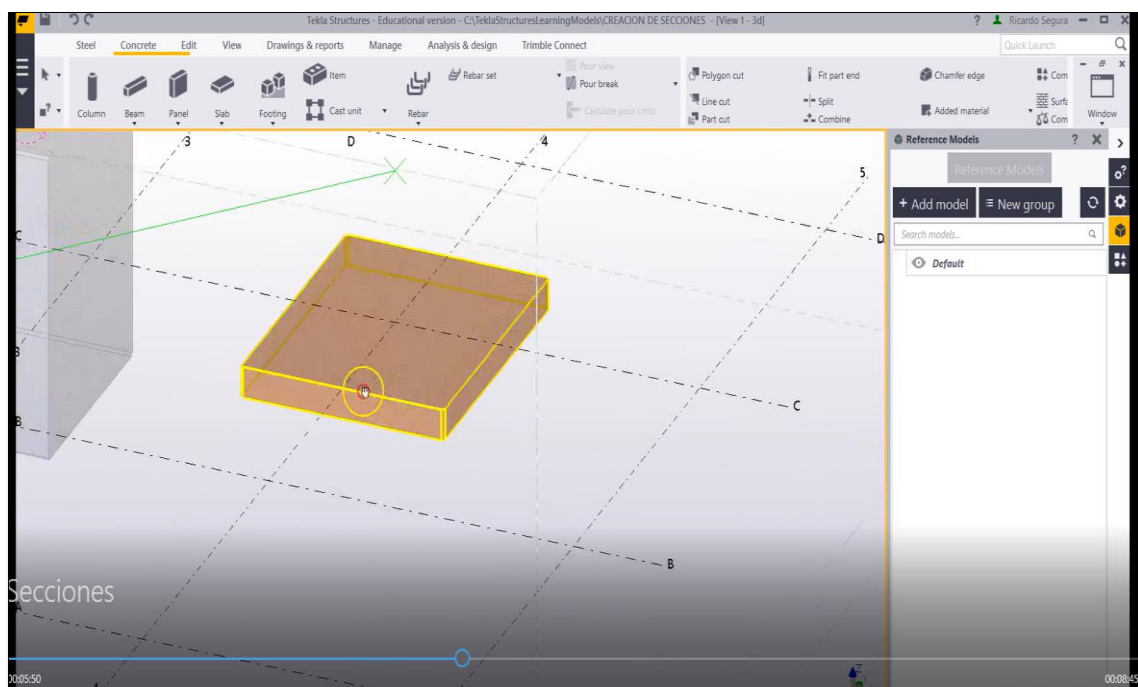


Figura 48. Elemento modelado en *Tekla Structures* con una sección predeterminada

Una de las ventajas de crear secciones en el *Sketch Editor* de *Tekla Structures* es que se pueden parametrizar las dimensiones propias de la sección, como se muestra en la figura 49.

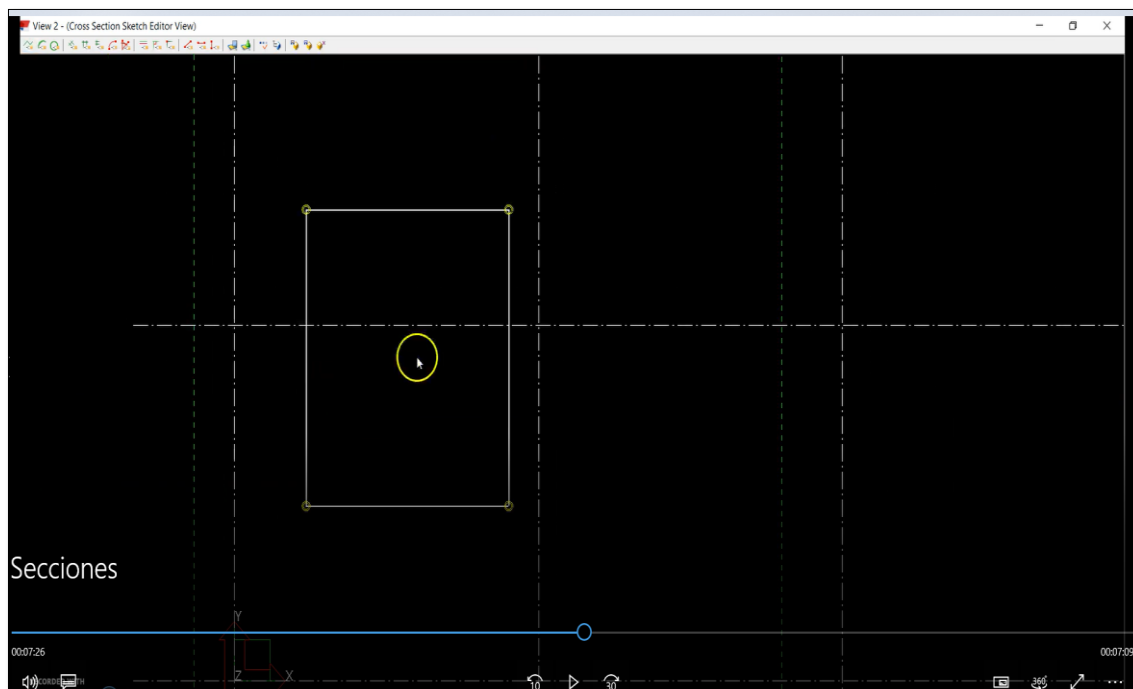


Figura 49. Creación de una sección en el Sketch Editor

Los parámetros se controlan en la ventana que se muestra en la figura 50.

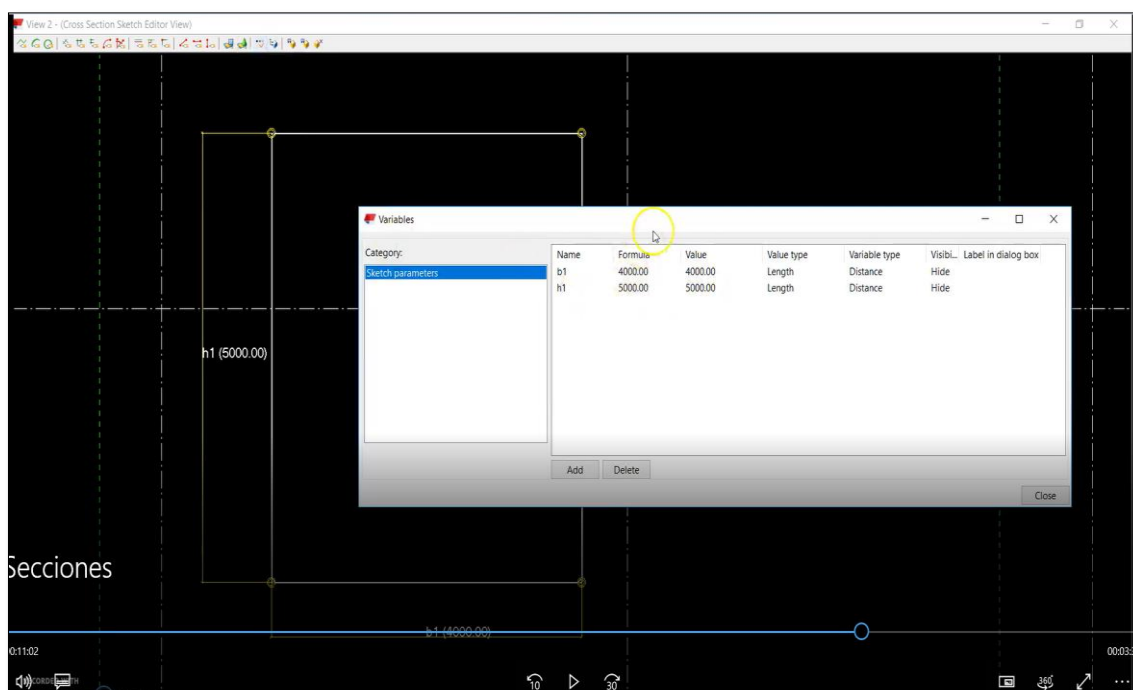


Figura 50. Parametrización de una sección en *Tekla Structures*

El resultado de la creación de una sección en el *Sketch Editor* de *Tekla Structures*, se muestra en la figura 51.

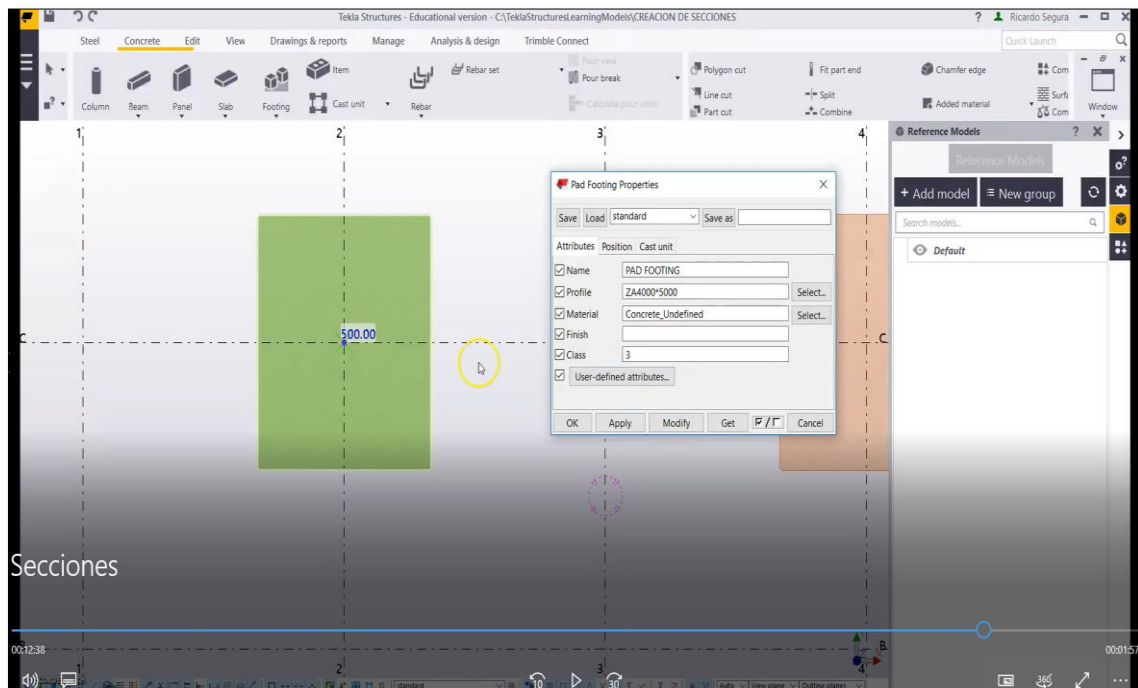


Figura 51. Sección modelada con parámetros

La figura 52 muestra cómo se puede variar el parámetro de una sección.

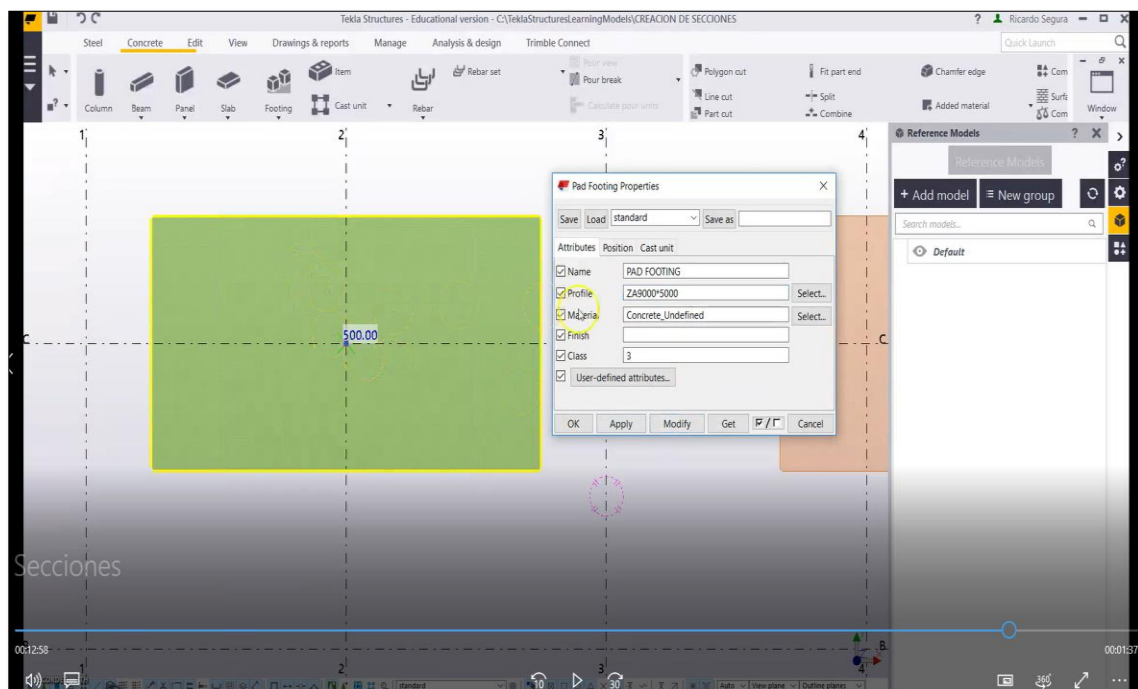


Figura 52. Uso de los parámetros

Tutorial 5. Creación de perfiles con sección variable

El proyecto de la autopista que enlaza Naucalpan – Ecatepec, contiene secciones variables a lo largo de un elemento, específicamente las columnas, cabezales y trabes son los elementos estructurales que presentan este detalle. Es por esta razón que tuve la necesidad de crear el tutorial número 5.

En la figura 53 se muestran los parámetros que contiene una sección variable.

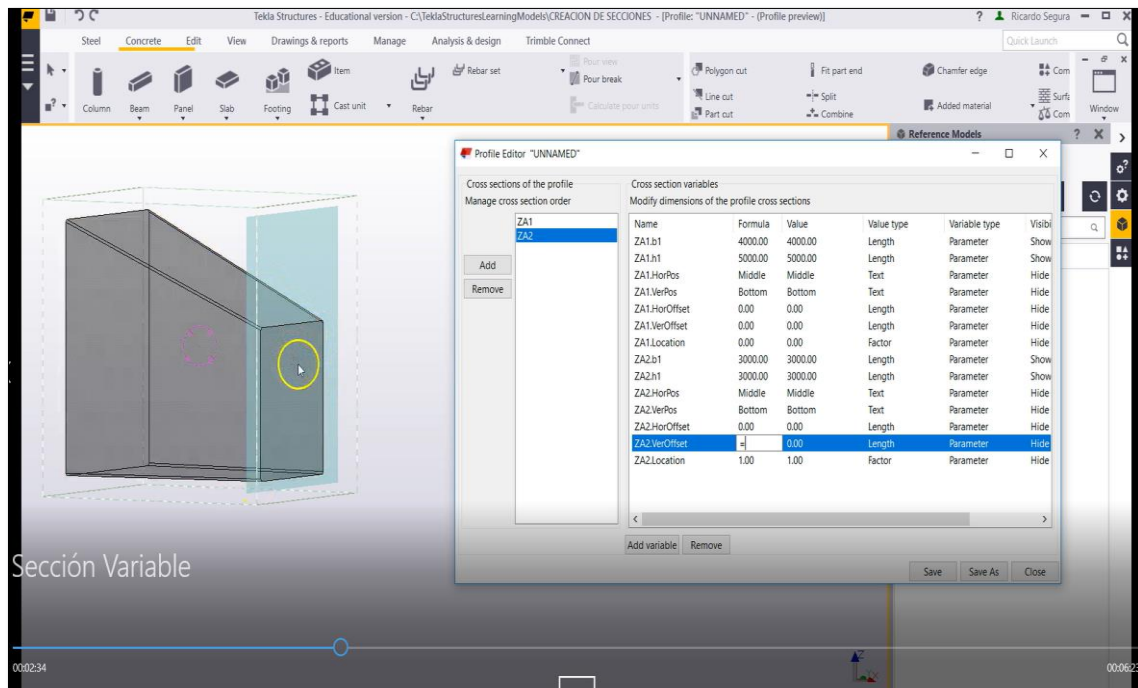


Figura 53. Sketch para la creación de una sección variable

Hay algunas adecuaciones que se le deben hacer a este tipo de secciones para lograr que se centren las formas geométricas.

En la figura 54 muestro los parámetros que hay que modificar para solucionar el tema descrito en el párrafo anterior.

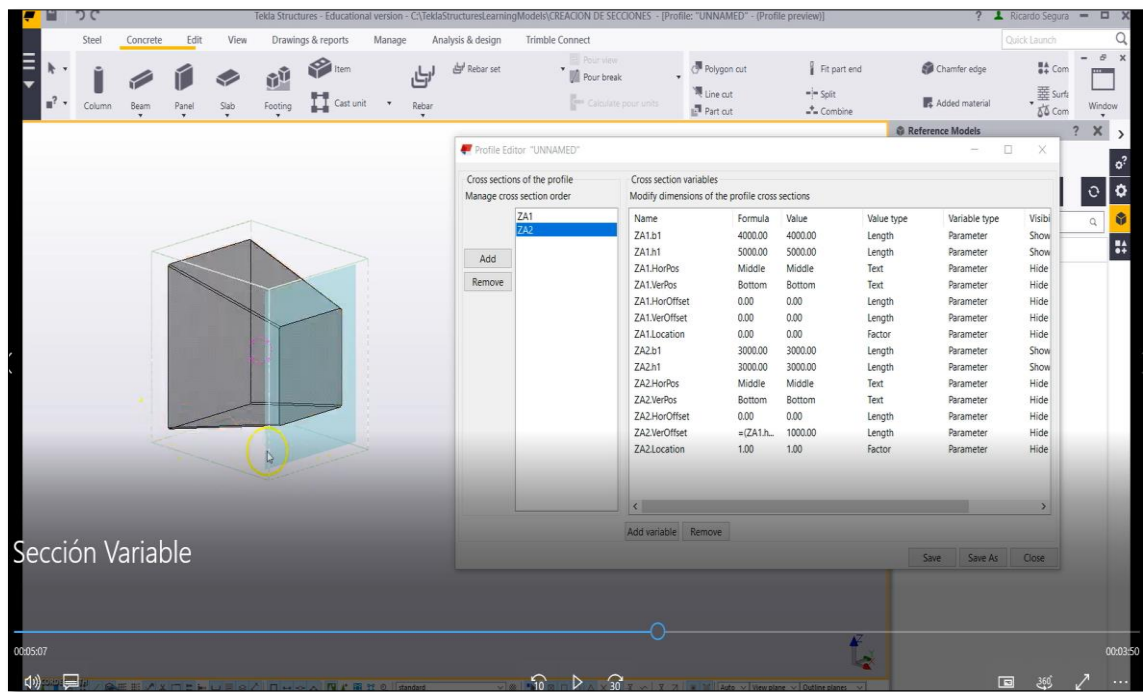


Figura 54. Ajuste de las secciones

El resultado de la inserción de un elemento con sección variable se muestra en las figuras 55 y 56.

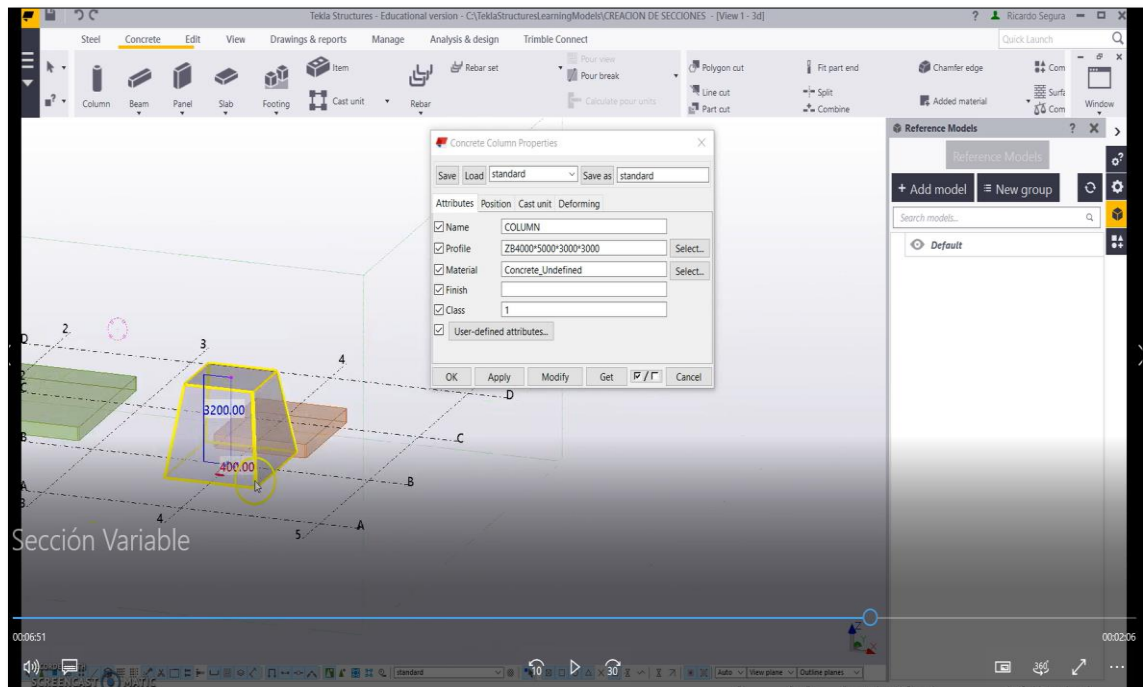


Figura 55. Inserción de perfil con sección variable al modelo

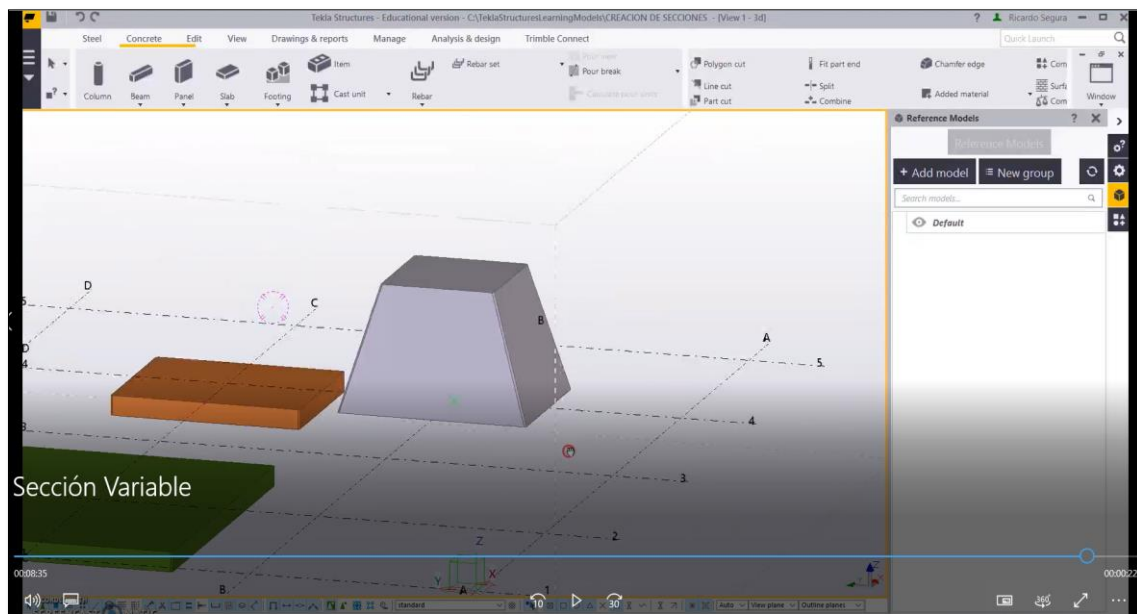


Figura 56. Inserción del elemento creado

4.2.3 Creación de *templates* de trabajo

Otra de las tareas que se me asignaron fue que creara un *template* personalizado de ICA. Cabe mencionar que esta parte de trabajo debe estar como segunda prioridad cuando se aprende a usar esta herramienta, ya que lo primordial es aprender a modelar los proyectos y después a partir del modelo, crear los reportes, los planos y todo lo que requiera para la construcción. Un *template* de trabajo es una porción dentro del plano como se muestra en las siguientes figuras 57 y 58:

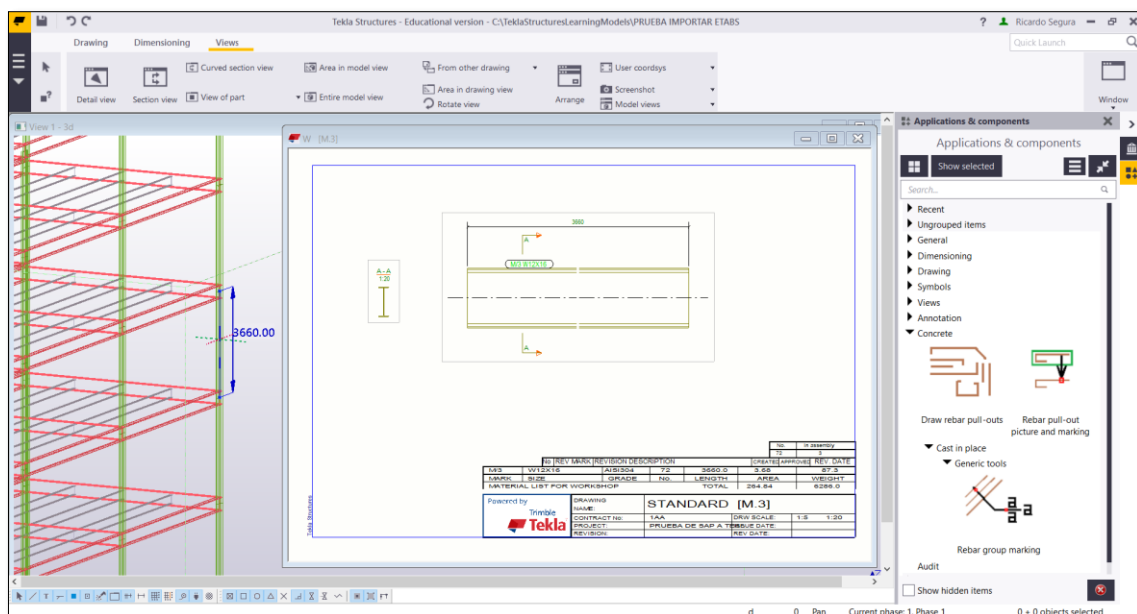


Figura 57. Muestra de un plano extraído de un elemento modelado en Tekla Structures con templates y layout cargados a Tekla Structures

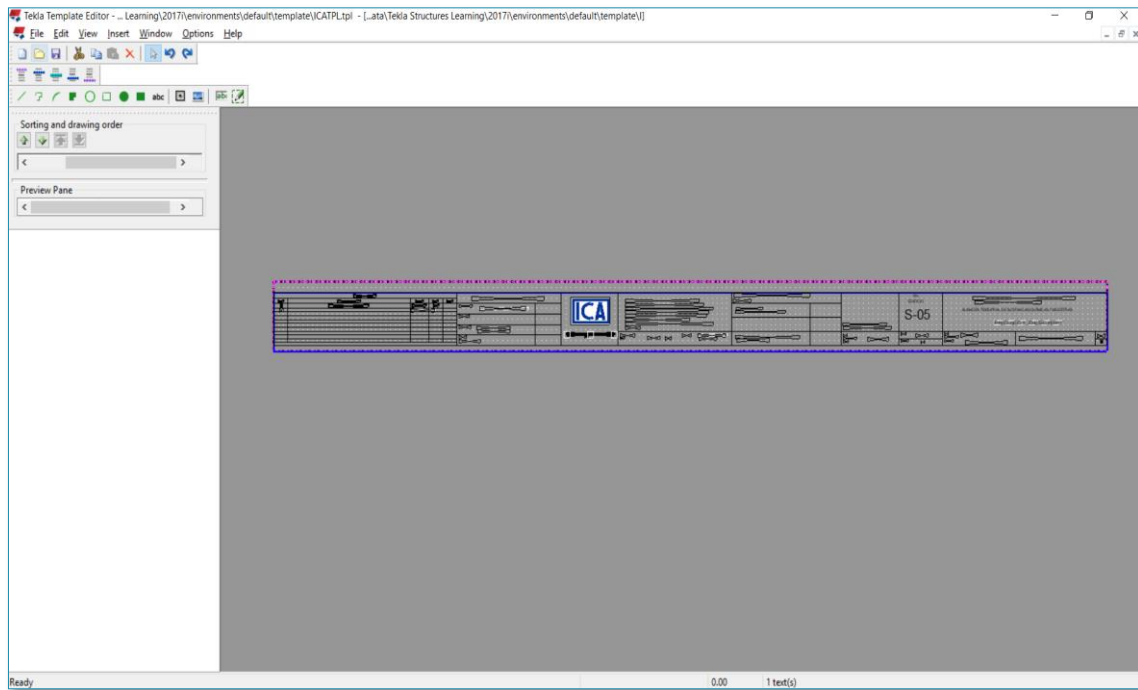


Figura 58. Creación de un template en Tekla Structures

Dentro de estos *templates* de trabajo se puede obtener información del proyecto en tiempo real, es decir por medio de programación es como se le define al *template* que información muestre del proyecto, del modelo o de alguna otra característica, como se observa en la figura 59.

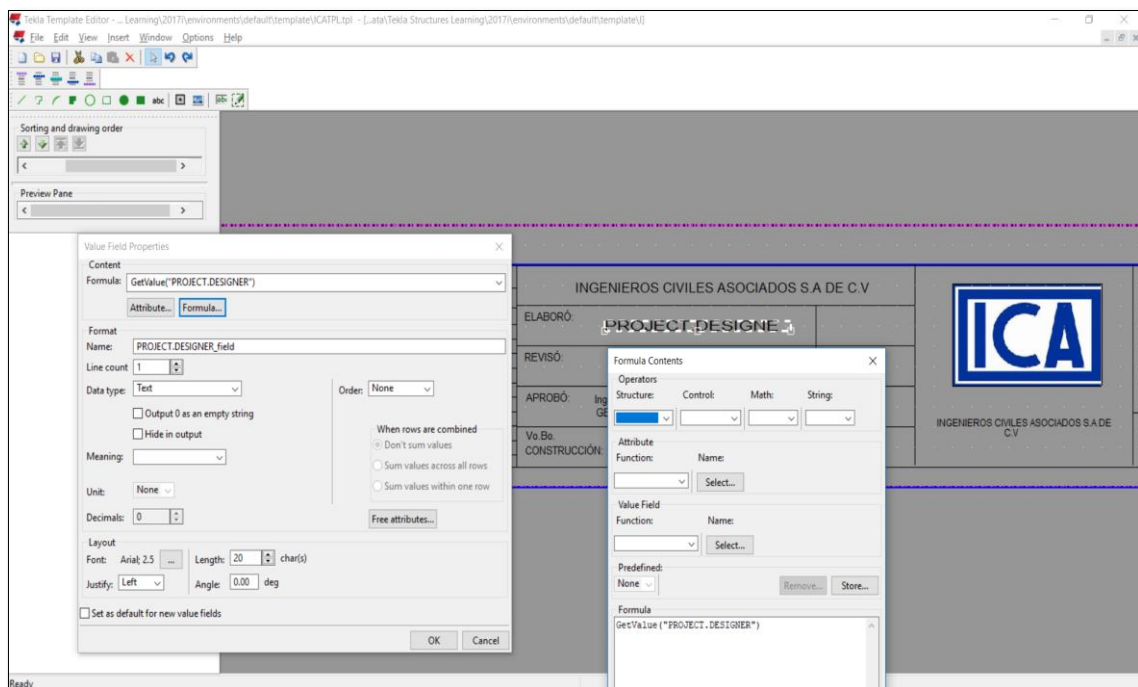


Figura 59. Programación de un template

4.2.4 Creación de *layout* de ICA

Un *layout* es la composición de una serie de *templates* y el dimensionamiento de lo que será el plano, todo ello forma en si al mismo plano, como se muestra en la figura 60.

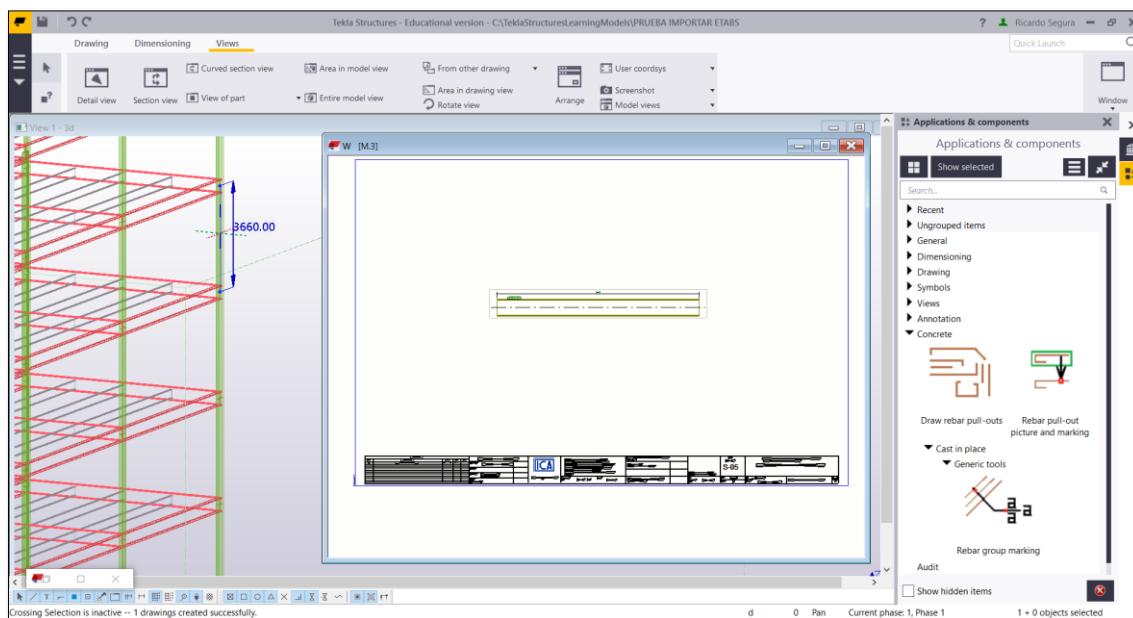


Figura 60. Layout con template y formatos para ICA

En la siguiente figura 61 se muestra el resultado de la programación dentro de un *template* cuando se crea un dibujo en *Tekla Structures*. Se podrán ver mis iniciales:

	INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS S.A DE C.V		 INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS S.A DE C.V	ESTE TRABAJO PATENTADO CONFIDENCIAL ESTA CON TOTAL O F DESCRITO ESPECIFIC PETRÓLEO
VoBo.	ELABORÓ:	RSC INGENIERO UNAM		
	REVISÓ:			
	APROBÓ:	Ing. Sonia de la Torre Rivera GERENTE DE INGENIERÍA		
	VoBo.			
	CONSTRUCCIÓN:			ELABORADO EN:

Figura 61. Resultados de la programación en un *template*

Este proyecto es mi preferido debido a los retos que represento desde su comienzo, no solo para los modeladores BIM, sino en general para todas las personas que decidieron cambiar la forma tradicional de trabajo. Todas las áreas colaborando para nutrir el modelo, es sin duda uno de los grandes logros que se han obtenido.

5. CONCLUSIONES

Como se puede apreciar a lo largo de este reporte de actividades, una de las grandes consecuencias de la globalización y el avance tecnológico es la adopción de nuevas herramientas en todos los sectores sociales y ante esta inminente revolución del conocimiento y de técnicas, es como la industria de la construcción se ve impactada.

De manera subjetiva mi opinión hacia la nueva era de las tecnologías en la construcción, es optimista, visto desde un enfoque en el cual los ingenieros se ven informados y capacitados en el uso y funciones de estas herramientas.

Como se ha podido deducir, el uso del concepto BIM, no intenta encasillar a ningún ingeniero, es decir, el uso de los distintos programas computacionales son un valor agregado a nuestras capacidades. Un ingeniero debe seguir resolviendo problemas con las teorías clásicas y modernas de las matemáticas y física. Buscando siempre que el costo beneficio sea proporcional y, sobre todo, que el comportamiento de la estructura sea seguro ante cualquier evento o solicitud.

Estoy seguro de que en los próximos años habrá una mayor injerencia de las tecnologías en cada uno de nosotros y de nuestros empleos. La ficción es relativa, lo que hace unos años solo veíamos en televisores o revistas y documentales, hoy ya forman parte de nuestra rutina del día a día.

Debo resaltar que a pesar de las tantas ventajas que significa migrar de CAD a BIM, aún hay renuencia y escepticismo por parte de la gente en cargos ejecutivos. Esto es debido a que algunas de las herramientas BIM no son baratas y que el proceso de aprendizaje debe ser paulatino y muchas veces es lento. Sin embargo, la inversión a corto y mediano plazo, entendiéndose corto plazo como seis meses, es realmente redituable.

Inexplicablemente las licencias de *Tekla Structures* no están al alcance de cualquier persona o empresa, puedo decir que hay una especie de clasismo, es decir pareciera que buscan que sean pocos los que manipulen el programa, debido a sus costos.

Una vez que se acepta el uso BIM, para que realmente sea una adopción integral, se debe capacitar no solo al proyectista, sino también a la gente de construcción y en general a todos los colaboradores dentro del proceso constructivo. Lo que se busca es quitar las metodologías tradicionales del CAD y los planos que se generan de él y reemplazarlo con herramientas como tabletas o cualquier dispositivo electrónico, para tener una mejor visualización del proyecto y control de este.

Vivimos la era BIM, vivimos el progreso y es obligación de todos los miembros de este sector de la construcción, buscar las capacitaciones, informarnos de los desarrollos y perspectivas que hay encaminadas a la nueva forma de construir. Esto es BIM esto es la nueva tendencia.

REFERENCIAS

- ICA S.A de C.V. (2017). *Punte La Unidad*. Ciudad de México.
- Autodesk 3DS Max. (2018). *3DS Max*. Obtenido de <https://www.autodesk.mx/products/3ds-max/overview>
- Autodesk Autocad. (2018). *Autodesk*. Obtenido de <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview>
- DETAEDRO. (2013). *Bolg sobre BIM y VDC para profesionales del sector*. Obtenido de <http://dataedro.blogspot.mx/2013/03/bimque-es-el-lod-nivel-de-detalle-nivel.html>
- Fundación ICA. (2012). *ICA 65 AÑOS 1947-2012*. Ciudad de México.
- Fundación Laboral de la Construcción. (2017). Obtenido de <http://www.fundacionlaboral.org/>
- ICA S.A. de C.V. (2017). *A cerca de nosotros: ICA*. Obtenido de <https://www.ica.com.mx/es/acerca-de-nosotros>
- ICA S.A. de C.V. (2017). *Proyecto Dren General del Valle*. Ciudad de México.
- Lanmar Services. (2014). *LOD – Development or Detail & Why it Matters*. Obtenido de <http://lanmarservices.com/2014/05/14/lod-in-scan-to-bim/>
- Ortega, A. S. (2018). *Espacio BIM*. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>
- TeamViewer. (2018). *TeamViewer para Windows*. Obtenido de <https://www.teamviewer.com/es/download/windows/>
- TRIMBLE SketchUp. (2018). *SketchUp*. Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>
- TRIMBLE Tekla Structures. (2018). *Tekla Structures*. Obtenido de <https://www.tekla.com/la>